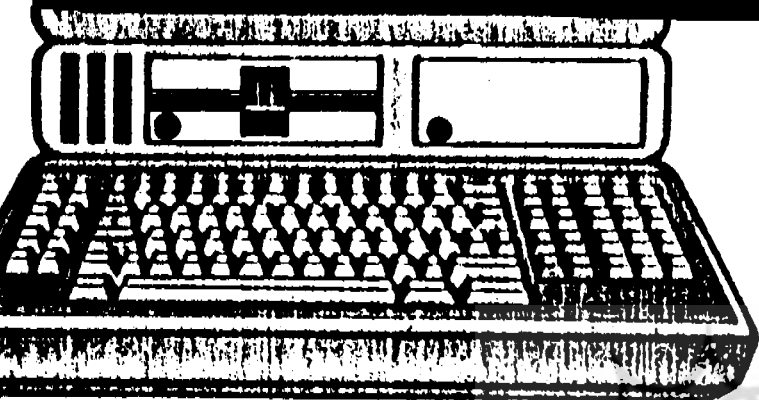


# ● مقدمه‌ای بر کاربرد کامپیوتر در سینما



■ نوشته‌ ع. فیض

## الف- هنرمند و تکنولوژی

هنرمند همیشه برای شناخت، بیان و تغییر عوامل محیط، وسایلی را به کار می‌گیرد. اگر از ابزار ذهنی، چون زبان بگذریم، وسایل عملی که هنرمند در طول قرون از آنها استفاده کرده، همگام با تغییرات محیطی تغییر کرده‌اند. ابزارهای شناخت در هر دوره با مختصات محیط و اجتماع همان دوره، بستگی و هماهنگی کامل دارند و شناخت محیط و اجتماع با وسایلی متناسب با امکانات و احتیاجات همان دوره امکان‌پذیر است. عصر ما، عصر انفجار عظیم عوامل و ابزارهای تکنولوژیک است. فیلم، رادیو، تلویزیون و کامپیوتر نمونه‌هایی از انفجار ابزارهای فنی هستند؛ و توسط اینها است که می‌توان به شناخت و تغییر محیط و شرایط امروز دست یافت.

هروسیله و ابزاری مختصات ویژه خود را دارد و از همین نظر، بر نحوه شناخت و بیان هنرمند تأثیر فوق‌العاده‌ای می‌گذارد. این امر بخصوص در برخورد با ابزاری به پیچیدگی یک کامپیوتر بیشتر خود می‌نماید. ولی، کامپیوتر نشانه بارز علمی عصر ما

است. با اینکه عمرش به بیش از چند دهه نمی‌رسد اما کاربردش در علم و صنعت و تعلیم و تربیت بسیار گسترده است. هنر که همزاد علم است نیز باید جنبه‌های انسانی و عاطفی کاربرد این وسیله را بشناسد و از رهگذر اثر هنری، آن را به خدمت انسان درآورد. کار با کامپیوتر، مستلزم همکاری و تشریح مساعی بین هنرمند و دانشمند، یا ادغام این دو در شخصی واحد است. کار با کامپیوتر و مهارت در استفاده از آن مستلزم صرف وقت و تمرین آگاهانه است. در حین این تمرین آگاهانه، هنر و علم بسیار به هم نزدیک می‌شوند و در مجاورت یکدیگر و حتی در بطن هم قرار می‌گیرند.

## ب- نقش کامپیوتر دیجیتال در تصویرسازی

خلق و ضبط تصویر کامپیوتری که تحت عنوان‌های گرافیک، نقاشی متحرک، فیلم یا عکس کامپیوتری از آن یاد می‌شود، از چندین سال پیش آغاز شده است. و به علل

زیر کاربرد کامپیوتر در تصویرسازی روبه افزایش است.

- ۱- ارزان تر شدن پی‌درپی کامپیوترها.
- ۲- به وجود آمدن کامپیوترهای کوچکتر- مینی کامپیوتر و ریزپردازنده‌ها- که ویژه کارهای خاصی از جمله تصویرسازی است.
- ۳- تبحر در تولید روزافزون نرم افزارهای بسیار پیچیده و کارا.
- ۴- موفقیت نسبی تصویرسازی اولیه در انجام هدف و وظایف محول شده.
- ۵- مختصات خاص کامپیوتر که در زیر به آنها اشاره خواهد شد.

