


1397/08/22 تاریخ:	امنیت داده ها با تکنولوژی Raid	 دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و هنر قم
کد مدرک:	واحد فناوری اطلاعات	
صفحه 1 از 10	تدوین کننده: حمیده کاوندی	

## فهرست مطالب


- تعریف RAID
- انواع RAID
- انواع سطوح RAID
- آیا می توان از دیسک درایوهای متفاوت در ایجاد RAID استفاده کرد؟
- مقایسه و نتیجه گیری
- منابع

## تعریف RAID

کلمه RAID مخفف Redundant Array Of Inexpensive Disks می باشد که در سال 1987 در دانشگاه برکلی کالیفرنیا در مقاله ای معرفی شد. موضوع مورد بحث این مقاله ارائه ی یک میانگین برای بهبود قابلیت اعتماد و نیز کارایی در سیستم های ذخیره سازی بود و مفهوم آغازین آن گروه بندی درایوهای دیسک ارزان و کوچک در یک آرایه که در سیستم عامل به صورت یک دیسک منفرد بزرگ دیده می شوند، بود. بعدها کلمه Inexpensive بدلیل اهمیت موضوع جای خود را به Independent داد. بصورت معمول وقتی صحبت از RAID می شود در واقع صحبت از دو یا چندین دیسک سخت افزاری است که در کنار هم قرار گرفته اند و به کمک هم می توانند کارایی یا Performance یک سیستم را بالا ببرند و یا خطاپذیری یا Fault Tolerance یک سیستم را افزایش بدهند. این سیستم معمولاً یک سرور سخت افزاری و یا یک دستگاه Storage است. به این نکته توجه کنید که RAID هم می تواند کارایی را بالا ببرد ، هم خطاپذیری را، و هم می تواند بر حسب نوع و سطح RAID ای که انتخاب می شود هر دوی این موارد را بالا ببرد. وقتی صحبت از Fault Tolerance یا خطاپذیری می شود یعنی اینکه RAID این قابلیت را دارد که در صورت بروز خطا برای یک یا چند هارد دیسک اجازه بدهد سرور بدون اختلال و وقفه به کار خود ادامه داده و بتواند در برابر این خطایی که ایجاد شده است مقاومت کند که یک درجه ایمنی بسیار خوب برای سرورهای سخت افزاری به حساب می آید. میزان خطاپذیری یا Fault Tolerance در یک RAID دقیقاً وابسته به سطح RAID (RAID Level) انتخاب شده است. انتخاب سطح RAID به عوامل مختلفی بستگی دارد که از آن جمله می توان به تعداد دیسک های موجود، حساسیت اطلاعات ، روش بازیابی اطلاعات و در نهایت کارایی و سرعت مورد نیاز اشاره کرد. سطوح مختلف RAID دارای پیکربندی ها و قابلیت های مختلفی در ارائه خدمات Fault Tolerance و Performance هستند که کاربر بر اساس نیاز یکی از آنها را انتخاب می کند. به یاد داشته باشید این روش ها روش های خیلی ارزانی نیستند و همیشه با پیچیدگی و هزینه های زیادی همراهند.

## انواع RAID

- RAID سخت افزاری

تاریخ: 1397/08/22	امنیت داده ها با تکنولوژی RAID	
کد مدرک:	واحد فناوری اطلاعات	
صفحه 2 از 10	تدوین کننده: حمیده کاوندی	

سرورهای سخت افزاری و تجهیزات Storage ای که در مراکز داده مورد استفاده قرار می گیرند معمولا دارای دستگاه یا برد سخت افزاری به نام RAID Controller هستند که بدون نیاز به سیستم عامل از همان بدو روشن شدن سیستم، مجموعه دیسک هایی که در RAID استفاده می شود را مدیریت می کنند. به عنوان مثال سرورهای شرکت HP برای خود یک کنترلر دارند که بعضا با استفاده از نرم افزاری به نام HP Smart Start در Boot سیستم و حتی قبل از نصب سیستم عامل راه اندازی می شوند. این برد های سخت افزاری بسته به سخت افزاری که بر روی آنها نصب می شود می توانند چندین هارد دیسک SSD، SATA یا SAS را بر روی خود نگه دارند. در ابتدا RAID فقط برای سرورها و Storage های سازمانی طراحی شده بود اما امروزه حتی PC های خانگی و NAS های کوچک هم قابلیت پیاده سازی RAID را دارند. بنابراین امروزه RAID را دقیقا مشابه همان چیزی که در سازمان ها مشاهده می کنید در مصارف خانگی نیز خواهید دید. به این نوع RAID ها که دارای یک سخت افزار خاص برای نگهداری هارد دیسک ها و مدیریت آنها می باشند RAID سخت افزاری گفته می شود.

