آموزش گام‌به‌گام برنامه‌نویسی گرافیک در پایتون

تألیف:

دکتر رمضان عباس نژاد ورزی

فن‌آوری نوین

سرشناسه	:	عباس‌نژاد ورزی، رمضان، ۱۳۴۸ -
عنوان و نام پدیدآور	:	آموزش گام‌به‌گام برنامه‌نویسی گرافیک در پایتون / تألیف رمضان عباس‌نژاد ورزی.
مشخصات نشر	:	بابل: فناوری نوین، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	:	۱۵۲ ص.: مصور ،جدول.
شابک	:	۳۲۰۰۰۰ریال: 978-600-7272-34-3
وضعیت فهرست‌نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	کتابنامه: ص. ۱۵۲.
موضوع	:	پایتون (زبان برنامه‌نویسی کامپیوتر)
موضوع	:	Python (Computer program language)
موضوع	:	گرافیک کامپیوتری
موضوع	:	Computer graphics
رده بندی کنگره	:	QA76/73
رده بندی دیویی	:	005/133
شماره کتابشناسی ملی	:	5811284

www.fanavarienovin.net

فن‌آوری نوین بابل، کد پستی ۴۷۱۶۷-۷۳۴۴۸ تلفن: ۳۲۲۵۶۶۸۷-۰۱۱

آموزش گام‌به‌گام برنامه‌نویسی گرافیک در پایتون

تألیف: رمضان عباس نژاد ورزی

نوبت چاپ: چاپ اول

سال چاپ: تابستان ۱۳۹۸

شمارگان: ۲۰۰

قیمت: ۳۲۰۰۰ تومان

نام چاپخانه و صحافی: دفتر فنی سورنا

شابک: 978-600-7272-34-3

نشانی ناشر: بابل، چهارراه نواب، کاظم بیگی، جنب مسجد منصور کاظم بیگی، طبقه اول

طراح جلد: کانون آگهی و تبلیغات آبان (احمد فرجی)

تهران، خ اردیبهشت، نبش وحید نظری، پلاک ۱۴۲ تلفکس: ۶۶۴۰۰۱۴۴-۶۶۴۰۰۲۲۰

فهرست مطالب

فصل اول: آشنایی با گرافیک رایانه‌ای و کاربردهای آن ۷

۱-۱. نمودارها.....۷

۱-۲. طراحی به کمک رایانه.....۷

۱-۳. سرگرمی ۹

۱-۴. واسط گرفیکی کاربر..... ۱۰

۱-۵. محیط‌های واقعیت مجازی..... ۱۰

۱-۶. بصری‌سازی..... ۱۱

۱-۷. هنر رایانه‌ای..... ۱۲

۱-۷. آموزش..... ۱۳

۱-۸. پردازش تصویر..... ۱۴

۱-۹. پزشکی..... ۱۴

فصل دوم: سیستم‌های گرافیکی ۱۵

۲-۱. تکنولوژی و دستگاه‌های خروجی گرافیکی.....۱۵

۲-۱-۱. تکنولوژی‌های خروجی گرافیکی.....۱۵

۲-۱-۲. دستگاه‌های خروجی گرافیکی ۲۰

۲-۲. دستگاه‌های ورودی گرافیکی ۳۴

۲-۳. نرم افزارهای گرافیکی..... ۳۷

۲-۳-۱. استانداردها و کتابخانه‌های گرافیکی... ۳۷

۲-۳-۲. نرم افزارهای کاربردی گرافیکی..... ۳۸

فصل سوم: بسته Turtle ۴۰

۲-۱. بسته turtle..... ۴۰

۲-۲. متدهای turtle..... ۴۰

فصل چهارم: ماژول Canvas ۷۳

۴-۱. سیستم مختصات ۷۳

۴-۲. کنترل Canvas..... ۷۴

۴-۲-۱. خواص کنترل Canvas..... ۷۴

۴-۲-۲. مختصات Canvas..... ۷۵

۴-۲-۳. لیست نمایش Canvas..... ۷۵

۴-۲-۴. IDهای شیء Canvas..... ۷۵

۴-۲-۵. تگ‌های Canvas..... ۷۵

۴-۲-۶. پارامتر tagOrID در Canvas ۷۶

۴-۲-۷. متدهای کنترل Canvas..... ۷۶

۴-۳. رسم خط..... ۸۲

۴-۴. رسم مستطیل..... ۸۶

۴-۵. رسم بیضی یا دایره..... ۸۷

۴-۶. رسم قطاع..... ۸۸

۴-۷. رسم چندضلعی..... ۸۸

۴-۸. نوشتن متن در canvas..... ۹۱

۴-۹. اشیا بیت مپ در canvas..... ۹۵

فصل پنجم: ماژول Graphics ۹۷

۵-۱. ماژول Graphics..... ۹۷

۵-۲. اشیای ماژول graphics..... ۹۷

۵-۲-۱. شیء GraphWin..... ۹۷

۵-۲-۲. اشیای دیگر ۱۰۰

۵-۲-۳. کلاس Point ۱۰۱

۵-۲-۴. کلاس Line ۱۰۳

۵-۲-۵. کلاس Circle ۱۰۵
۶-۲-۵. کلاس Rectangle ۱۰۷
۷-۲-۵. کلاس Oval ۱۱۰
۸-۲-۵. کلاس Polygon ۱۱۷
۹-۲-۵. کلاس Text ۱۱۸
۱۰-۲-۵. کلاس Entry ۱۲۲
۱۱-۲-۵. تولید رنگ ۱۲۵
۱۲-۲-۵. کلاس Image ۱۲۷

فصل ششم: کتاب‌خانه matplotlib و رسم نمودارها ۱۳۰

۱-۶. مصورسازی ۱۳۰
۱-۱-۶. کتابخانه matplotlib ۱۳۰
۲-۱-۶. کتابخانه seaborn ۱۳۰
۳-۱-۶. کتابخانه ggplot ۱۳۰
۴-۱-۶. کتابخانه bokeh ۱۳۰
۵-۱-۶. کتابخانه pygal ۱۳۱
۶-۱-۶. کتابخانه plotly ۱۳۱
۷-۱-۶. کتابخانه geoplotlib ۱۳۱
۸-۱-۶. کتابخانه gleam ۱۳۱
۹-۱-۶. کتابخانه missingno ۱۳۱
۱۰-۱-۶. کتابخانه leather ۱۳۱
۲-٦. رسم نمودار و مصورسازی داده‌ها در پایتون با استفاده از matplotlib
..... ۱۳۲
۳-۶. نصب matplotlib ۱۳۳
۴-۶. رسم نمودار با استفاده از matplotlib ۱۳۳
۱-۴-۶. نمودارهای خطی ۱۳۳
۲-۴-۶. نمودارهای پراکندگی ۱۳۵
۳-۴-۶. نمودارهای میله‌ای ۱۳۶
۴-۴-۶. نمودارهای هیستوگرام ۱۳۷
۵-۴-۶. نمودارهای دایره‌ای ۱۳۷
۶-۴-۶. رسم فراکتال مندل برات در پایتون ۱۳۸
۵-۶. آموزش گام‌به‌گام نمودارها ۱۴۰
۶-۶. انتخاب رنگ ۱۴۵
۷-۶. شبکه‌بندی نمودارها ۱۴۸
۸-۶. رسم نمودارهای دوره‌ای ۱۴۹

منابع: ۱۵۲

مقدمه

زبان برنامه‌نویسی پایتون کاربردهای مختلفی دارد. از طریق این زبان می‌توانید برنامه‌های تحت کنسول، برنامه‌های تحت ویندوز (دسک‌تاپی)، برنامه‌های تحت وب، برنامه‌های کار با بانک اطلاعاتی، برنامه‌های تحت شبکه و غیره را پیاده‌سازی نمایید. پایتون برای پیاده‌سازی این برنامه‌ها از کتابخانه‌های مختلفی بهره می‌برد. در این کتاب به مطالعه این کتاب‌خانه‌ها و چگونگی استفاده از آن‌ها در برنامه‌نویسی گرافیک می‌پردازیم. قبل از مطالعه این کتاب باید مقدمات برنامه‌نویسی پایتون را یاد بگیرید. برای این منظور می‌توانید دو کتاب به نام‌های **آموزش گام‌به‌گام برنامه‌نویسی پایتون** و **حل مسائل پایتون** از همین انتشارات را مطالعه کنید.