تصویرسازی کامپیوتری هم در علوم و صنایع مورد استفاده است و هم در هنر. ولی در هرحیطه‌ای به کار رود به خصوصیات ویژه کامپیوتر دیجیتال متکی است. این ویژگی‌ها عبارتند از:

- ۱- سرعت عمل کامپیوتر: اکنون کامپیوترهایی وجود دارند که می‌توانند محاسبات پیچیده را با سرعتی باورنکردنی انجام دهند (تا حدود یک میلیون دستورالعمل در ثانیه).
- ۲- دقت کامپیوترهای دیجیتال: کامپیوترهای دیجیتال برپایه نظام عددی

استوارند؛ از این رو اعمال و محاسبات آنها بسیار دقیق است. در مورد دقت عمل کامپیتر در تصویرسازی بعداً سخن خواهیم گفت.

۲- قابلیت تکرار جریانها (Procedures) و فعالیت‌ها - کامپیوتر می‌تواند تصاویر را در حافظه خود نگه دارد و سپس هرچند بار که «کاربر» بخواهد آنها را نشان دهد.

۴- امکان بوجود آوردن پسرزمینه و فضاهائی که تصاویر کامپیوتری در آنها حاوی معانی خاص شوند - «مدل‌سازی» یا «شبیه‌سازی»<sup>(۱)</sup> حوادث و پدیده‌ها و جریان‌های عینی و ذهنی و بررسی دقیق نحوه کار آنها در حال، و پیش‌بینی کار آتی آنها، یکی از این امکانات محسوب می‌شود. «شبیه‌سازی» در پردازش تصویر نقش مهمی ایفا می‌کند. به این وسیله بررسی دقیق و تصویر پدیده‌های بفرنج طبیعی، جسمی، انتزاعی و ریاضی فراهم می‌آید. کاربر می‌تواند پدیده‌های طبیعی و جسمی که در حالت عادی غیر قابل تشخیص و بررسی هستند را با استفاده از کامپیوتر، به نحو مجازی، اما مطابق اصل مدل‌سازی کرده و محصول را بر صفحه ترمینال منعکس نماید.

برای مثال شیمی‌دان می‌تواند به کمک شبیه‌سازی کارکرد الکترون‌ها را حین فعل و انفعالات شیمیائی روی پرده ترمینال به فراگیرندگان نشان دهد. ریاضی‌دان می‌تواند آثار فرضیه نسبیت انشتین را با مثال‌های عینی، روی پرده ترمینال مشاهده کند و این فرضیه مشکل را که هنوز برای بسیاری یک اصل انتزاعی و غیر ملموس است قابل رؤیت و ملموس نماید. یا پزشکی که در حال تحقیق و بررسی جریان خون در رگ‌ها است، می‌تواند از کامپیوتر نموداری بخواهد که ناحیه‌های مستعد تصلب شرايين را نشان دهد. یا طراح مدارهای الکترونیکی می‌تواند مداری بکشد و از کامپیوتر بخواهد که کارکرد این مدار، توان، ولتاژ و جریان برق آن را با شبیه‌سازی روی ترمینال نشان دهد. یا خلبان می‌تواند بدون استفاده از هواپیمای واقعی پرواز آزمایشی کند. در این شبیه‌سازی مختصات واقعی هواپیما و باند فرودگاه و دیگر شرایط مربوطه به آن به کامپیوتر داده می‌شود و خلبان مبتدی، با کمک وسایل «ارتباط دوجانبه»

می‌تواند هواپیمائی خیالی را در باند خیالی خود به پرواز درآورد. از آنجا که همه این اعمال مبتنی بر قوانین واقعی طبیعت است، شبیه‌سازی آنها به این می‌ماند که خلبانی یک هواپیمای واقعی را در یک باند واقعی به پرواز درآورده باشد. یا معمار می‌تواند مشخصات خانه یا شهر را به کامپیوتر بدهد و به کمک شبیه‌سازی مجازی، خانه و شهر را به چشم خویش ببیند؛ در راهروها یا خیابان‌ها قدم بزند، هرگونه اشکال احتمالی این ساختمانها را قبل از ساخته شدن، متوجه شود و در رفع آنها بکوشد. و یا متخصص آمد و شد وسایل نقلیه، می‌تواند تصادف‌ها را شبیه‌سازی کند و پس از بررسی دقیق به علل مرگ و میر در اثر تصادف پی ببرد و در نتیجه برای اتومبیل‌ها سیستم‌های ایمنی پیش‌بینی کند.

از این رو کاربرد شبیه‌سازی در حوزه علوم و صنایع بسیار گسترده است. در تصویرسازی هنری نیز از همین اصل به نحو دیگری می‌توان بهره جست. مثلاً هنرمند چندین شکل می‌سازد و از کامپیوتر می‌خواهد که این شکل‌ها را تحت قانون معینی به حرکت درآورد و روی پرده ترمینال نشان دهد و بررسی کند اگر سرعت این شکل‌ها به سرعت نور برسد، چه خواهد شد. یا می‌توان بعضی از این شکل‌ها را تابع قوه جاذبه زمین، و بعضی دیگر را تابع قوه جاذبه ماه قرار داد بعد حرکات و کنش و واکنش این شکل‌ها را بریکدیگر، روی پرده ترمینال نشان داد. در این آزمایش‌ها قوانین طبیعی حرکات و فعالیت‌های تصاویر کامپیوتری به وسیله قوانین طبیعی کنترل می‌شود.