در RAID سخت افزاری بعد از انجام عملیات RAID، در نهایت خروجی به عنوان یک Disk به سیستم عامل معرفی می شود و سیستم عامل عملیات پارتیشن بندی را روی این دیسک انجام می دهد و برای نوشتن، دیتابیس را تحویل کنترلر داده و بقیه امور توسط کنترلر انجام می شود.


#### - RAID نرم افزاری

در روش نرم افزاری از ابزارهایی که سیستم عامل دارد برای ایجاد RAID استفاده می شود بنابراین در این نوع، نیاز به سیستم عاملی می باشد که قابلیت انجام RAID را داشته باشد و اینکار را بدون نیاز به داشتن سخت افزار خاصی مثل RAID Controller انجام دهد. در RAID های سخت افزاری این RAID Controller است که وظیفه مدیریت RAID را برعهده دارد اما در RAID های نرم افزاری این سیستم عامل است که می تواند کلیه کارهای مربوط به RAID را انجام و مدیریت کند. جالب اینجاست که امروزه حتی در ویندوزهای نسخه دسکتاپ هم قابلیت پیاده سازی RAID وجود دارد. در نسخه های جدید ویندوز قابلیتی به نام Storage Pool اضافه شده است که کاربر براحتی می تواند با استفاده از آن RAID نرم افزاری ایجاد کند.

این نوع ساختار RAID نرم افزاری در سیستم عامل های دیگری مثل OS X سرور، لینوکس و ویندوزهای سرور هم وجود داشته و به عنوان یک قابلیت پیش فرض در نظر گرفته می شود بنابراین هزینه ای برای پیاده سازی ندارد. با استفاده از قابلیت RAID نرم افزاری امروزه شاهد پیاده سازی راهکارهای RAID های مجازی هم هستیم که توسط برخی از Vendor ها ارائه می شوند.

**مزایا و معایب انواع RAID ها:** در RAID نرم افزاری چون خود سیستم عامل وظیفه اجرا و مدیریت RAID ها را بر عهده دارد طبیعتا به دلیل استفاده از منابع سیستم باعث کندی و کاهش کارایی می شود که البته این کاهش کارایی تا حد زیادی به نوع RAID ای که استفاده می شود هم بستگی دارد. در این روش نیازی به خریداری سخت افزار مجزا نیست که طبیعتا کاهش هزینه را به همراه دارد و البته برای محیط تست و تمرین و موارد آموزشی میتواند مناسب باشد.

RAID سخت افزاری قابل اعتماد تر از RAID نرم افزاری می باشد. و چون خود RAID Controller امور مربوط به RAID و نحوه تقسیم دیتا را برعهده دارد طبیعتا سیستم عامل و منابع سیستم را درگیر نمی کند و در نتیجه باعث کاهش کارایی سیستم نمی شود. برخلاف RAID نرم افزاری، RAID سخت افزاری نیاز به سخت افزار خاص دارد که متعاقبا افزایش هزینه را دربر دارد.

تاریخ: 1397/08/22	امنیت داده ها با تکنولوژی Raid	 دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات بعدالشیخ همدانی تهران
کد مدرک:	واحد فناوری اطلاعات	
صفحه 3 از 10	تدوین کننده: حمیده کاوندی	

## سطوح RAID

نوع پیاده سازی RAID به سطوح مختلفی طبقه بندی می شود که هر کدام از این سطوح بسته به نیاز کاربر مورد استفاده قرار می گیرد. هر یک از این سطوح RAID موجب افزایش کارایی، افزایش خطا پذیری و یا هر دوی این موارد می شود. باید توجه داشت که وقتی از سطوح مختلف RAID صحبت می شود منظور کیفیت ذخیره سازی داده ها نیست بلکه منظور شیوه ای است که برای ذخیره ی داده ها در آرایه ها به کار گرفته می شود.

