# اشاره

در تکثیر و چاپ یک تصویر، امکان تهیهٔ تصویری همانند *تصویر اوّلیه* میسّر نبوده و نیازی هم به آن نمی‌باشد. برای ارایه یک تصویر قابل قبول، چیزی که به آن نیاز است ارایه یک نمایش تُن[1] خواهد بود. در این عمل، چشم و مغز به کمک می‌آیند ← (۱)؛ تا اختلاف نور دامنه تُن و زمینه‌های رنگی را جبران نمایند.

قبل از اینکه به یک تصویر تُن قابل قبول دست یابیم، لازم است سیستم تکثیر تصویر و ویژگیهای آنها مورد بررسی قرار گیرد. *دو مقوله کلّی از سیستم‌های تکثیر تصویر وجود دارد:* سیستم‌هایی که توانایی ارایه تُن قابل قبولی را دارند و سیستم‌هایی که توان این عمل را ندارند.

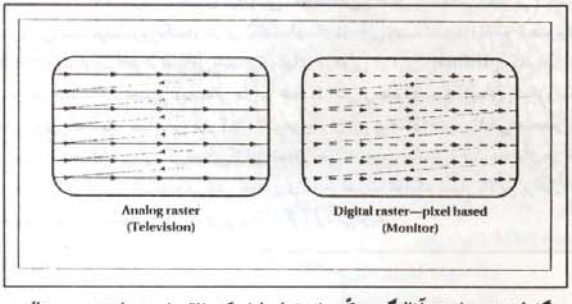
● *اولین* مقوله شامل سیستم‌هایی هستند که توانایی ارایه تُن پیوسته[2] دارند که از این میان می‌توان عکسبرداری، سیستم تلویزیون و بعضی کامپیوترها با صفحه نمایش که دارای وضوح تُن است را نام برد. در این سیستم‌ها به نیمه‌تُن نیاز نمی‌باشد.

● دومین مقوله شامل سیستم هایی با توانایی تکثیر و چاپ تُن محدود هستند. بیشتر این سیستم‌ها دستگاههای دودویی هستند که دارای توان تولید فقط دو ارزش که برابر با «روشن» و «تیره» است، می‌باشند. در این سیستم ها بایستی به وسیله نیمه تُن به نمایش تُن پرداخت. سیستم های نیمه تُن جهت دستیابی به چاپ تُن متکی به چشم و مغز هستند تا شرایط ترکیب و ادغام فراهم شود. از نظر تاریخی تولید چاپ تجاری، همواره از روشهای عکاسی استفاده نموده است که ذاتاً «تُن ممتد» و در ترکیبی دودویی (شبکه‌ای) می‌باشد. این عمل منطقی بوده زیرا چاپ دودویی است و در هر جای معیّنی برروی صفحه، دستگاه چاپ می‌تواند جوهر را پاشیده یا خالی نگه دارد (البته از نظر ریاضی، ناحیه خاکستری نامنظّمی به‌وجود می‌آید). اغلب مراحل پیش از چاپ از فیلم های با کنتراست بالااستفاده می‌شود. *با ظهور و پیدایش دستگاههای تصویر نگار دیجیتالی*[4]، *چاپ به سرعت به سمت روشهای دودویی دیجیتالی تمایل پیدا نموده است.* معمولاً انتقال تصاویر الکترونیکی دریک سیم یاروی یک کانال ارتباطی منطقی می‌باشد. در چنین مواردی تصویر نیاز دارد که به فرم سریالی مانند یک سری عدد تقلیل یابد. یک نمونه از *راستر*(Raster)، مرکّب از یک سری خطوط اسکن افقی است، هر خط به‌طور متوالی اسکن می‌گردد تا داده‌های تصویر جمع‌آوری یا تصویر را بازسازی کند.