## ج - سخت افزار (۲) و

### نرم افزار (۳)

## تولید تصویر کامپیوتری

سخت افزار و ماشین آلات تصویرسازی کامپیوتری شامل اجزاء مختلفی است. که در زیر مختصراً به آن اشاره خواهد شد. برای ارتباط با کامپیوتر دیجیتال و استفاده از آن تمامی مکالمه‌ها و ارتباطات بین انسان و کامپیوتر را باید به شکل یکی از زبانهای قراردادی کامپیوتر<sup>(۲)</sup> عمومی

مانند زبان برنامه‌نویسی کوپول، پی. ال. وان و... درآورد. این گونه زبانها با اینکه از زبان ماشین و زبان «آسمبلی» پیشرفته‌ترند (به زبان انسان نزدیک‌ترند) و برای اجرای کارهای مختلف از کلمات و عبارات ساده و مانوس استفاده می‌کنند، نمی‌توان به سادگی برای تصویرسازی از آنها استفاده کرد. اما اکنون با زبانهای پیچیده‌ای که مخصوص تولید تصویر وضع شده مشکل نرم افزار تصویرسازی تقریباً برطرف شده است.

در ابتدا سخت افزار و نرم افزار کامپیوترهای عمومی صرفاً به منظور انجام کارهای حسابداری و محاسبه‌ای ساخته شده بودند نه برای انجام کارهای بسیار پیچیده طولانی و تخصصی چون تولید و پردازش تصویر. لیکن با پیشرفت‌های فراوان و سریعی که در سخت افزار و نرم افزار صورت گرفت، این مشکلات کم و بیش رفع شده است.

دستورالعمل‌هایی را که به یکی از زبانهای قراردادی عمومی نوشته شده باشد، برنامه گویند. این برنامه‌ها از طرق مختلف به کامپیوتر داده می‌شود. برای مثال از کارت منگنه‌شده، قلم نوری یا صفحه کلیدهای مخصوص الفبا و اعداد می‌توان سود برد. کامپیوتر پس از دریافت این دستورالعمل‌ها - معمولاً به یکی از زبانهای قراردادی - آنها را به زبان ماشین ترجمه می‌کند و اگر اشتباهی وجود نداشته باشد دستورالعمل‌ها را اجرا می‌کند و نتیجه را بر صفحه ترمینال نمایش می‌دهد.

ترمینال دستگاهی با صفحه‌ای شبیه به صفحه تلویزیون است و دستگاههای ارتباطی<sup>(۵)</sup> کاربر و کامپیوتر مانند قلم نوری و صفحه کلیدهای مخصوص الفبا و اعداد به آن متصل اند. کاربر با استفاده از این وسایل ارتباطی می‌تواند، اطلاعات و برنامه‌هایش را به کامپیوتر بدهد و در صورت لزوم تغییرات و تبدیلات اساسی بوجود آورد. به عبارت دیگر داده‌های اولیه را بهبود آرد. بنابراین ترمینال و وسایل ارتباطی آن، ابزاری هستند که نه تنها برای ورود داده‌ها بلکه برای تغییر، تبدیل و پردازش آنها به منظور خروج نتایج از آنها استفاده می‌شود.

اطلاعات در ترمینال کامپیوتر نیز مانند

تلویزیون، با استفاده از اشعه الکترونیکی بر صفحه نقش می‌بندد. این اشعه الکترونیکی کاملاً در اختیار و تحت فرمان کامپیوتر است. به طور کلی دو نوع صفحه ترمینال وجود دارد. یکی با سیستم دسترسی تصادفی یا لحظه‌ای و دیگری با روش بین هم قرار دادن سطوح - که مانند تلویزیون معمولی - کار می‌کنند. صفحه ترمینال در هر دو سیستم معمولاً به  $1024 \times 1024$  نقطه، یعنی بیش از یک میلیون نقطه که هر کدام « $x$  و  $y$ » یعنی آدرس مشخصی دارند، تقسیم می‌شوند. می‌توان اشعه الکترونیکی مزبور را در نقاط مشخص شده قرار داد و آن را طبق دستورالعمل روشن یا خاموش نگه داشت. وقتی روی صفحه ترمینال تعدادی از این نقاط را در یک امتداد در کنار هم ردیف کنیم و آنها را روشن نمائیم، یک خط بدست خواهیم آورد. به این ترتیب نقطه به خط، خط به سطح و سطح به حجم تبدیل خواهد شد.