برخی از سطوح RAID فقط در لایه سخت افزار قابل پیاده سازی هستند و تنها چند مورد شناخته شده وجود دارد که در لایه نرم افزار نیز قابل پیاده سازی می باشند. نوع Controller ای که برای RAID استفاده می شود نیز در برآوردن نیاز کاربر موثر است، RAID Controller های مختلف از سطوح مختلفی از RAID های سخت افزاری پشتیبانی می کنند. همچنین نوع هارد دیسک هایی که بر روی این RAID Controller ها پشتیبانی می شوند نیز می تواند متفاوت باشد، RAID Controller ها می توانند از هارد دیسک های SAS، SSD، یا SATA پشتیبانی کنند.

هارد دیسکها در RAID به گونه ای پیکربندی می شوند که اطلاعات بین آنها تقسیم بندی شده و Load کاری نیز طبیعتاً بین آنها تقسیم شود. گاهی اطلاعات بصورت نسخه برداری شده بر روی هارد دیسک دیگری عیناً کپی می شوند تا در صورت بروز مشکل برای یکی از هاردها، اطلاعات از هارد دیسک دیگر قابل بازیابی باشند. البته RAID هایی وجود دارند که ضمن اینکه اطلاعات را تقسیم بندی می کنند در عین حال نسخه برداری بر روی چندین هارد درایو را نیز انجام می دهند.

مفهوم دو اصطلاحی که در پیاده سازی RAID مورد استفاده قرار می گیرند:


Parity: با انجام عمل XOR روی داده ها بدست می آید.

Stripe: تقسیم بندی داده ها بین هارد دیسک های یک RAID بطور مساوی بدون محاسبه parity

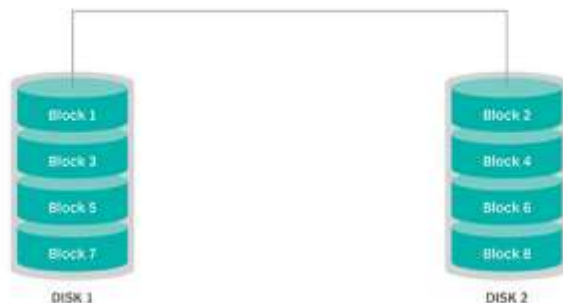
### RAID 0

این RAID با نام striped volume هم شناخته می شود. برای پیاده سازی این RAID حداقل به دو هارد دیسک نیاز است به گونه ای که اطلاعات همزمان و بصورت stripe بر روی دو یا چند دیسک نوشته می شود. از آنجاییکه عملیات خواندن و نوشتن اطلاعات بین چند دیسک تقسیم می شود لذا این نوع RAID دارای سرعت و کارایی بالاست. همچنین این RAID هم بصورت نرم افزاری و هم سخت افزاری قابل پیاده سازی است. عیب این RAID آنست که قابلیت تحمل خطا را ندارد و با خراب شدن یک هارد کل اطلاعات از دست خواهد رفت. بنابراین زمانی استفاده می شود که سرعت بالا مهمتر از مانایی داده است مثل بازیهای کامپیوتری یا در محاسبات پیچیده کامپیوتری.

در این نوع RAID با n هارد دیسک سرعت خواندن و نوشتن n برابر و ظرفیت بدست آمده هم n برابر یک دیسک خواهد بود.