داده‌ها می‌تواند آنالوگ (Analog)یا دیجیتالی باشد، دستگاههای خروجی *راستر*، شامل دستگاههای تلویزیونی، نمایشگرهای کامپیوتری و سیستم های *تصویرنگار*[5]، یک نوع پرتو را در امتداد *راستر* تولید می‌کنند که به سرعت باعث تغییر وضعیت و حالت پرتو می‌شود تا تصویری بر روی صفحه یا دیگر موارد حسّاس نور بازسازی شود. دستگاههای تلویزیونی، صفحات نمایش میکروکامپیوترها و دستگاههای ثبت تصویر، همگی سه مقوله متفاوت از دستگاههای *راستر* را نشان می‌دهند.

سیستم تلویزیون یک دستگاه *راستر آنالوگ* است که از پرتو الکترونی جهت ساخت تصویر، بر صفحه تصویر استفاده می‌کند. وقتی تلویزیون پرتو را در امتداد *راستری* اسکن می‌کند، به سرعت تراکم پرتو را بین دو حد در هر رنگ مدوله می‌نماید. وقتی الکترونهای موجود در پرتو با سطح صفحه برخورد می‌کنند فسفر شیمیایی برانگیخته و تحریک می‌شوند این امر بنوبه خود متناسب با تراکم به درخشش در می‌آیندو در نهایت تصویر تُن ممتد به وجود می‌آورند. دستگاه تلویزیون در هر ثانیه ۳۰

فرم تصویر کامل را تولید می‌نماید. تماشاگر با کمک گرفتن از قوه بینایی فرمهای متوالی به منزله یک تصویر تُن ممتد[6] می‌بیند. تلویزیون رنگی از سه پرتو استفاده می‌کند، پرتوی قرمز، سبز و یکی هم برای فسفرهای آبی.




**نگارهٔ (۱) - *راستر آنالوگ* مرکّب از خطوط اسکن افقی است. *راستر دیجیتالی* پیکسلها را در امتداد خطوط اسکن قرار می‌دهد.**

صفحات نمایشگر کامپیوتری و سیستم‌های *تصویرنگار* دستگاههای *راستر دیجیتالی* هستند و *راستر* را به صورت پیکسل (Pixel)تقسیم می‌نمایند. صفحه نمایشگر کامپیوتر مانند تلویزیون از پرتو الکترون برای ساخت تصویر بر روی یک صفحه استفاده می‌کند.

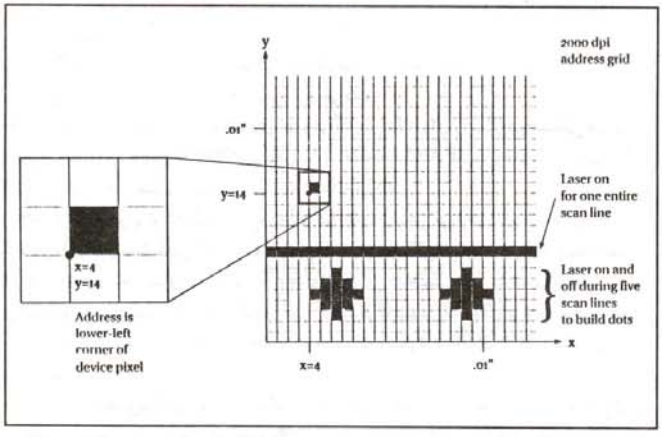
برخلاف تراکم متغیر پرتو آنالوگ (تلویزیون)، تراکم پرتو دیجیتالی می‌تواند یکی از مجموعه عوامل تشخیص را در هر پیکسل معیّن داشته باشد. در مورد سیستم دیجیتالی تُن ممتد نظیر یک صفحه نمایش کامپیوتر با مقیاس خاکستری، تقریباً به مجموعه‌ای از عوامل تشخیصی ۲۵۶ نیاز است تا چاپی از یک تُن ممتد واقعی به‌دست آید، به‌هر حال، در مورد نمایشگر کامپیوتر تک رنگ، پرتو دو حالت مطرح است. پیکسلها به صورت «روشن» یا «خاموش» هستند که اینگونه نمایشگرها یک دستگاه *راستر* دودویی‌اند.