کتاب حاضر شامل ۵ فصل و یک پیوست الکترونیکی است.

فصل اول، آشنایی با گرافیک رایانه‌ای و کاربردهای آن را بیان می‌کند. **فصل دوم،** به سیستم‌های گرافیکی می‌پردازد. **فصل سوم،** ماژول Turtle را برای انجام نقاشی مورد بررسی قرار می‌دهد. **فصل چهارم،** مباحث ماژول Canvas (برای رسم اشکال گرافیکی مختلف و نمایش تصاویر) را آموزش می‌دهد. **فصل پنجم،** ماژول Graphices (برای رسم اشکال گرافیکی مختلف و نمایش تصاویر) را به طور کامل بررسی می‌کند.

امیدواریم این کتاب نیز مورد استقبال اساتید و دانشجویان رشته‌های مختلف که زبان پایتون را مطالعه می‌کنند، قرار گیرد.

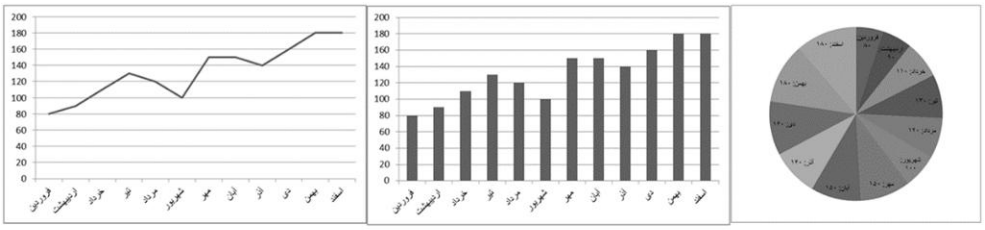
مولفین
fanavarienovin@gmail.com

فصل ۱ آشنایی با گرافیک رایانه‌ای و کاربردهای آن

گرافیک رایانه‌ای، گرافیکی است که توسط رایانه ایجاد شده است. به طور کلی نمایش و دستکاری داده-های تصویر با استفاده از رایانه و به وسیله نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای ویژه، گرافیک رایانه‌ای نامیده می‌شود. امروزه کاربرد گرافیک‌های رایانه‌ای را در محیط‌های گوناگونی مثل : علوم، مهندسی، پزشکی، تجارت، صنعت، دولت، هنر، سرگرمی، تبلیغ(آگهی)، آموزش و پرورش و ... می‌بینیم. قبل از این که به جزئیات پیاده سازی گرافیک‌های رایانه‌ای بپردازیم، ابتدا مختصراً به کاربردهای گرافیک می‌پردازیم.

۱-۱. نمودارها

از اولین کاربردهای گرافیک رایانه‌ای استفاده از نمودارها[۱] برای خلاصه‌سازی داده‌های آماری، مالی، علمی، ریاضی و مهندسی بوده است. نمودارها کاربردهای متنوعی دارند. برخی از این کاربردها عبارت‌اند از: نمودارهایی برای مدیریت پروژه مثل نمودار گانت و نمودار پرت، نمودارهای سازمانی، شجره‌نامه‌های خانوادگی، نمودارهای جریانی[۲]، نمودارهای آبشاری و کاربردهای دیگر. شکل ۱ – ۱ انواع نمودارهای دو بعدی نظیر نمودارهای خطی، نمودارهای میله‌ای و نمودارهای دایره‌ای را نمایش می‌دهد.



نمودار دایره‌ای نمودار میله‌ای نمودار خطی

شکل ۱ – ۱ انواع نمودارهای دوبعدی.

۱-۲. طراحی به کمک رایانه

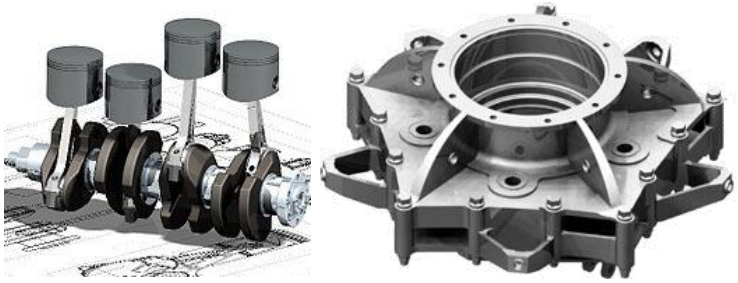
طراحی به کمک رایانه (CAD[۳]) به معنی استفاده از رایانه در فرآیندهای طراحی است که از کاربردهای اصلی گرافیک رایانه‌ای است، به خصوص برای سیستم‌های مهندسی و معماری. تقریباً امروزه تمام محصولات به وسیله رایانه طراحی می‌شوند. شکل‌های ۲ – ۱، ۳ – ۱، ۴ – ۱ و ۵ – ۱ به ترتیب کاربرد طراحی را در رایانه، صنعت، ساختمان و طراحی مد و لباس نشان می‌دهند.

---

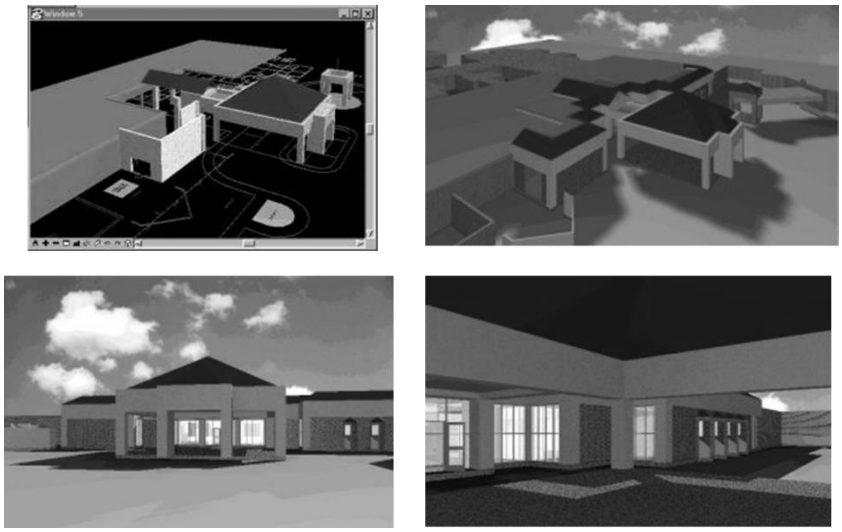
۱. Charts ۲. Flow Charts ۳. Computer Aided Design

بسته‌های نرم‌افزاری برای طراحی ساختمان، اتومبیل، زیردریایی، هواپیما، سفینه‌های فضایی، رایانه، قطعات صنعتی مانند چرخ دنده، پارچه و بسیاری از محصولات دیگر استفاده می‌شوند.

شکل ۲ – ۱ کاربرد رایانه در طراحی قطعات رایانه‌ای.

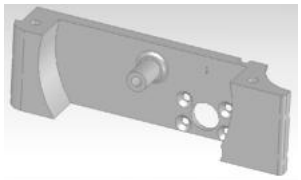


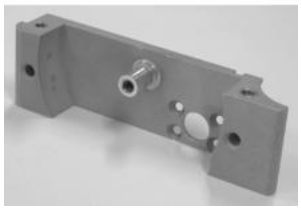
شکل ۳ – ۱ کاربرد رایانه در طراحی قطعات صنعتی



شکل ۴ – ۱ کاربرد رایانه در طراحی ساختمان.