زبانهای سطح بالای کامپیوتر ویژه تصویرسازی، این مرحله ابتدائی تصویرسازی را پشت سر گذاشته‌اند. به طوری که برای کشیدن مثلاً یک خط نیازی نیست « $x$  و  $y$ » تک تک نقاط آن خط را به کامپیوتر بدهیم، بلکه کافیس دستور زیر را (دستور عمومی) بنویسیم:

LINE ( $x_1-y_1, x_2-y_2$ )

اگر به جای مختصات  $x$  و  $y$  مقادیر عددی بگذاریم دستور چنین خواهد بود:

LINE (700-800, 400-420)

این دستور به کامپیوتر می‌گوید اولاً باید یک خط بکشد و در ثانی آن خط با نقطه‌ای که « $x$ » اش 700 و « $y$ » اش 800 است شروع و به نقطه‌ای که « $x$ » اش 400 و « $y$ » اش 420 است ختم شود. کامپیوتر این دو نقطه را بر صفحه ترمینال می‌یابد و بقیه نقاط بین آن دو نقطه را طبق محاسبه به هم وصل و آنها را روشن می‌نماید و در نتیجه خطی روی صفحه رسم می‌شود.

دقت تصویرسازی کامپیوتر دیجیتال نیز ناشی از همین کنترل دقیق تمام نقاط صفحه ترمینال است. یعنی می‌توان تصویری ساخت و نقطه به نقطه و خط به خط آن را تغییر داد و اصلاح کرد. چنین وقتی در هیچ ابزار دیگری وجود ندارد. این تغییر و اصلاح یا به عبارت دیگر روش‌های

پردازش تصویر، در نظر اول دشوار و وقت‌گیر می‌نماید اما برنامه‌های اصلی کامپیوتر این تغییر و تبدیل را به آسانی و با اندکی تغییر در چند رقم یا چند پارامتر ممکن می‌سازند. برای مثال می‌توان تصاویر مختلفی داشت که اسکلت یا «تصویر مبنای» آنها یکی باشد. در این روش با تنوع خطوط می‌توان شکل‌های مختلفی داشت. در واقع، تنوع شکل‌هایی که از این طریق حاصل می‌شوند فقط و فقط با تعداد خطوط وصل‌کننده حاصل می‌شود. این تغییر با استفاده از یک دستگاه ارتباطی - فرضاً قلم نوری - به آسانی امکان‌پذیر است.

کامپیوتر می‌تواند در کمتر از دهم ثانیه تعداد زیادی نقطه و خط را به کمک اشعه الکترونیکی، همزمان روی صفحه ترمینال نقاشی کند. این نشانگر سرعت کامپیوتر در مقایسه با دست انسان است. از طرف دیگر چون کامپیوتر آدرس دقیق، یعنی « $x$  و  $y$ » هر نقطه را در حافظه دارد و در صورت نیاز قادر است بخشی از یا تمام تصویر را نمایش دهد، یا طبق دستورالعمل‌های کاربر تغییراتی در آن ایجاد کند، تصاویر قابل تکثیرند.

## د- روش‌های تغییر، پردازش و اصلاح تصویر

از مشخصات تولید تصویر کامپیوتری چگونگی ورود اطلاعات یا ورود برنامه کامپیوتری به ماشین است. چند روش برای این کار وجود دارد که خود اغلب راه‌های تغییر و پردازش تصویر را بدست می‌دهند:

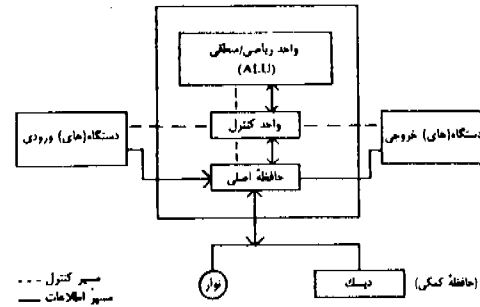
- 1- نخست فرض بر آن است که هیچ تصویری در کامپیوتر موجود نیست، و کاربر اطلاعات تصویر خاصی را با کمک فرمول‌های ریاضی به کامپیوتر می‌دهد کاربر جهت وارد کردن این اطلاعات از کارت منگنه‌شده یا از وسایل ارتباطی دیگر مثل قلم نوری یا صفحه مخصوص کلیدهای الفبا و اعداد استفاده می‌کند. پردازش اولیه این تصاویر یا به عبارت دیگر تغییر و اصلاح در اسکلت تصویر، با تغییر پارامترهای فرمول‌های ریاضی مربوط به آن تصویر، ممکن می‌شود. همینطور تصاویر دوبعدی که اغلب شکل هندسی دارند را می‌توان با برنامه‌های از پیش

مشخص شده‌ای به نام الگوریتم - فرضاً - حول یک محور چرخاند تا نمای دیگری از آن به دست آید. یا به کمک همین الگوریتم‌ها می‌توان از این تصاویر دوبعدی به نسخه‌های سه‌بعدی آنها دست یافت.