تاریخ: 1397/08/22	امنیت داده ها با تکنولوژی Raid	
کد مدرک:	واحد فناوری اطلاعات	
صفحه 4 از 10	تدوین کننده: حمیده کاوندی	

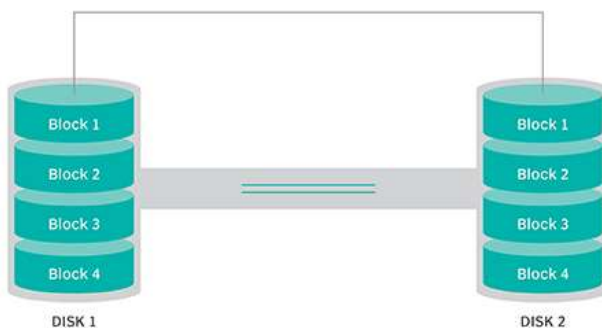
### RAID 0 Striping



### RAID 1


این سطح RAID به Disk Mirroring هم معروف است. حداقل نیاز به دو هارد دیسک دارد که اطلاعات یکی عینا روی دیگری کپی می شود. بنابراین امکان تحمل خطا را در حد یک دیسک دارد و در صورت از کار افتادن یک هارد دیسک دومی به کار خود ادامه خواهد داد. هیچ تکنولوژی برای بازیابی و تصحیح خطا ندارد. زمان خواندن اطلاعات با دو هارد دیسک دو برابر است اما سرعت نوشتن داده ها چون روی هر دو هارد نوشته می شود به اندازه سرعت یکی از درایوها است. تعداد هارد دیسک های استفاده شده در این RAID باید زوج باشند. با داشتن  $n$  هارد دیسک، ظرفیت بدست آمده  $n/2$  (نصف تعداد هاردها) خواهد بود. RAID 1 بصورت سخت افزاری و نرم افزاری قابل پیاده سازی می باشد و در واقع یکی از ساده ترین و پرکاربردترین نوع RAID است که برای نصب سیستم عامل توصیه می شود.

### RAID 1 Mirroring



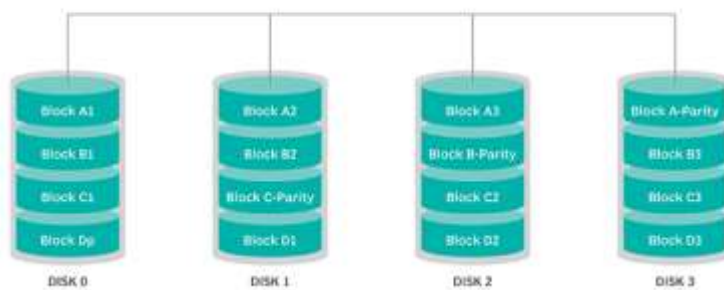
### RAID 5

این سطح RAID بیشترین استفاده را در سرورهای سازمانی دارد. سرعت و کارایی نسبتا بالایی داشته و تحمل خطای آن در حد خرابی یک دیسک می باشد. حداقل سه هارد دیسک برای پیاده سازی آن مورد نیاز است. با داشتن  $n$  هارد دیسک داده ها به  $n-1$

تاریخ: 1397/08/22	امنیت داده ها با تکنولوژی RAID	
کد مدرک:	واحد فناوری اطلاعات	
صفحه 5 از 10	تدوین کننده: حمیده کاوندی	

قسمت تقسیم و روی دیسک ها نوشته می شوند و روی دیسک باقیمانده parity مربوط به آن داده محاسبه و نوشته می شود. سایز parity به اندازه سایر قسمت ها بوده و با فرمولی از داده ی تقسیم شده بدست می آید. کنترلر برای ذخیره داده های تقسیم شده و parity بصورت چرخشی عمل می کند بنابراین دیسکی مجزا برای parity وجود ندارد. حال اگر دیسکی از بین برود داده حذف شده یا parity است که مشکلی ایجاد نمی شود یا قسمتی از داده است که با تلفیق سایر قسمتها با parity بازسازی می شود. یکی از ویژگی های مثبت RAID 5 این است که هارد دیسک مشکل دار را می توان بدون خاموش کردن یا ریست کردن سرور تعویض کرد بطوریکه در کار سرور خللی وارد نمی شود. با توجه به stripe شدن داده ها بین چند هارد دیسک سرعت خواندن و نوشتن بالاست. ظرفیت بدست آمده از n هارد دیسک حدودا n-1 می باشد.