شکل ۵ – ۱ کاربرد رایانه در طراحی مد و لباس.





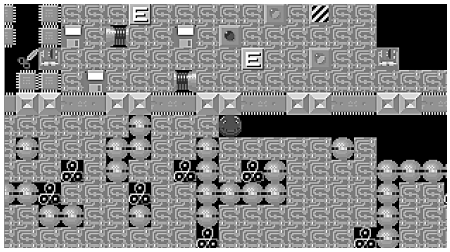
همچنین بسته‌های نرم‌افزاری برای ساخت به کمک رایانه (CAM[1]) وجود دارند که از آن‌ها برای کنترل ماشین آلات و دستگاه‌های ساخت استفاده می‌شود. هدف اصلی، تسریع در فرآیند تولید قطعات ایجاد قطعات با دقت بالا کاهش دور ریز مواد مصرفی و کاهش انرژی مصرفی است. تصاویر نشان داده شده در شکل ۶-۱ یک قطعه طراحی شده توسط رایانه قطعه ساخته شده توسط از روی طراحی ماشین را نشان می‌دهد.

شکل ۶ -۱ قطعه طراحی شده و ساخته شده.

۳-۱. سرگرمی

یک جنبه سرگرمی استفاده از گرافیک رایانه‌ای در فیلم‌های سینمایی است. استفاده از گرافیک رایانه‌ای در فیلم‌های سینمایی هر روز گسترده‌تر می‌شود. در برخی فیلم‌ها از گرافیک رایانه‌ای برای تولید جلوه‌های ویژه استفاده می‌شود. در برخی دیگر از فیلم‌ها از گرافیک رایانه‌ای برای خلق شخصیت‌های کارتونی استفاده می‌شود که با هنرمندان واقعی بازی می‌کنند. همچنین می‌توان از انیمیشن‌های رایانه‌ای نام برد که به طور کامل توسط رایانه ایجاد می‌شوند. جنبه دیگر سرگرمی بازی‌های رایانه‌ای هستند. از اولین بازی‌های رایانه‌ای که محیطی دوبعدی داشتند تا بازی‌های امروزی که در محیط‌های سه‌بعدی انجام می‌شوند، همگی از گرافیک رایانه‌ای استفاده کرده‌اند. شکل‌های ۷ – ۱، ۸ – ۱، ۹ - ۱ و ۱۰ – ۱ نمونه‌های از کاربرد گرافیک رایانه‌ای در سرگرمی را نشان می‌دهند.

شکل ۷ - ۱صحنه‌ای از فیلم انیمیشن داستان اسباب‌بازی‌ها. **شکل ۸ – ۱ صحنه‌ای از فیلم Eragon.**



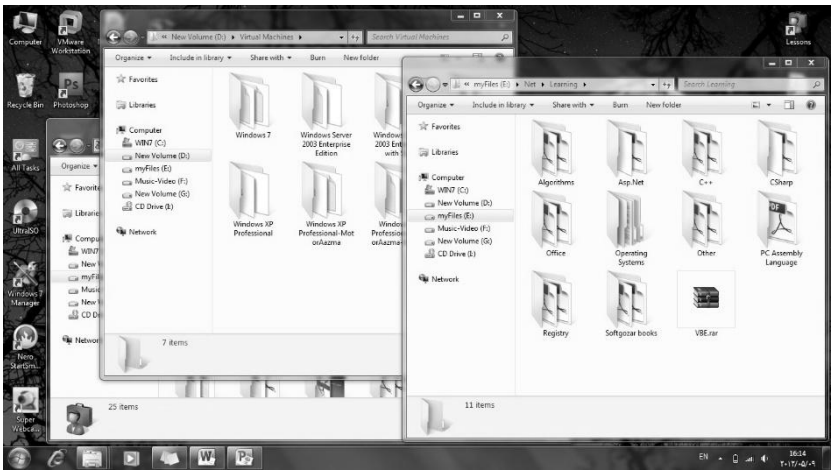
شکل ۹ – ۱ تصویری از بازی Supaplex. **شکل ۱۰ – ۱ صحنه‌ای از بازی رایانه ای ۳ Gran Turismo.**

[1]. Computer Aided Manufacturing

۱–۴. واسط گرافیکی کاربر

امروزه از واسط گرافیکی کاربر[۱] برای ایجاد ارتباط با سیستم‌ها استفاده می‌شود(شکل ۱۱ – ۱). سیستم عامل‌هایی همچون ویندوز، مکینتاش، سیستم‌عامل‌های تلفن همراه و نرم‌افزارهای کاربردی همگی از واسط گرافیکی برای ارتباط با کاربر استفاده می‌کنند. در این محیط‌ها مفهومی به نام پنجره وجود دارد و پنجره‌ها توسط سیستم عامل مدیریت می‌شوند (شکل‌های ۱۲ – ۱، ۱۳ – ۱ و ۱۴ – ۱). یک ابزار نشانگر مثل ماوس یا قلم نوری و نمادهایی به نام آیکون وجود دارد که کاربر با حرکت نشانگر، انتخاب آیکون مورد نظر و کلیک کردن با سیستم ارتباط برقرار می‌کند.

شکل ۱۱ – ۱ تصویر سیستم Xerox Alto (اولین سیستمی که از رابط گرافیکی کاربر استفاده کرد).



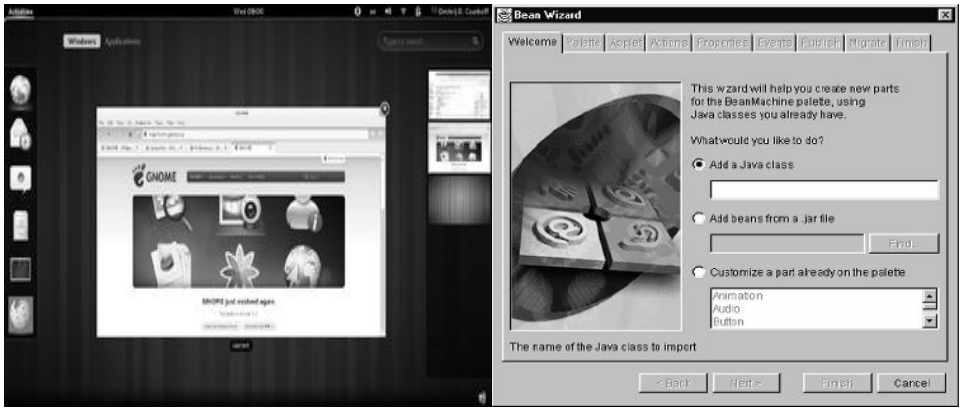
شکل ۱۲ – ۱ نمایی از واسط گرافیکی کاربر و پنجره‌ها در سیستم عامل ویندوز ۷

۱–۵. محیط‌های واقعیت مجازی

یکی از جدیدترین کاربردهای گرافیک رایانه‌ای، ایجاد محیط‌های واقعیت مجازی[۲] است. یعنی، محیط‌های سه‌بعدی که توسط گرافیک رایانه‌ای ایجاد شده‌اند. برای ورود به این محیط‌ها معمولاً از کلاه‌هایی استفاده می‌شود که در قسمت جلوی کلاه یک صفحه نمایش نصب شده است. برای تعامل کاربر با محیط واقعیت مجازی از دستکش‌ها و چکمه‌هایی حاوی سنسور استفاده می‌شود.

---

۱. Graphical User Interface ۲. Virtual Reality Environments



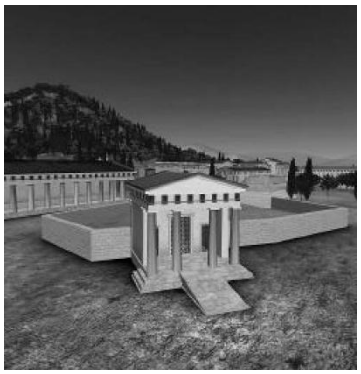
شکل ۱۳ – ۱ نمایی از واسط گرافیکی کاربر در GNOME . شکل ۱۴ – ۱ تصویر نمونه‌ای از یک پنجره.