2- دوربین خاصی تصویرهای مورد نظر کاربر را «می‌بیند» و به تناسب تاریکی و روشنی صحنه، تصویر را به میلیونها نقطه روشن و تاریک تجزیه می‌کند، موقعیت هر کدام را معین می‌سازد و به کامپیوتر می‌دهد. برای این کار طیفی رنگی که به نسبت روشنایی و تاریکی شماربندی شده مینا قرار می‌گیرد. به منتعاعلیه روشنایی، مثلاً شمارهٔ صفر و منتعاعلیه تاریکی عدد 16 اختصاص می‌یابد. حال دوربین با «دیدن» تصویر آن را - فرضاً به  $800$  مربع کوچک تقسیم می‌کند و برحسب شدت روشنایی یکی از اعداد هفده‌گانه - از صفر تا 16 - را به آن مربع خاص تخصیص می‌دهد. این مجموعهٔ اطلاعات  $800$  تائی که به وسیلهٔ دوربین به کامپیوتر داده می‌شود، در واقع تصویر دیجیتالی تصویر واقعی است. برای اینکه آن تصویر بر صفحه ترمینال نقش بندد، کافی است کامپیوتر  $800$  مربع را به نسبت شدت روشنایی معین شده با اعداد هفده‌گانه مذکور محاسبه و بر صفحه ترمینال نمایش دهد. اگر از نزدیک به این تصویر نگاه کنیم مجموعه‌ای از مربع‌های تاریک و روشن جدا از هم خواهیم دید که با تصویر اصلی شباهتی ندارند. اما اگر از صفحه ترمینال فاصله بگیریم اتفاق جالبی رخ خواهد داد: مربع‌های کوچک جدا از هم، ترکیب می‌شوند و بار دیگر تصویر اولیه روی پرده پدیدار خواهد شد. این امر یادآور نقاشی‌های امپرسیونیستی است که از نزدیک چیزی جز لکه‌های رنگی به نظر نمی‌رسند. اما با فاصله گرفتن از تابلو، ذهن ما قادر است تصویر روشن‌تری از ترکیب اثرات قلم مو حاصل کند.

پس از آنکه این تصویرها به کامپیوتر داده شد، می‌توان آنها را طبق شرایط خاصی، با ورود اطلاعات اضافی تغییر داد یا پرداخت کرد و صورت اولیه آنها را به کلی دگرگون کرد.

برای تولید تصویر روش‌های دیگری نیز وجود دارد که اغلب ترکیبی از روش فوق



است. یکی از نمونه‌های پردازش تصویر، پردازش تصاویری است که فضانوردان از قضا یا کره ماه به زمین فرستاده‌اند. این تصویرها پس از طی میلیونها کیلومتر مسافت، به زمین می‌رسند و در این مسیر «اغتشاش (noise)» زیادی به خود می‌گیرند. در نتیجه تصویر بسیار واضح اولیه به تصویر نسبتاً تار و محو تبدیل می‌شود. این تصویرها باید از اغتشاش پالوده شوند تا قابل رؤیت و بررسی گردند. نمونه‌های دیگر این نوع پردازش تصویر در علوم مختلف از جمله علوم پزشکی، روانشناسی، فیزیک و شیمی به چشم می‌خورد.

روش بعدی دست‌یابی به تصویر رنگی و ایجاد آن روی فیلم است نه روی صفحه ترمینال. کامپیوتر تصویر را به صورت سیاه و سفید تولید می‌کند ولی تصویر رنگی روی فیلم نقش می‌بندد. از تصویر روی صفحه ترمینال سه بار و هر بار با فیلتری از رنگهای اصلی، یعنی سبز و قرمز و آبی، بدون تغییر قاب، عکس گرفته می‌شود. و در نتیجه ترکیب رنگها، تصویری رنگی از تصویر اولیه حاصل خواهد شد.