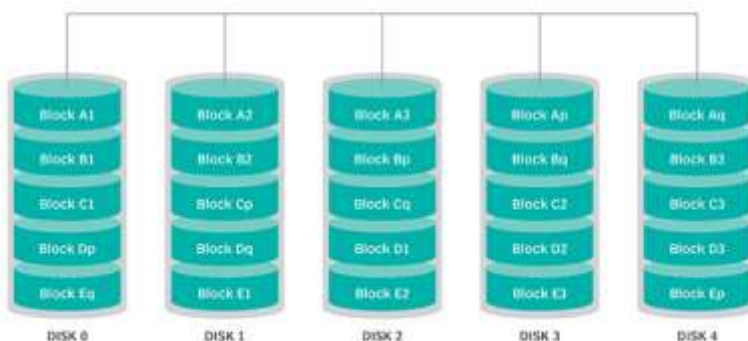
### RAID 5




### RAID 6

این سطح RAID در واقع نسخه پیشرفته RAID 5 است که تصحیح و کنترل خطا را بهبود می بخشد. در این نوع RAID دو بار parity محاسبه و هر یک در دیسک جدا نوشته می شود لذا حداقل 4 هارد دیسک برای پیاده سازی نیاز خواهد بود. و تحمل خطا به دو دیسک افزایش پیدا خواهد کرد. فضای قابل استفاده با n هارد دیسک n-2 خواهد بود. چون سطح تحمل خرابی در حد 2 دیسک می باشد بهترین انتخاب برای کاربردهای بحرانی و حساس است. به دلیل دو بار محاسبه parity نوشتن کمی کند می شود اما سرعت خواندن برابر n-2 خواهد بود. طراحی مدار کنترلی این نوع RAID بسیار پیشرفته و پیچیده بوده و بدلیل استفاده از دو دیسک اضافه برای نوشتن parity گران قیمت است.

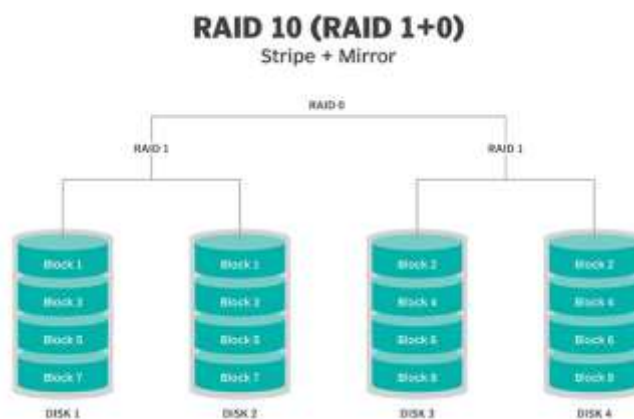
### RAID 6



1397/08/22 تاریخ:	امنیت داده ها با تکنولوژی Raid	
کد مدرک:	واحد فناوری اطلاعات	
صفحه 6 از 10	تدوین کننده: حمیده کاوندی	