از محیط‌های واقعیت مجازی برای تست دستگاه‌های مختلف جهت طراحی بهتر، سرگرمی و آموزش استفاده می‌شود. شکل‌های ۱۵ – ۱ و ۱۶ – ۱ نمونه‌هایی از محیط‌های واقعیت مجازی را نشان می‌دهند.

۶–۱. بصری سازی

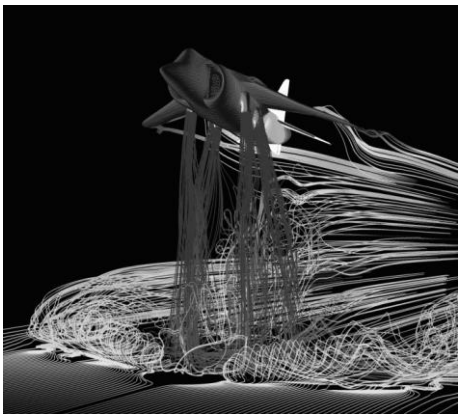
منظور از بصری سازی[۱] نمایش مجموعه وسیعی از داده‌ها در قالب یک شکل گرافیکی است. استفاده از بصری سازی برای نمایش داده‌ها رویداد تازه‌ای نیست و در نقشه‌ها و طرح‌های علمی بالغ بر هزار سال استفاده می‌شده است. بررسی مجموعه وسیعی از داده‌ها برای بررسی نسبت بین آن‌ها فرآیندی زمان‌بر و بی نتیجه است. اما وقتی داده‌ها به صورت بصری تبدیل می‌شوند، نسبت بین آن‌ها مشخص می‌شود. برخی از نمونه‌های بصری سازی را در شکل‌های ۱۷ – ۱ و ۱۸ – ۱ می‌بینید.

شکل ۱۵ – ۱ آموزش استفاده از چتر نجات به پرسنل نیروی دریایی آمریکا با استفاده از محیط واقعیت مجازی.

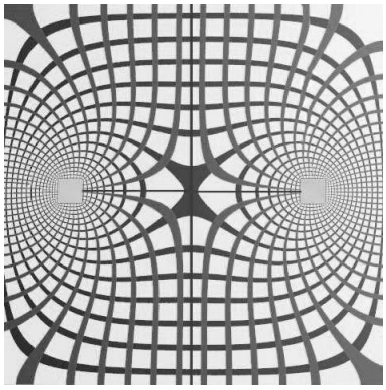


شکل ۱۶ – ۱ تور گردشگری مجازی از مکان‌های تاریخی.

۱. Visualization



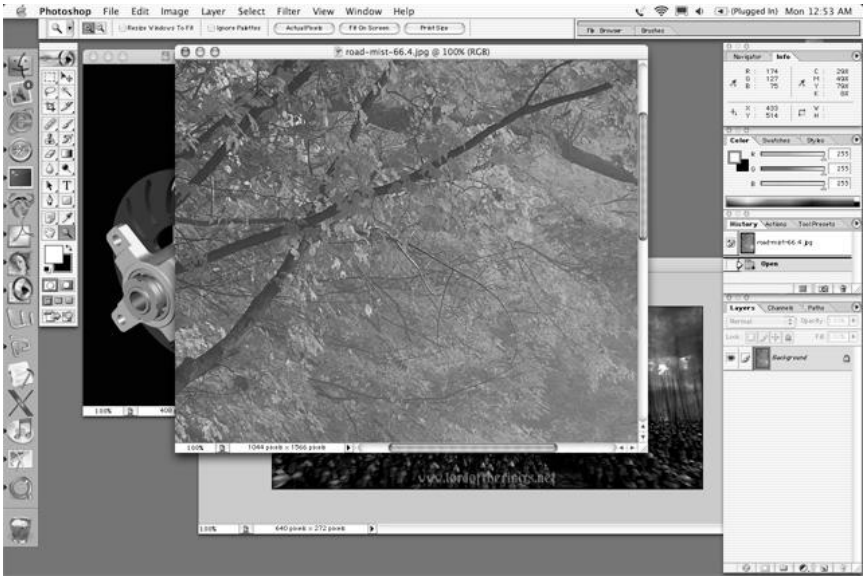
شکل ۱۷ – ۱بصری سازی جریان هوا در اطراف جت **Harrier**.



شکل ۱۸ -۱ بصری سازی میدان الکترومغناطیسی.

۱–۷. هنر رایانه‌ای

منظور از هنر رایانه‌ای[۱]، هنری است که در آن رایانه نقش اصلی را در تولید و نمایش آثار هنری دارد. هنرهای طراحی[۲] و هنرهای زیبا[۳] از روش‌های گرافیک رایانه‌ای استفاده می‌کنند، مانند بسته‌های نرم‌افزاری که از آن‌ها برای تهیه و ویرایش تصاویر گرافیکی استفاده می‌شود. شکل ۱۹ – ۱ تصویری از نرم‌افزار فتوشاپ را نشان می‌دهد که از آن برای تهیه و ویرایش تصاویر استفاده می‌شود. امروزه هنرمندان می‌توانند از ابزارهای متنوع رایانه‌ای استفاده کنند که از آن جمله می‌توان به بسته‌های CAD، انیمیشن و بسته‌های برنامه‌های ریاضی مثل متمتیکا[۴] اشاره نمود. نمونه از این کاربردها را در شکل‌های ۲۰ – ۱ و ۲۱ – ۱ مشاهده می‌کنید.



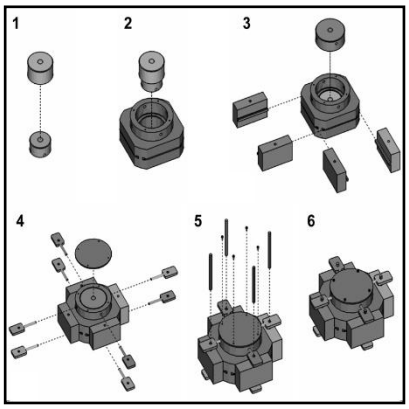
شکل ۱۹ -۱ تصویری از نرم‌افزار فتوشاپ که از آن برای تهیه و ویرایش تصاویر استفاده می‌شود.

۱.Computer Art ۲.Graphics Art ۳.Fine Art ۴.Mathematica

شکل ۲۰ – ۱ مجسمه‌سازی به کمک رایانه.

شکل ۲۱ – ۱ طراحی به کمک رایانه.

۸–۱. آموزش



از گرافیک رایانه‌ای به عنوان ابزاری کمک آموزشی جهت آموزش بهتر مفاهیم نیز استفاده می‌شود. برای برخی از کاربردهای آموزشی سیستم‌های ویژه‌ای طراحی شده‌اند که در این موارد معمولاً از شبیه‌سازها استفاده می‌شود مانند شبیه‌سازهایی برای آموزش خلبانی و ناوبری. اکثر شبیه‌سازها به صفحه نمایش گرافیکی مجهز هستند.

شکل‌های ۲۲ – ۱، ۲۳ – ۱ و ۲۴ – ۱ نمونه‌هایی از کاربرد گرافیک رایانه‌ای در آموزش را نشان می‌دهند.

شکل ۲۲ – ۱ آموزش مرحله به مرحله سوار کردن قطعات.

شکل ۲۳ – ۱ نمایی از عرشه کشتی شبیه‌سازی شده برای آموزش ناوبری کشتی.

شکل ۲۴ – ۱ نمایی از کابین هواپیما که برای آموزش خلبانی شبیه‌سازی شده است.