هم اکنون برای بازسازی نقاشی‌های باستانی رو به نابودی و رنگی کردن تصاویر سیاه و سفید یا برعکس تلفیقی از روش‌های فوق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای تهیه اسلاید و عکس از این تصاویر الکترونیکی، خیلی ساده باید دوربین را در مقابل صفحه ترمینال قرار داد و از آن عکس گرفت. به این منظور می‌توان از فیلم‌های معمولی سیاه و سفید برای تصاویر سیاه و سفید، از فیلم‌های رنگی «اکتاکالر» برای تصاویر رنگی و از فیلم‌های «اکتاکریم» برای تهیه اسلاید استفاده کرد. در صورتی که فیلم‌های مخصوص عکس برداری از صفحه ترمینال در اختیار باشد، نتایج مطلوبتری به

دست خواهد آمد.

در حین عکس برداری از صفحه ترمینال دو نکته را باید در نظر داشت. یکی مشخصه‌های فسفر اندود شده بر پشت صفحه ترمینال و دیگری تعداد دفعات تکرار تصویر در واحد زمان (ثانیه) است. خاصیت فسفرهای اندود شده آن است که در اثر بمباران الکترونی می‌درخشند. این درخشندگی، عمر معینی دارد و به سرعت محو می‌گردد. لذا در حین عکس گرفتن از صفحه ترمینال باید متوجه سرعت میراثی تصویر روی فسفر صفحه بود.

ضریب تجدید تصویر - دفعات تکرار تصویر در واحد زمان - چه در ترمینالی که مجهز به سیستم دسترسی تصادفی باشد و چه ترمینالی که سیستم جاروب کردن تصویر را به کار می‌برد، تقریباً یکی است. و در هر دو مورد فقط در صورتی می‌توان عکس بی‌نقصی گرفت که سرعت باز و بسته شدن شاتر دوربین تقریباً مساوی سرعت تکرار تصویر باشد. سرعت کمتر از ۱/۵ ثانیه هر دو شرط فوق را برآورده خواهد کرد.

## هـ - حرکت تصاویر در کامپیوتر

برای به حرکت درآوردن تصاویر، کامپیوتر حالات متوالی یک تصویر را به دفعات - هر چند بار که دلخواه کاربر باشد - محاسبه می‌کند و محل تصویر را به اندازه‌ای که کاربر مشخص کرده تغییر می‌دهد و آن را بر صفحه ترمینال منعکس می‌سازد. اگر این تعویض مکان در راستای یک خط افقی صورت گیرد و سرعت محاسبه کامپیوتر و انعکاس آن بر صفحه ترمینال بیش از دوام تصویر در چشم انسان باشد، به نظر خواهد رسید که موضوع از چپ به راست یا برعکس حرکت می‌کند. براین اساس، کامپیوتر تصاویر را جان می‌بخشد. خلق حرکت‌هایی، معادل حرکت‌های دوربین - حرکت‌های زوم این و زوم یک یا دالی این و دالی اوت - در تصویرسازی کامپیوتری امکانپذیر است. همینطور می‌توان جلوه‌های ویژه‌ای چون دوران تصویر حول محوری خاص، له شدن تصاویر، لوله شدن تصاویر و... را به کمک الگوریتم‌های مخصوص توسط کامپیوتر

محاسبه کرد و روی صفحه ترمینال نمایش داد. هرچه خواسته کاربر پیچیده‌تر باشد، کامپیوتر زمان بیشتری برای محاسبه لازم خواهد داشت، از این رو تنها زمانی حرکات به حرکت طبیعی شباهت بیشتری خواهند داشت که زمان لازم برای محاسبه و نمایش متوالی تصاویر کمتر از دوام و ثبات تصویر در چشم انسان باشد. (کمتر از ۱/۱۰ ثانیه). در غیر این صورت تداوم حرکت وجود نخواهد داشت.

## و- ضبط و ثبت تصاویر متحرک

تصاویر تولید شده کامپیوتر را به دوروش «ضبط روی فیلم» و «ضبط برنوار مغناطیسی» می‌توان ثبت کرد.

روش اول - فیلم برداری از تصاویر کامپیوتری پیچیده‌تر از عکس برداری آن‌ها است. چرا که دوربین فیلم برداری باید مثل یکی از وسایل ارتباطی - قلم نوری یا دستگاه‌های جنبی: کارت خوان، دستگاه چاپ، ترمینال و دیسک مغناطیسی<sup>(۲)</sup> - به کامپیوتر وصل شود و تحت فرمان «واحد پردازش مرکزی» (CPU) قرار گیرد. در نتیجه وجود دستگاه واسطه‌ای که نقش مترجم بین کامپیوتر و دوربین را به عهده دارد، لازم است. نام این دستگاه، دستگاه پیوند دهنده (interface) است.