سیستم *تصویرنگار* نیز یک دستگاه *راستر* دودویی است اما از آنجا که صفحه نمایش از پرتوالکترون استفاده می‌کند سیستم تصویرنگار نیاز پرتو لیزر استفاده می‌نماید در *تصویرنگار* به جای صفحات روکش‌دار فسفری از فیلم عکاسی استفاده می‌شود. شبکه پیکسلی بسیار ظریف *تصویرنگار* تصویری باغلظت و تمرکز پیکسل بالایی و با جزئیات بیشتری از تصویر بر روی یک صفحه نمایش تولید می‌کند. در مقابل وضوح ۵۲۵ خط اسکنی برای هر فرم با قابلیت عوامل شناسایی ۷۲ یا ۹۰ پیکسل در هر اینچ برای نمایشگر کامپیوتری، برخی از سیستم‌های *تصویرنگار*، قابلیت ۳۶۰۰ پیکسل یا بیشتر در هر اینچ دارند. (متخصّصان تصویر، پیکسل را نقطه[7] می‌نامند و درنتیجه وضوح معمولاً برحسب نقاط در هراینچ[8] مشخص می‌شود).

*ثبات فیلم* سیستم های *تصویرنگار*، دستگاههای تک رنگ هستند. پیکسل بر روی فیلم چاپ شده تاریک یاروشن است. بدین ترتیب سیستمهای *تصویرنگار* باید قواعد و دستورهای

نیمه تُن دیجیتالی را اجرا نمایند. معمولاً فیلمهای مورد استفاده به صورت تصاویر منفی هستند که آماده استفاده در مراحل چاپ بعدی می‌باشند. البته، پروسه و چاپ تصاویر رنگی در قسمت ثبّات فیلم[9] سیستم تصویرنگار مجموعه‌ای از چهار تفکیک نیمه تُن است.

پیکسل ← (۲)؛ در سیستم تصویر دیجیتالی، کوچک‌ترین عامل یا عنصر تصویر پیکسل[10] است. خروجی سیستم‌تصویرنگار دارای پیکسلهای دودویی هستند، درواقع تصویرازیک Bitmap←(۳)؛ بسیار متراکم ترکیب می‌یابد. پیکسلهای دودویی در این Bitmap پیوند ادراکی و وظیفه‌ای دارند. Bitmap تصویر دیجیتالی دارای خطوط افقی و عمودی پیکسلهای میکروسکوپی هستند که بر روی یک شبکه شناسایی قرار گرفته‌اند. هر یک از این پیکسلها دارای نشانی منحصر به‌فرد خود در روی شبکه هستند. پردازشگر تصویر از این نشانی جهت ردیابی پیکسل و قرار دادن آن در حالت روشن یا خاموش در تصویر استفاده می‌کند. تصاویری که از قدرت تفکیک بسیار بالایی برخوردارند دارای میلیاردها پیکسل هستند که بارزیادی بر پردازشگر وارد می‌آورد.




نگارهٔ (۲): پردازشگر تصویر از شبکهٔ تصویر برای ردیابی پیکسل استفاده می‌کند.

پیکسلهای سیستم تصویرنگار معمولاً برروی یک شبکه قائم منظّم با محورهای مقیاس برابر X و Y قرار گرفته‌اند. در نگارهٔ ۲، پیکسلها به صورت مربّعهایی به نشاندادن شبکه‌نشانی می‌پردازند. پیکسلهای واقعی برروی فیلم دایره‌ای یا اندکی بیضی شکل هستند و قطر آنها مقداری افزایش یافته تا پوشش کاملی از نواحی شبکه مربعی نشانی‌ها فراهم گردد. در این نگاره، پرتو لیزری پردازشگر تصویر در امتداد جهت محور X ها اسکن می‌نماید. جهت ایجاد یک پیکسل برروی فیلم، لیزر به مدّت کوتاهی در نشانی پیکسل روشن می‌شود. برای پیکسلهای مجاور بر روی یک خط اسکن ، لیزر روشن می‌ماند. کلیه این اعمال با سرعت زیاد انجام می‌گیرد. در عمل به خاطر دستیابی به تصویر بهتر، پرتوهای لیزری متعدد یکباره

جهت اسکن چندین خط مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در یک تصویر هنری خطی، اگر بخشی از تصویر قسمتی از ناحیه مربعی پیکسل را قطع کند پیکسل روشن می‌شود. برای نیمه تُن، تصمیم روشن یا خاموش کردن پیکسلی مبتنی بر اندازه تُن تصویر در مرکز ناحیه مربع پیکسل است. هر چه پیکسل در تصویری بیشتر باشد، شبکه نشانه دقیق‌تر و قابلیت نشانی بالاتر می‌رود.