۹–۱. پردازش تصویر

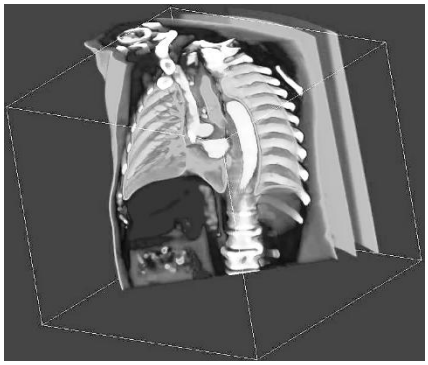
هر گونه تحلیل، تفسیر و تغییر تصویر را پردازش تصویر[۱] می‌گویند. یک مثال از کاربردهای پردازش تصویر برای بهبود کیفیت تصویر در شکل ۲۵–۱ آمده است. روتوش تصاویر و تحلیل تصویر برای بررسی یک الگوی خاص در تصویر که در بینایی ماشین (روباتیک) کاربرد دارد، از دیگر کاربردهای پردازش تصویر است. در فصل‌های ۷ و ۸ مفاهیم پردازش ئ عملیات برروی تصاویر آمده است.

شکل ۲۵ – ۱ تصویری تار که با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر به تصویری شفاف تبدیل شده است.

۱۰–۱. پزشکی

استفاده از گرافیک رایانه‌ای برای تهیه تصاویر پزشکی جهت تشخیص و بررسی وضعیت بیماران و در نتیجه درمان آن‌ها از جمله کاربردهای مهم گرافیک رایانه‌ای است که نتیجه آن نجات جان انسان‌ها است. از گرافیک رایانه‌ای برای آموزش پزشکان نیز استفاده می‌شود. اختراع اسکنرهای CAT[۲] و اسکنرهای MRI[۳] و اسکنرهای پزشکی هسته‌ای علم پزشکی را متحول کردند. این اسکنرها از روش‌های پردازش تصویر استفاده می‌کنند و داده‌های رقمی ایجاد شده را به تصاویر گرافیکی رنگی تبدیل می‌کنند. شکل‌های ۲۶ – ۱ و ۲۷ – ۱ نمونه‌هایی از کاربرد گرافیک رایانه‌ای در پزشکی را نشان می‌دهد.

شکل ۲۶ – ۱ کولونوسکوپی مجازی برای آموزش پزشکان.



شکل ۲۷ – ۱ مدلی سه‌بعدی که از عکس‌های CT تهیه شده است.

---

۱. Image Processing ۲. Computerized Arial Topography ۳. Magnetic Resonance Imagery

فصل ۲ سیستم‌های گرافیکی

کاربرد نرم افزارها و سخت افزارهای گرافیکی در زندگی روزمره و وسایل امروزی مانند رایانه‌های شخصی، ماشین حساب‌های پیشرفته، دستگاه‌های سرگرمی الکترونیکی، دستگاه‌های قابل حمل نظیر تلفن همراه و غیره هر روز بیشتر و گسترده‌تر می‌شود. به همین دلیل، در این فصل به بررسی ویژگی‌های اصلی سیستم‌ها، سخت افزارها و نرم افزارهای گرافیکی پرداخته می‌شود. در ابتدا، به تکنولوژی و دستگاه‌های خروجی پرداخته و سپس در ادامه در مورد انواع دستگاه‌های ورودی بحث می‌شود و در انتها، بحث با معرفی استانداردهای نرم‌افزاری گرافیکی، کتابخانه‌های گرافیکی و آشنایی با برخی نرم‌افزارهای گرافیکی خاتمه می‌یابد.

۱-۲. تکنولوژی و دستگاه‌های خروجی گرافیکی

نحوه پیمایش خروجی برای نمایش الگوهای گرافیکی در خروجی سیستم‌های رایانه‌ای را **تکنولوژی خروجی** گویند و بر اساس تکنولوژی خروجی دستگاه‌ها و سخت افزارهای خروجی گرافیکی متعددی ساخته شده‌اند. در این بخش به معرفی برخی از آن‌ها می‌پردازیم.

۱-۱-۲. تکنولوژی‌های خروجی گرافیکی

هنگام تولید یک الگوی گرافیکی، باید به این نکته توجه نمود که این کار چگونه و توسط چه تکنولوژی باید انجام شود. در حالت کلی دو نوع تکنولوژی خروجی وجود دارند که عبارتند از: ۱. **تکنولوژی پیمایش برداری**[۱] **یا پیمایش تصادفی**[۲] ۲. **تکنولوژی نقشه بیتی**[۳] **یا پیمایش راستری**[۴]. این تکنولوژی‌ها در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند و پس از آن به اختصار معماری هر کدام از این تکنولوژی‌ها و اجزای آن‌ها بررسی خواهند شد.

تکنولوژی برداری

در این مدل، حافظه‌ای که بافر نامیده می‌شود الگوی گرافیکی مورد نظر را نگه می‌دارد، بخشی به نام **کنترل کننده نمایش**[۵] بافر را می‌خواند، دستورات را به گرافیک مورد نظر تبدیل می‌کند و در خروجی نمایش می‌دهد. این تکنیک به این دلیل پیمایش برداری نامیده می‌شود که کنترل‌کننده نمایش خط‌های تصویر را یکی یکی رسم می‌کند. یعنی، الگوهای گرافیکی به صورت مجموعه‌ای از دستورات رسم اشکال پایه در حافظه نمایش وجود دارد، کنترل‌کننده نمایش این دستورات را به ترتیب خوانده، در خروجی رسم می‌کند و در حقیقت مکان‌هایی که پرتو با صفحه کنترلی برخورد دارد، روشن می‌شود تا گرافیک مورد نظر ایجاد شود.

---

۱. Vector scan ۲. Random scan ۳. Bitmap ۴. Raster scan ۵. Display controller

این نقاط فسفری تا چند میکرو ثانیه بعد از برخورد پرتو به آن‌ها روشن می‌مانند و سپس خاموش می‌شوند. پس نیاز است چندین بار این عمل تکرار شود. زیرا، در غیر این صورت فسفرها زود خاموش می‌شوند. به همین دلیل به این بافر، بافر **تازه سازی**[۱] می‌گویند. یک دستور در انتهای این بافر تازه سازی قرار دارد که دوباره به بالا برمی‌گردد و دستورات را اجرا می‌کند.

تکنولوژی پیمایش راستری یا نقشه بیتی

در این تکنولوژی تصویر یا الگوی نمایشی به یک مدل گسسته تبدیل می‌شود ماتریسی از نقاط (روشن و خاموش). در واقع یک نقشه بیتی از تصویر در بافر نگهداری می‌شود. در این سیستم، به جای دستورات رسم گرافیکی، ماتریسی از صفر و یک (برای حالت تک رنگ) در بافر نگهداری می‌شود. سخت افزاری باید این بافر را بخواند و در صفحه نمایش نشان دهد. **مبدل راستر**[۲] مدل پیوسته را به بافر می‌فرستد و کنترل‌کننده ویدئو[۳] از این بافر اطلاعات را خوانده، در صفحه نمایش نشان می‌دهد، کنترل‌کننده ویدئو باید مرتب این عمل را انجام دهد تا تصویر ثابت و پیوسته باشد. تفاوت مدل برداری با نقشه بیتی در این است که در مدل برداری مستقیماً مدل در صفحه نمایش قرار می‌گیرد، اما در مدل نقشه بیتی دو مرحله وجود دارد که عبارت‌اند از:

۱. تبدیل راستری **۲.** نمایش

در مدل راستری برای نمایش تصویر موجود در بافر تازه سازی بر روی صفحه نمایش، کنترل‌کننده ویدئو پرتو الکترون‌ها را سطر به سطر روی راستر می‌تاباند (عمل پیمایش) و هر جایی که سطر آن یک باشد، پرتو الکترون می‌تابد و جایی که صفر باشد یعنی، پرتو خاموش است. به عبارت دیگر، پرتو در حین حرکت روشن و خاموش می‌شود. کنترل کننده ویدئو سخت افزاری است که سیگنال‌های لازم برای عمل کردن پرتو الکترون را تولید می‌کند. مزایای تکنولوژی نقشه بیتی در زیر آمده‌اند:

- سخت افزار ساده، آسان و کم هزینه‌ای دارد.
- قابلیت نمایش نواحی پر را دارد.
- فرآیند تازه سازی مستقل از پیچیدگی تصویر است. در سیستم نقشه بیتی زمان ترسیم یک تصویر به تصویر بستگی ندارد، اما در سیستم برداری به پیچیدگی تصویر بستگی دارد.