شیوه فیلم برداری در واقع همان روش فیلم برداری فیلم انیمیشن است: نمایش تصاویر متوالی که هر یک اندک تفاوتی با قبلی و بعدی دارد و ثبت آن بر فیلم. کامپیوتر پیش از نمایش تصویر بر صفحه ترمینال، x و y و مختصات دیگر تصویر را محاسبه می‌کند، دیافراگم دوربین را به اندازه کافی باز نگه می‌دارد، بعد تصویر را مدت زمان معینی نشان می‌دهد، در نتیجه تصویر روی فیلم ثبت می‌شود. آنگاه کامپیوتر را تصویر را از صفحه ترمینال پاک می‌کند، دیافراگم را می‌بندد و فیلم را یک قاب به جلو می‌راند. تصویر بعدی را با در نظر داشتن تفاوت اندک، محاسبه و بر صفحه ترمینال منعکس می‌کند و دیافراگم را برای ثبت تصویر بعدی باز نگه می‌دارد و الخ. و به این ترتیب تصاویر موضوعی در حالات و مکانهای مختلف بر فیلم ثبت خواهد شد. پس از ظهور و چاپ

این فیلم و نمایش آن با سرعت معمولی (۲۴ قاب در ثانیه) تصویرهای ثابت، متحرک به نظر می‌رسند.

اجرای این سلسله امور به سخت افزار و مهمتر از آن به نرم افزار خاصی نیاز دارد. زبان قراردادی معینی باید داشت که به واسطه آن بتوان به کامپیوتر دستور داد چه اندازه دیافراگم دوربین را باز نگه دارد، چه مدت تصویر را نشان دهد، چند عکس از تصویر بردارد، چگونه و با چه سرعتی این تصویر را عوض کند، حرکت‌های پیش‌زمینه و پس‌زمینه موضوع اصلی یا حرکت تصویرهای مختلف را در یک نمای واحد، چگونه تنظیم کند. این زبان، باید همه این فعالیت‌ها را به طرز ساده و قابل درکی برای کامپیوتر و کاربر، بیان کند.

کاربرد کامپیوتر در ساختن فیلم‌های نقاشی متحرک بسیاری از مشکلات این نوع فیلمسازی سنتی از جمله صرف وقت زیاد، خستگی ناشی از کشیدن تصاویر تکراری، هزینه گزاف زحمت‌های طاقت‌فرسا را از میان برداشته است. شاید یکی از اشکالات عمده ساختن نقاشی متحرک کامپیوتری عدم مهارت فیلمسازان در حیطه تکنیکی کامپیوتر، و ترس آنها از قرار گرفتن در قید و بندهای جدید باشد. زیرا برای فیلمسازی با کامپیوتر، فیلمساز باید تکنسین هم باشد تا بتواند از این وسایل فنی استفاده کند.

ساختن نقاشی متحرک با کامپیوتر قیاسی (ANALOGUE) نیز امکان‌پذیر است. این کامپیوترها برخلاف کامپیوترهای دیجیتال به جای نرم افزارهای پیچیده، به سخت افزارهای مخصوص تصویرسازی مجهزند. برای ایجاد حرکتی در تصویر، سوئیچ معینی را باید فشرد. از این رو تصویرسازی و پردازش آن توسط کامپیوتر قیاسی وقت کمتری خواهد برد و کاربر زحمت کمتری متحمل خواهد شد. اما به علت محدودیت‌های دستگاه سخت افزار و عدم امکان تغییر مدار آن - برخلاف کامپیوتر دیجیتال که به راحتی می‌توان برنامه‌ها را تغییر داد - فقط تصاویر ویژه‌ای خواهد ساخت.

انعطاف‌پذیری اولی و سرعت دومی از محاسن این دو نظام کامپیوتر است. این دو حسن یک جا جمع شده و کامپیوتر «ایبری» - سلف کامپیوترهایی که هم‌اکنون در این

زمینه به کار می‌رود - را پایه‌ریزی کرده است.

برای ثبت و ضبط تصاویر کامپیوترهای قیاسی کافی است دوربینی در مقابل ترمینال این کامپیوتر قرار داد، از تصاویر فیلم گرفت و برخلاف کامپیوترهای دیجیتال به سخت افزار و نرم افزارهای پیچیده‌ای چون دستگاه «پیونددهنده» نیاز نداشت. روش دوم - ضبط تصاویر تولیدشده کامپیوترهای دیجیتال، روی نوار مغناطیسی تلویزیونی چندان آسان نیست؛ زیرا این دو سیستم براساس اصولی نامتجانس استوارند. کامپیوتر دیجیتال برنظام دوتائی مبتنی و کار آن جزء به جزء و گسسته است حال آنکه تلویزیون مجهز به سیستمی مبتنی بر اصول پیوسته و آنالوگ است.