### RAID 1+0

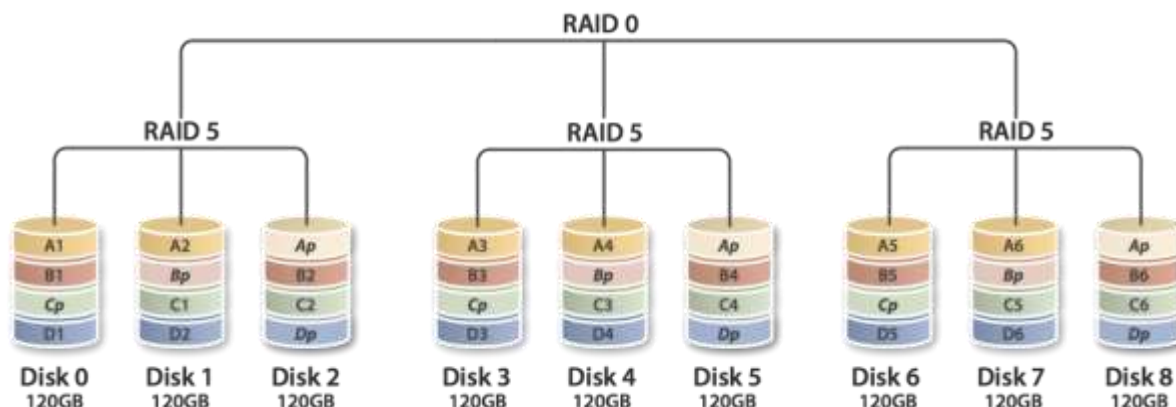
در این سطح RAID از هر دو RAID 0 و RAID 1 استفاده شده است به این ترتیب که ابتدا داده ها بصورت stripe تقسیم می شوند (RAID 0) و سپس بر روی هارد دیسک ها به صورت کپی شده ذخیره می شوند (RAID 1). برای پیاده سازی RAID 1+0 حداقل به 4 هارد دیسک نیاز می باشد که در subraid دیسک ها با هم دو به دو RAID 1 بسته می شوند و نتیجه حاصله با هم RAID 0 می شوند. ظرفیت بدست آمده از این RAID برای n دیسک  $n/2$  (نصف ظرفیت دیسک ها) خواهد بود. این نوع RAID بهترین حالت کارایی را دارد ولی پیاده سازی آن هزینه بر بوده و برای سرورهای پایگاه داده ای که دارای فرایندهای نوشتن و خواندن زیاد هستند مناسب می باشد. ضمناً قابل پیاده سازی بصورت سخت افزاری و نرم افزاری می باشد اما پیاده سازی نرم افزاری بسیاری از قابلیت های آن را از بین خواهد برد. تحمل خطا در این RAID، یک هارد دیسک در هر subraid می باشد. اگر دو هارد از یک RAID 1 خراب شود با توجه به اینکه RAID 0 تحمل خطا ندارد کل اطلاعات از دست خواهد رفت.



### RAID 5+0

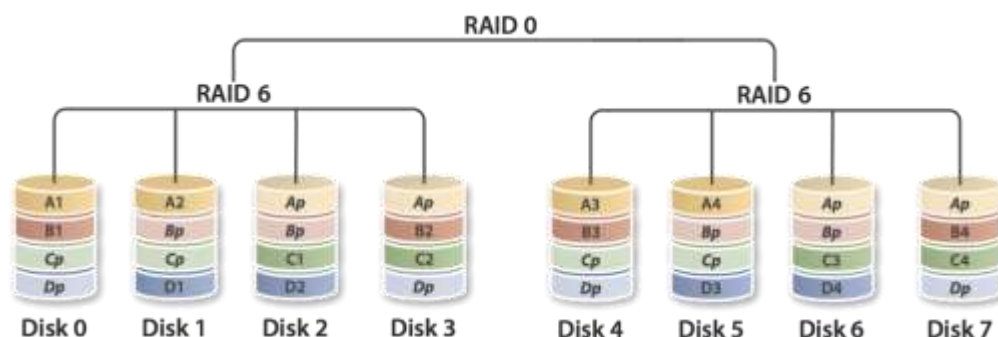
این سطح RAID از ترکیب RAID 0 و RAID 5 بدست می آید. داده ها ابتدا بصورت stripe تقسیم می شوند (RAID 0) سپس با محاسبه parity در subraid ها که بصورت RAID 5 پیکر بندی شده اند، نوشته می شوند. حداقل 6 هارد دیسک برای پیاده سازی این RAID مورد نیاز می باشد. تحمل خطا در حد یک هارد دیسک در هر کدام از subraid هایی که با RAID 5 بسته شده اند، می باشد. برای n هارد دیسک ظرفیت بدست آمده n-number of subraid خواهد بود. در شکل زیر با نه عدد هارد 120GB حدوداً 720GB ظرفیت بدست می آید.