البته این تکنولوژی معایب زیر را نیز دارد:

- لزوم تبدیل پیمایش راستری توسط مبدل راستر
- مشکل پله پله شدن.

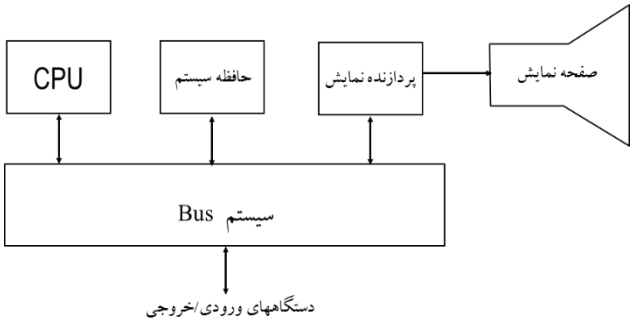
برای ایجاد هر تصویر یک فاز اولیه به نام تبدیل پیمایش راستری وجود دارد که یک سربار اضافی (هزینه و زمان اضافی) است. در سیستم نقشه بیتی خط‌ها معمولاً پله پله‌ای (دندانه‌ای) می‌شوند، چون خط در ابتدا به پیکسل‌ها تقسیم می‌شود و اگر شیب خط منطبق بر مراکز این پیکسل‌ها نباشد، خط دندانه‌دار خواهد شد. در صورتی که در تکنولوژی برداری چنین چیزی وجود ندارد، این مشکل، پله‌ای شدن[۴] نام دارد. چگونگی رفع این مشکلات و همچنین استفاده از هرکدام از این تکنولوژی‌ها در دستگاه‌های خروجی گرافیکی در بخش‌های بعدی بحث خواهد شد.

---

۱. Refresh buffer ۲. Raster conversion ۳. Video controller ۴. Aliasing

معماری و اجزای سیستم پیمایش برداری

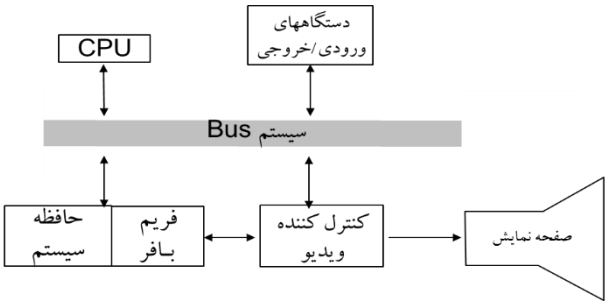
معماری ساده یک سیستم پیمایش برداری(تصادفی) در شکل ۱ – ۲ آمده است. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌کنید، برنامه و دستورات ترسیم به عنوان ورودی به این سیستم وارد شده و در حافظه سیستم[۱] ذخیره می‌شوند. دستورات گرافیکی موجود در برنامه ورودی با استفاده از یک بسته گرافیکی[۲] به یک فایل به نام فایل نمایش[۳] تبدیل شده و در حافظه سیستم ذخیره می‌شوند. بخش پردازنده نمایش[۴] اطلاعات را از فایل نمایش خوانده، به صفحه نمایش می‌فرستد. پردازنده نمایش این عمل را در هر چرخه تازه سازی تکرار می‌کند. گاهی اوقات به پردازنده نمایش، واحد پردازش نمایش (DPU)[۵] یا کنترل کننده گرافیک[۶] گفته می‌شود.



شکل ۱ – ۲ معماری سیستم پیمایش برداری.

معماری و اجزای سیستم پیمایش راستری

شکل ۲ – ۲ یک معماری ساده راستر را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل می‌بینید یک پردازنده برای کل پردازش‌های سیستم وجود دارد. این پردازنده برنامه‌ها و سیستم عامل‌های مختلف را اجرا می‌کند و کارهای گرافیکی را نیز انجام می‌دهد. این پردازنده، همچنین، عمل تبدیل راستر و بقیه الگوریتم‌های گرافیکی را انجام می‌دهد. معمولاً یک قسمت از حافظه اصلی رایانه برای بافری که تصاویر روی آن باید ذخیره شوند، در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲ – ۲ معماری یک سیستم پیمایش راستری ساده

از پردازنده برای تبدیل تصویر به نقشه بیتی که تبدیل راستری نامیده می‌شود، استفاده می‌شود. می‌توان یک پردازنده جدا فقط به منظور کارهای گرافیکی داشت که در این جا این‌طور نیست و خود پردازنده اصلی این

---

۱. System memory ۲. Graphic package ۳. Display file ۴. Display processor
۵. Display processing unit ۶. Graphic controller

کارها را انجام می‌دهد. ماتریس مربوط به بیت نگاشت‌ها (برای حالت سیاه و سفید) یا پیکسل نگاشت‌ها (برای حالت رنگی) در بافر فریم[۱] نگه‌داری می‌شود.

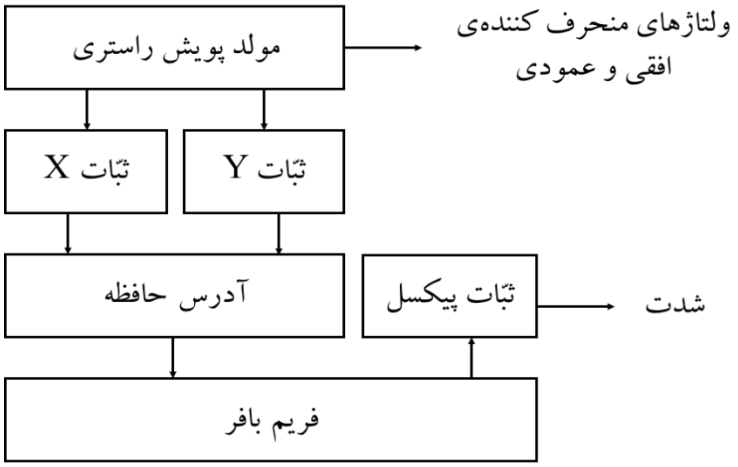
پردازنده مدل را می‌گیرد، به راستر تبدیل کرده، و در بافر فریم می‌ریزد و کنترل‌کننده ویدئو تصویر را از بافر گرفته، نمایش می‌دهد. آدرس خاصی از حافظه سیستم به عنوان بافر فریم در نظر گرفته می‌شود و یا ممکن است این بافر در هر جای حافظه قرار بگیرد.

ساختار کنترل کننده ویدئو

ساختار منطقی کنترل‌کننده ویدئو را در شکل ۳ – ۲ می‌بینید. وظیفه کنترل‌کننده ویدئو تولید سیگنال‌های انحراف پرتو الکترون است (پرتو الکترون را در راستای افقی و عمودی جا بجا می‌کند) و نیز مقادیری که در بافر فریم است را خوانده، روی صفحه نمایش رنگ آن را تولید می‌کند. در واقع وظیفه اصلی این سخت افزار تازه سازی صفحه نمایش است. تازه سازی به این معنی است که صفحه نمایش به صورت تکراری سطر به سطر پیمایش شده و گرافیک مورد نظر تولید شود. این کار به دو روش صورت می‌گیرد:

۱. **Interlace (یک در میان):** زمانی که فرکانس کنترل‌کننده ویدئو کم باشد، عمل تازه سازی به صورت یک خط در میان صورت می‌گیرد، مانند برخی از تلویزیون‌ها.

۲. **Non-interlace (ترتیب پشت سر هم):** تمام خطوط به ترتیب اسکن می‌شوند، مانند اغلب مانیتورها.