تصاویر تولیدشده کامپیوتر دیجیتال را با استفاده از دوربین تلویزیونی - به همان شیوه‌ای که در مورد فیلمبرداری ذکر شد - می‌توان تصویربرداری کرد. اما راه بهتر و سریع‌تر آن، استفاده از دستگاهی به نام تبدیل‌کننده سطرهای تلویزیونی است. در این روش احتیاجی به تصویربرداری دوربین نیست؛ بلکه سیگنال‌های کامپیوتر به این دستگاه فرستاده می‌شوند و از این طریق به سیگنال‌های تلویزیونی تبدیل می‌شوند و قابلیت ضبط روی نوارهای مغناطیسی تلویزیونی می‌یابند.

در کامپیوترهای قیاسی و کامپیوترهایی از نوع ایبری، تصاویر تولیدشده را به آسانی می‌توان با دستگاه ضبط تلویزیونی ضبط کرد. زیرا سیستم این کامپیوترها و سیستم الکترونیکی تلویزیون کاملاً متجانس و هماهنگ است.

## یادداشت‌ها:

### ۱- مدل‌سازی یا شبیه‌سازی (Simulation)

با استفاده از کامپیوتر می‌توان بسیاری از پدیده‌ها و اعمال انسانی را شبیه‌سازی یا مدل‌سازی کرد. برای مثال رفت و آمد ماشین‌ها، کار یک اداره، اعمال یک فرد، حرکت هواپیما، حرکت موتور یک ماشین، ساخت یک ساختمان و... را با استفاده از اطلاعات واقعی کسب شده از آن پدیده‌ها یا

اطلاعاتی که در تئوری موجود است مجازاً بوجود آورد به عبارتی آنها را مدل‌سازی کرد. سپس با تغییر پارامترهای مؤثر وضعیت و حالات پدیده را بررسی و نتیجه‌گیری کرد.

### ۲- سخت افزار (HARD WARE)

دستگاههای فیزیکی کامپیوتر را سخت افزار می‌نامند. برای مثال، صفحه کلید، صفحه نمایش، دستگاههای دیسک‌ران، حافظه، سیم‌های ارتباطی و مدارهای الکترونیکی داخل کامپیوتر جزو سخت افزار محسوب می‌شوند.

### ۳- نرم افزار (SOFT WARE)

مجموعه روش‌ها و عملیات دادن فرمان به کامپیوتر و خود فرمان‌ها و نیز اطلاعات پردازش شونده را نرم افزار گویند. زبان‌های برنامه‌سازی، سیستم‌های عامل، برنامه‌ها و اطلاعات گوناگون قابل ذخیره و پردازش و امثال آنها نرم افزار محسوب می‌شوند.

### ۴- زبان‌های کامپیوتر

کامپیوتر چیزی جز ترکیب‌های مختلف O و 1 را نمی‌شناسد. مجموعه قواعدی را که برای ایجاد (ارتباط با کامپیوتر به وسیله O ها و 1 ها به کار می‌روند، زبان ماشین می‌نامند. چون به کار بردن ترکیب‌هایی از O ها و 1 ها به عنوان رمزها، برای انسان مشکل است، از نام‌های نصابی استفاده می‌شود. برای این منظور زبانی به نام اسمبلی (Assembly) وجود دارد که نزدیکترین زبان به زبان ماشین است. زبان‌های برنامه‌سازی به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف: زبان‌های سطح پایین - که به زبان ماشین نزدیک هستند.

ب: زبان‌های سطح بالا - که به زبان انسان نزدیک هستند. علت این امر استفاده راحت‌تر از کامپیوتر برای انسان است. اما برای فهم زبان‌های سطح بالا به مترجمی بین ما و کامپیوتر احتیاج است که به آنها کامپایلر یا تفسیرکننده (Compiler) می‌گویند و وظیفه اینها ترجمه برنامه‌های ما است به زبان ماشین. نمونه زبان‌های سطح بالا، فرترن، PL1، کوپول و... است.

### ۵- دستگاههای ورودی و خروجی

این دستگاهها تبادل اطلاعات بین انسان و کامپیوتر را ممکن می‌سازند. دستگاههای ورودی کامپیوتر مانند صفحه کلید و دستگاههای خروجی مانند چاپگرها، و دستگاههای ورودی/خروجی که هردو کاربرد را به عهده دارند، مانند کارت خون و مَدَم (modem)

### ۶- دیسک (DISC)

حافظه کمکی در کامپیوترها است و انواع مختلف دارد. دیسک سخت، دیسک فلاپی و دیسک نوری یا لیزری.

### ۷- ساختمان کامپیوتر

کامپیوتر از چهار قسمت اساسی تشکیل شده است: دستگاههای ورودی، دستگاههای خروجی، واحد پردازش مرکزی (CPU) و حافظه کمکی.