اصطلاح قدرت تفکیک[11] به علت کاربرد نادرست آن مترادف با قابلیت نشانی[12] (شناسایی) شده و این اشتباهاتی را درپی داشته است.

اصطلاح وضوح[13] توانایی سیستم تصویری را گویند که جزئیات دقیق تصویر تکثیر و چاپ می کند، هر چه قدرت تفکیکی سیستم بالاتر باشد، جزئیات تصویر بهتری چاپ می‌گردد.

اصطلاح قابلیت نشانی مربوط به جایگاه و محل است. تا آنجا که به کامپیوتر دیجیتالی مربوط می‌شود، وضوح (قدرت تفکیک) و قابلیت نشانی یکی هستند.

سیستم اپتیکی ممکن است که ناسازگار باشد. بدون توجّه به جایگاه و محل پیکسلها، اندازه پیکسل روی حد و حدود قدرت تفکیکی اثر می‌گذارد و خود اندازه پیکسل به وسیله فاکتورهای اپتیکی و عکاسی تعیین می‌شود. بر روی برخی از سیستمهای تصویرنگار که از قدرت تفکیک بالایی برخوردارند، خود پیکسلها اندازه‌هایشان را خیلی تغییر نمی‌دهند بلکه وقتی قابلیت نشانی افزایش یابد، پیکسلها به‌هم فشرده‌تر و متراکم تر می‌شوند، اگر چه این امر بازگردانی جزئیات را به طور برجسته‌ای بهبود می‌بخشد ولی تصویرنگارهای دیگری وجود دارند که این کار را با تقلیل دقیق اندازهٔ پیکسل به قابلیت نشانی بالاتری حتّی برای جزئیات دقیق‌تر، بهتر انجام می‌دهند. توانایی اجرای دقیق جزئیات ریز و دقیق در برداشت تصاویری با کیفیت بالای نقاط نیمه تُن مهّم است.

شبکه‌های نشانی سیستم تصویرنگار، نمونهٔ مبتنی بر پیکسلهای مربع قرار دارند لذا قابلیت توانایی نشانه‌یابی برابر با جهت X و Y می‌باشد. برخی از دستگاههای خروجی لیزری ممکن است دارای قابلیّتهای نشانی افقی و عمودی متفاوت باشند.

### توانایی برداشت تصویر پیکسلهای منفرد

هر سیستم تکثیر و چاپ تصویر دیجیتالی، طراح نیمه تُن را با یک پرسش اساسی روبرو می‌سازد: با چه کیفیّتی دستگاه می‌تواند از پیکسلهای منفرد تصویر تهیه کند؟ نمایشهای گوناگونی وجود دارند که هر پیکسل را به خوبی نشان می‌دهند. سیستم‌های دیگری نظیر تصویرنگار دارای قدرت تفکیک هستند که قادر به نشان پیکسل به روشنی نمی‌باشند. حتّی وقتی که قسمت ثبّات فیلم سیستم تصویرنگار با قدرت تفکیک توانایی نمایش پیکسلهای منفرد برروی فیلم دارند معمولاً فرآیند چاپ نمی‌توانند آنها را تکثیر و چاپ کنند. این توان یا عدم توانایی برای نمایش مطمئن پیکسلهای منفرد به شدّت روی نوع نیمه‌تُن‌هایی که سیستم تکثیر و چاپ تصویر دیجیتالی می‌تواند استفاده کند، اثر می‌گذارد، اگر پیکسلهای منفرد را بتوان به‌طور مطمئنی تکثیر و چاپ نمود، پس نیمه‌تُن می‌تواند بر مبنای پیکسلهای منفرد باشد. در غیر این صورت، گروههای پیکسل باید با هم خوشه‌شوند تا ترکیب‌های وسیع‌تری - نقاط نیمه‌تُن شکل گیرد که بتوان به‌طور قابل اطمینانی تکثیر نمود.