شکل ۳ – ۲ ساختار کنترل کننده ویدئو.

همان‌طور که در شکل ۳ – ۲ مشاهده می‌شود، کنترل‌کننده ویدئو مقادیر دو رجیستر x, y را تغییر می‌دهد تا پرتو خط به خط به طور افقی پیمایش شود و پس از پایان پیمایش به بالا برمی‌گردد.

برای هر پیکسل سه مقدار قرمز، سبز و آبی وجود دارد. این سه مقدار شدت پرتوهای قرمز، سبز و آبی را تنظیم می‌کنند. یک سیستم نمونه را در نظر بگیرید که تعداد پیکسل‌های قابل نمایش آن ۶۰۰ × ۸۰۰ باشد، و

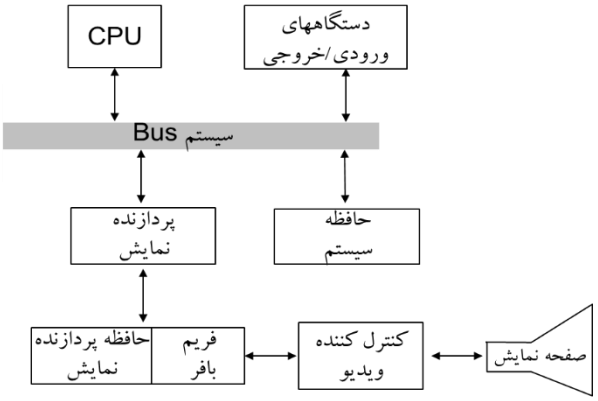
---

[۱]. Frame buffer

فرکانس نمایش پیکسل ۶۰HZ باشد. این پیکسل‌ها وقتی تک تک نمایش داده می‌شوند، هنگام برگشت به پیکسل اول و نمایش دادن آن باید $1/60$ ثانیه طول بکشد. به عبارت دیگر، باید بتوان ۶۰ بار این کار را انجام (m=۸۰۰*۶۰۰*۶۰=۲۸,۸*۱۰^۶). بنابراین هر پیکسل را باید در زمان ۱/m=۳۴*۱۰^-۹ از حافظه خواند و نمایش داد. مقدار ۱/m بیان می‌کند که باید در یک چنین سیستمی در هر ۳۴ نانو ثانیه بتوان یک پیکسل را از حافظه واکشی کرده و در صفحه نمایش نشان داد. ولی حافظه‌هایی که در رایانه استفاده می‌شوند، معمولاً زمان دسترسی آن‌ها ۲۰۰ نانو ثانیه است. یعنی، خواندن از آن‌ها ۲۰۰ نانو ثانیه طول می‌کشد. اما باید بتوان در ۳۴ نانو ثانیه یک پیکسل را خواند! برای حل این مشکل در هر ثانیه می‌توان بیش از یک پیکسل را خواند. (چرا که حافظه‌ها کند هستند و برای این که تصویر ثابت داشته باشیم حداقل فرکانس ۶۰ هرتز می‌خواهیم و ۶۰۰×۸۰۰ هم یک رزولوشن معمولی است پس ناگزیریم اطلاعات پیکسل‌ها را چند تایی بخوانیم تا به این کیفیت برسیم).

معماری پیمایش راستری با پردازنده کمکی

در معماری ساده این سیستم، یک پردازنده (تمام پردازش‌های سیستم را انجام می‌داد) و یک حافظه مشترک وجود داشت و فقط یک قسمت از حافظه برای بافر تازه سازی رزرو شده بود. در سیستم‌های جدیدتر برای این که کارهای گرافیکی سریع‌تر انجام شوند، یک پردازنده فقط برای کارهای گرافیکی در نظر گرفته شده است. علاوه بر پردازنده، در کنار آن حافظه‌ای مخصوص کارهای گرافیکی وجود دارد. این معماری در شکل ۴-۲ نشان داده شده است.



شکل ۴ - ۲ معماری یک سیستم راستر با پردازنده نمایش.

معماری ساده‌ای که قبلاً بررسی شد، دو مشکل عمده داشت. اول این که پردازنده باید تمام کارهای گرافیکی و غیر گرافیکی را انجام می‌داد اما در این سیستم دو پردازنده وجود دارد که یکی کارهای عمومی را انجام می‌دهد و دیگری پردازنده نمایش است که کارهای گرافیکی را انجام می‌دهد. بنابراین، کارهای گرافیکی سریع‌تر انجام می‌شوند.

مشکل دیگری که سیستم معماری ساده داشت، این بود که وقتی کنترل‌کننده ویدئو به حافظه دسترسی پیدا می‌کند، پردازنده نمی‌تواند به حافظه دسترسی پیدا کند و باید منتظر باشد تا کار کنترل‌کننده ویدئو تمام شود،

سپس به حافظه دسترسی یابد. اما، در این معماری دو حافظه وجود دارد که یکی حافظه عمومی و دیگری حافظه‌ای است که کنترل کننده ویدئو و پردازنده نمایش با آن کار می‌کنند. چون این دو حافظه جدا از هم هستند، پردازنده منتظر کنترل‌کننده ویدئو نمی‌ماند.

۲-۱-۲.دستگاه‌های خروجی گرافیکی

سخت افزارها و دستگاه‌های خروجی گرافیکی به دو دسته کلی نمایش یا کپی سخت[۱] و نمایش یا کپی نرم[۲] تقسیم می‌شوند. دستگاه‌های کپی سخت دستگاه‌هایی مانند چاپگرها و رسام هستند که تصاویر ثابتی در خروجی تولید می‌کنند. این سخت افزارها معمولاً خروجی خود را روی کاغذ چاپ می‌کنند. دستگاه‌های کپی نرم که دستگاه‌های نمایش **تعاملی**[۳] نیز نامیده می‌شوند، معمولاً تصاویر متغیری ایجاد می‌کنند، مانند انواع مانیتورها و پروژکتورها. در ادامه هر کدام از این دستگاه‌های خروجی به تفصیل بررسی خواهند شد.

دستگاه‌های کپی نرم

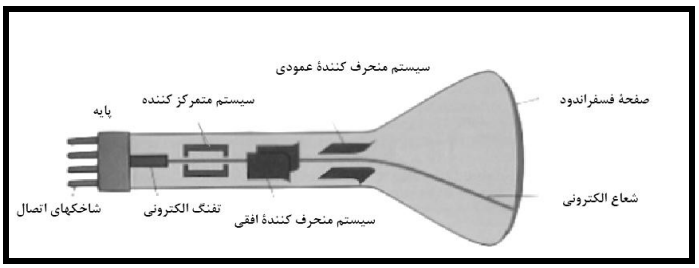
مانیتور یا صفحه نمایش، متداول‌ترین دستگاه خروجی بوده که برای نمایش اطلاعات استفاده می‌گردد. کلیه تصاویر، اعم از کاراکترهای گرافیکی، حروف، ارقام، علایم ویژه و تصاویر گرافیکی به وسیله نقاط کوچکی به نام پیکسل[۴] ساخته می‌شوند. کیفیت تصاویر، در درجه اول به طراحی قطعات الکترونیک و در درجه دوم به اندازه و تراکم نقاط، که اصطلاحاً به آن تفکیک پذیری[۵] صفحه نمایش گفته می‌شود، بستگی دارد. در این بخش به معرفی انواع مانیتورها و تکنولوژی ساخت آن‌ها پرداخته می‌شود. صفحات نمایش به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: نمایشگرهای لامپ اشعه کاتدی یا CRT[۶] و نمایشگرهای صفحه تخت[۷]. هر کدام از این دو دسته دارای چندین نوع می‌باشند. در ادامه تکنولوژی این مانیتورها مورد بحث قرار می‌گیرد.