تاریخ: 1397/08/22	امنیت داده ها با تکنولوژی RAID	 دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات بعدالشیء همدانی نجفیان
کد مدرک:	واحد فناوری اطلاعات	
صفحه 7 از 10	تدوین کننده: حمیده کاوندی	




### RAID 6+0

این سطح RAID از ترکیب RAID 0 و RAID 6 حاصل می شود. همانند RAID 5+0 است با این تفاوت که subraidها بصورت RAID 6 پیکرندی می شوند. حداقل به 8 هارد دیسک برای پیاده سازی آن نیاز می باشد. تحمل خطا در RAID 6+0 دو دیسک در هر یک از subraidها می باشد. و با n هارد دیسک ظرفیت کل  $2 * \text{number of subraid} * n$  خواهد بود.



### آیا می توان از دیسک درایوهای متفاوت در ایجاد RAID استفاده کرد؟

در تئوری امکان پذیر می باشد اما توصیه می شود از دیسک های سخت یکسان استفاده شود. در هنگام انتخاب دیسک درایو چند نکته باید مدنظر قرار گیرد مانند اندازه بافر دیسک، سرعت چرخش، نرخ انتقال داده، زمان دسترسی و غیره. در یک محیط آرایه ای مثل RAID عملکرد به اندازه کارایی حیاتی می باشد. هنگامی که داده بین دیسک ها توزیع می شود برای انجام عملیات خواندن و نوشتن درایو سریعتر باید منتظر درایو کند شود. در نتیجه گاهی بر روی برخی دستگاه ها فشاری تحمیل می شود چرا که باید خود را برای خواندن و نوشتن با درایو کند تطبیق دهند. بنابراین عملاً مزیت استفاده از درایو پرسرعت از دست خواهد رفت. اگر باید دیسک هایی با سایزهای متفاوت استفاده شوند، ظرفیت کل توسط سایز کوچک ترین دیسک محدود خواهد شد. برای مثال اگر سه دیسک درایو متشکل از دو درایو 250GB و یک درایو 500GB وجود داشته باشد، با RAID 5 فضای بدست آمده

تاریخ: 1397/08/22	امنیت داده ها با تکنولوژی RAID	
کد مدرک:	واحد فناوری اطلاعات	
صفحه 8 از 10	تدوین کننده: حمیده کاوندی	


500GB خواهد بود و با RAID 0 فضایی معادل 750GB بدست خواهد آمد. دلیل این امر آنست که عمل stripe بین همه درایوهای RAID انجام می شود پس بطور اتوماتیک روی کوچکترین ظرفیت تنظیم می شود. در RAID 1 اندازه دیسک mirror باید بزرگ تر یا برابر دیسک اولیه باشد بنابراین ظرفیت آرایه برابر کوچکترین ظرفیت گروه خواهد بود. بطور کلی تاکید می شود که درایوهای سخت در یک RAID از تکنولوژی رابط یکسانی (SATA یا SAS یا SATA) استفاده کنند. به علاوه درایوهای مکانیکی (دیسک های سخت) و غیر مکانیکی (SSD) نمی توانند در یک RAID ترکیب شوند. با وجودیکه از لحاظ تکنیکی ترکیب SAS با SATA، SATA با SAS یا SAS با SSD در یک آرایه RAID ممنوع نیست ولی در واقعیت از لحاظ پیکربندی و کارایی هیچ فایده عملی ندارد. این امر سبب شده است که تقریباً هیچ تولید کننده ای چنین ترکیبی از RAID را اجازه ندهد.

### مقایسه و نتیجه گیری

آرایه های RAID با معماری های مختلف می توانند مشابه باشند اما تکنیک های متفاوتی برای مدیریت وضعیت خطا دارند. به عنوان مثال، با پیکربندی RAID 5، یک دیسک درایو می تواند دچار خرابی شود و داده ها با استفاده از parity توزیع شده درون سرور در حال کار، مجدداً محاسبه شوند بطوریکه کاربر متوجه هیچ اشکالی در سیستم نشود، این وضعیت به عنوان حالت بحرانی شناخته می شود.