*همانطور که اشاره شد، نیمه تُن از چشم و مغز کمک می‌گیرد تا اشکال کوچک را که*

می‌توان آنها را به طورمنفرد در تُن یا رنگ متوسط مشاهده نمود، ترکیب و ادغام نماید. مکانیزم نیمه‌تُن باید اشکال و خصوصیّات را به نحوی تنظیم سازد تا بیشترین اثر طبیعی را با وجود محدودیت سیستم تصویر تولید نماید.

در نتیجه یک سیستم نیمه تُن دیجیتالی باید سازشی میان عوامل رقیب زیربه‌وجود آورد.

□اندازه پیکسل؛

□تعیین تعداد متوسط پیکسلها؛

□توانایی سیستم تصویر جهت تکثیر و باز آفرینی پیکسلهای منفرد.

جهت برابری اندازه تُن بر روی سیستم دیجیتالی، پیکسلها را باید به صورت هاشورهایی[14] در آوریم. قواعد ایجاد این هاشورهاخیلی خاص هستند وایجاد هاشور به‌نام پیچازی‌شدن[15] معروف‌است. مکانیزم کلی پیچازی شدن به نام Dither و هاشورهای خاص به‌نام هاشورهای ترامه‌گذاری معروف هستند.

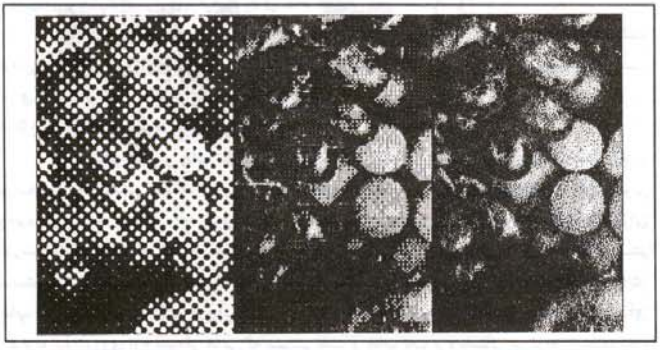
ترام ها می‌تواند منظّم باشند یعنی حالتی که در آن هاشور دارای یک مقدار از پیش تعیین شده از بی‌نظمی[16] باشد. هاشور ترام در نگارهٔ ۳ سه روش متداول را نشان می‌دهد.

●ترام منظّم با نقطه‌های خوشه‌های اساس و مبنای صفحه نمایش نیمه تُن را تشکیل می‌دهد که در چاپ تجاری استفاده می‌شود.

●ترام های منظّم با نقطه‌های پراکنده مبنایی برای نیمه‌تُن است که در بسیاری از صفحات نمایش و چاپگرهای دارای قدرت تفکیک پایین به کار برده می‌شوند.

●ترام نامنظّم با نقطه‌های پراکنده نیز در صفحات نمایشگر به کار برده می‌شود.

انتخاب شیوه پیچازی (ترامه‌نمودن) بستگی زیادی به دستگاه خروجی دارد. □



نگارهٔ (۳) ترام می‌تواند منظّم یا نامنظّم باشد. از چپ به راست، ترام منظّم با نقطه‌های خوشه‌ای، ترام منظّم با نقطه‌های پراکنده و ترام انتشار یافته با نقطه‌های پراکنده (ترام نامنظّم). این تصاویر به نظر یکسان می‌رسد. (تصویر را در فاصله ۱۵ تا ۲۰ فوتی قرار داده، امتحان کنید)

مهدی مدیری

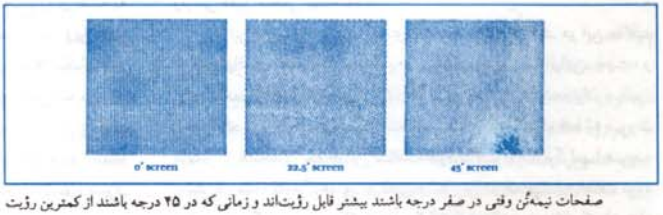
## منبع:

Pter Fink: Postscript Screening, Adobe Press Mountain View, California, 1992.

## پاورقی:

۱) ترکیب بصری تُن - سیستم بینایی انسان در مشاهده جزئیات محدودیت دارد. در اندازهٔ معیّنی نمی‌توان هریک از اشیاء را تشخیص داد بلکه اشیاء کوچک و ریز در تُن ترکیب و ادغام می‌شوند. حدوحدود تفکیک و جداسازی به ترتیب ۱/۲۰۰ تا ۱/۳۰۰ اینچ است که به شرایط دید بستگی دارد. انسان از یک طرف به آسانی توان تشخیص اختلاف فرآورده‌های چاپی dpi ۳۰۰۰ یا dpi ۶۰۰۰ را دارد. از سوی دیگر یک صفحه **نیمه‌تُن** LPI ۱۳۳ در ۴۵ درجه برای اغلب افراد به‌طور منطقی و یکنواخت به‌نظر می‌رسد. اجرای عملیات **نیمه تُن** به اینگونه ترکیب پدیده‌ها متکی است و به بیننده امکان پیدا نمودن حد میانی میلیونها نقطهٔ **نیمه تُنی** را در نواحی از **تُن** می‌دهد.

برای ترکیب **تُنی** یک مؤلفه مستقیم وجود دارد. در ناحیه‌ای از **تُن**، هاشورهای ظریف مورّب اندکی کمتر از هاشورهای افقی و عمودی درک می‌شوند. شاید این امر به‌خاطر آن می‌باشد که در طبیعت بیشتر کناره‌های بصری مهم افقی و عمودی - درختان، نیزارها، افق و عارضه‌های مورد نظر این لبه‌ها را قطع می‌کنند. به‌هر دلیل صفحه های **نیمه تُن** در ۴۵ درجه صاف بنظر می‌رسند و در زوایای دیگر مخصوصاً در صفر درجه کمتر خود را نشان می‌دهند.




صفحات نیمه‌تُن وقتی در صفر درجه باشند بیشتر قابل رؤیت‌اند و زمانی که در ۴۵ درجه باشند از کمترین رؤیت برخوردارند.

۲) Pixel یا یک سلّول تصویر خلاصه شدهٔ Picture element صفحه نمایش تصویری به ردیف و ستونهایی از نقاط، مربع‌ها یا سلّول‌های کوچکی تقسیم شده است که هر یک از آنها را یک سلّول تصویر گویند. (کوچکترین واحد شبکه صفحه نمایش که می‌تواند ذخیره، نمایش یا آدرس دهی شود.)

۳) Bitmap: ۱) ناحیه‌ای در حافظهٔ کامپیوتر که برای ترسیم گرافیکی نگهداری شده و این ناحیه به‌طور پیوسته، تصویری که به صفحهٔ نمایش فرستاده می‌شود نگه می‌دارد.

۲) آرایه‌ای از مجموعهٔ کوچک‌ترین واحد اطلاعاتی که توسط کامپیوتر و وسایل کمکی آن تشخیص داده می‌شود. (Bit)، که وضعیت خاموش یا روشن بودن آنها در ارتباط با آرایه ای از چیزهای دیگر است.

| | | |
|---|---|---|
| 1) Tone | 2) Continuous - Tone | 3) Half - Tone |
| 4) Digital Imagesetter | 5) Imagesetter | 6) Contone |
| 7) Dot | 8) Dots Per inch (dpi) | 9) Film recorder |
| 10) Picture element | 11) Resolution | 12) Addressability |
| 13) Resolution | 14) Patterns | 15) Dithering |
| 16) Randomness | | |