در حالت بحرانی، کارایی سرور ضعیف می شود اما به کار خود ادامه می دهد. در بیشتر حالات، این وضعیت شناسایی شده، هارد درایو مشکوک به خرابی جایگزین شده و RAID بازسازی خواهد شد. اگر در حالت بحرانی هارد درایو دوم هم خراب شود، اطلاعات parity کافی برای محاسبه داده وجود نداشته و RAID از بین خواهد رفت و همه داده ها غیر قابل دسترسی خواهند شد. اولین راه برای جلوگیری از از دست رفتن دائمی داده ها به علت بازسازی نادرست اینست که بطور مداوم وضعیت RAID چک شود و اطمینان حاصل شود که همه درایوها فعال هستند. اگر از داده های بحرانی پشتیبان تهیه شده است بهتر است پشتیبان ها بطور منظم بررسی شوند به خصوص قبل از بازسازی یک RAID آسیب دیده. حداقل زمان برای بازسازی RAID به عوامل متعددی وابسته است از جمله: ظرفیت هارد دیسک، نرخ داده هارد دیسک، پهنای باند data-bus، تعداد هارد دیسک های روی bus و بار I/O روی آرایه. سازندگان RAID در طراحی اجزای داخلی و مدارات سخت افزاری خود بسیار متفاوت عمل می کنند بنابراین برای بازیابی موفق داده ها، دانش کاملی از این طراحی ها مورد نیاز است. اما بدلیل اینکه تولیدکنندگان این اطلاعات را فاش نمی کنند، تکنیک های بازیابی RAID به سالها توسعه و مهندسی معکوس نیاز دارند تا مشخص شود کدامیک از آن ها موثرتر می باشد.



تاریخ: 1397/08/22	امنیت داده ها با تکنولوژی Raid	 دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و خدمات بعدالشیخه داماد تبریز
کد مدرک:	واحد فناوری اطلاعات	
صفحه 9 از 10	تدوین کننده: حمیده کاوندی	

جدول مقایسه سطوح RAID

Features	RAID 0	RAID 1	RAID 5	RAID 6	RAID 10	RAID 50	RAID 60
Minimum Drives	2	2	3	4	4	6	8
Data Protection	No Protection	Single-drive failure	Single-drive failure	Two-drive failure	Up to one disk failure in each sub-array	Up to one disk failure in each sub-array	Up to two disk failure in each sub-array
Read Performance	High	High	High	High	High	High	High
Write Performance	High	Medium	Low	Low	Medium	Medium	Medium
Read Performance (degraded)	N/A	Medium	Low	Low	High	Medium	Medium
Write Performance (degraded)	N/A	High	Low	Low	High	Medium	Low
Capacity Utilization	100%	50%	67% - 94%	50% - 88%	50%	67% - 94%	50% - 88%
Typical Applications	High End Workstations, data logging, real-time rendering, very transitory data	Operating System, transaction databases	Data warehousing, web serving, archiving	Data archive, backup to disk, high availability solutions, servers with large capacity requirements	Fast databases, application servers	Large databases, file servers, application servers	Data archive, backup to disk, high availability solutions, servers with large capacity requirements

تاریخ: 1397/08/22	امنیت داده ها با تکنولوژی Raid	 دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران
کد مدرک:	واحد فناوری اطلاعات	
صفحه 10 از 10	تدوین کننده: حمیده کاوندی	

## منابع

- 1- <https://www.datarecovery.net/articles/raid-level-comparison.aspx>
- 2- <https://www.ict.gov.ir/ir/news/6267/R-A-I-D-انواع-آن>
- 3- <https://storage.tosinso.com>
- 4- [http://ask.microsemi.com/app/answers/detail/a\\_id/2409/~can-different-hard-disks-be-used-to-build-a-raid%3F](http://ask.microsemi.com/app/answers/detail/a_id/2409/~can-different-hard-disks-be-used-to-build-a-raid%3F)
- 5- <https://www.dell.com/support/article/us/en/04/sln283215/dell-enterprise-raid-and-physical-drive-replacement-faq-can-different-drives-be-used-in-a-raid-?lang=en>
- 6- <https://searchstorage.techtarget.com/definition/RAID>
- 7- [https://en.wikipedia.org/wiki/Nested\\_RAID\\_levels](https://en.wikipedia.org/wiki/Nested_RAID_levels)
- 8- <https://www.radcom.co/fa/kb/5321/ها-Raid-خصوصیات-انواع>