- **نمایشگرهای لامپ اشعه کاتدی**

مانیتورهای اشعه کاتدی یا لامپ تصویری که به آن‌ها نمایشگرهای اشعه کاتدی با تازه‌سازی[۸] نیز گفته می‌شود، اولین نسل نمایشگرها بودند. این مانیتورها در اندازه ۱۲ و ۱۴ اینچ به بازار عرضه شدند، سپس اندازه ۱۵ و ۱۷ اینچ آن‌ها در بین کاربران رونق گرفت و انواع ۱۹، ۲۱ و ۲۲ اینچ نیز ساخته شد. که به دلیل قیمت نسبتاً بالاتر، کمتر مورد استفاده عموم قرار گرفت. این نوع مانیتورها دارای صفحات محدب و تخت بودند. نوع صفحه تخت آن‌ها بین کاربران پرطرفدارتر بود. نحوه عملکرد این مانیتورها بر اساس لامپ خلأ کاتدی است. ایجاد تصویر در این مانیتورها به وسیله پرتاب الکترون‌ها و هدایت آن‌ها به کمک میدان‌های الکترومغناطیسی یا الکترواستاتیکی صورت می‌گیرد. شکل ۵ – ۲ ساختار یک نمایشگر اشعه کاتدی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۵ - ۲ مشاهده می‌شود، پرتوهای الکترونی توسط یک تفنگ الکترونی[۹] پرتاب شده و در ادامه یک سیستم متمرکز کننده[۱۰] آن را متمرکز نموده و سیستم منحرف کننده[۱۱] آن را به مختصات مورد نظر روی صفحه آغشته به فسفر هدایت می‌کند. برخورد پرتو الکترون به صفحه موجب روشن شدن نقطه مورد نظر روی صفحه می‌شود.

---

۱. Hard copy
۲. Soft copy
۳. Interactive display
۴. Pixel
۵. Resolution
۶. Cathode ray tube
۷. Flat panel display
۸. Refresh CRT
۹. Electeron gun
۱۰. Focusing system
۱۱. Deflection system

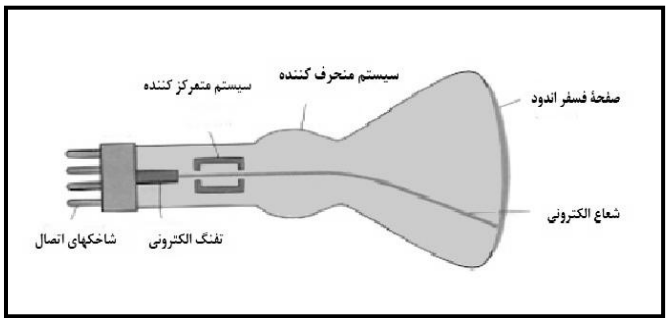


شکل ۵ – ۲ ساختار نمایشگر CRT با سیستم منحرف کننده الکترواستاتیکی

سیستم منحرف کننده و سیستم متمرکز کننده می‌توانند از نوع الکترومغناطیسی یا الکتر و استاتیکی باشند. شکل ۶ – ۲ ساختار نمایشگرهای CRT با سیستم منحرف کننده الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد.

بخش‌های اصلی نمایشگرهای CRT عبارتند از:

تفنگ الکترونی: وظیفه تفنگ الکترونی پرتاب پرتو الکترون به سمت صفحه فسفری است. همان‌طور که در شکل۷ – ۲ می‌بینید، تفنگ الکترونی دارای دو بخش کاتد فلزی گرمایی و شبکه کنترل[1] می‌باشد. گرما باعث بالا رفتن انرژی جنبشی الکترون‌های سطح کاتد گرم شده گشته و الکترون‌های آزاد شده به سمت صفحهٔ فسفر اندود به وسیله ولتاژی بالا شتاب داده می‌شوند. وظیفه شبکه کنترل، کنترل شدت شعاع الکترون‌ها با القای ترازهای ولتاژ است. ولتاژ منفی بالای القاء شده به وسیلهٔ شبکهٔ کنترل باعث دفع الکترون‌ها شده مانع عبور آن‌ها از منفذ شبکهٔ کنترل می‌گردد و ولتاژ منفی پایین‌تر تنها باعث کاهش عبور الکترون‌ها از منفذ شبکهٔ کنترل می‌شود. یعنی، هر چه میزان این ولتاژ بیشتر باشد الکترون‌ها کمتر رد می‌شوند. شدت نور منتشر شده از برخورد الکترون‌ها با صفحهٔ فسفر اندود بستگی به تعداد الکترون‌های نفوذی دارد. لذا روشنایی صفحهٔ نمایش را می‌توان با القای ترازهای مختلف ولتاژ بر روی شبکهٔ کنترل، تنظیم کرد. بنابراین به سادگی می‌توان گفت که کار شبکه کنترل، تنظیم شدت نور نقطه‌ی روشن شده روی صفحه است.



شکل۶ – ۲ ساختار نمایشگر CRT با سیستم منحرف کننده الکترو مغناطیسی.

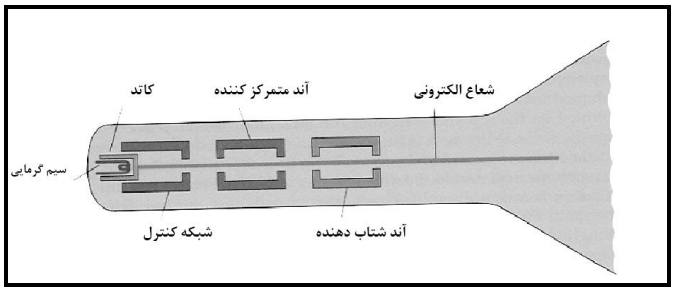
الکترون پرتاب شده توسط تفنگ الکترونی در ادامه راه از سیستم متمرکز کننده عبور می‌کند. کار این سیستم همگرا کردن شعاع الکترون‌ها به یک نقطه کوچک هنگام برخورد با صفحهٔ فسفر اندود است.

---

[1] .Control grid

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد عمل متمرکز کردن با میدان‌های الکتریکی یا میدان‌های مغناطیسی انجام می‌شود. در میدان‌های الکترواستاتیکی، پرتو الکترونی از میان یک استوانهٔ فلزی با ولتاژ مثبت عبور می‌کند و در سیستم متمرکز کننده با میدان مغناطیسی پرتو الکترونی از داخل یک میدان مغناطیسی عبور می‌کند. در ادامه سیستم منحرف‌کننده پرتو الکترونی را به محل مورد نظر روی صفحه فسفری هدایت می‌کند.

به دلیل این که نور منتشر شده از صفحهٔ فسفری سریعاً از بین می‌رود، لذا باید روشی برای نگهداری دائمی تصویر موجود باشد. مدت زمان لازم برای رسیدن شدت نور اولیهٔ منتشر شده توسط فسفر به یک دهم آن **ماندگاری فسفر** نامیده می‌شود. ماندگاری نقطه روشن بر اساس نوع فسفر متفاوت می‌باشد. فسفرهای کم ماندگار نیاز به درجهٔ تازه سازی بالاتری دارند و برای پویانمایی مناسب هستند. فسفرهای ماندگارتر نیاز به درجات تازه سازی کمتری دارند و برای نمایش تصاویر پیچیده و ایستا مناسب هستند. بنابراین، در این مانیتورها نیاز به تازه سازی مکرر صفحه در زمان‌های متناوب است. به همین دلیل به این نمایشگرها، صفحه نمایش CRT با تازه سازی گفته می‌شود.



شکل ۷ – ۲ تفنگ الکترونی.

نرخ تازه سازی صفحه به عوامل زیر بستگی دارد:

- **ماندگاری فسفر:** هر چقدر فسفر ماندگارتر باشد، عمل تازه سازی صفحه با نرخ کمتری انجام می‌گردد (فرکانس کمتر است).
- **شدت نور تصویر**[۱]
- **بیننده:** همان‌طور که چشم تصاویر منقطع را با هم ترکیب می‌کند، رنگ‌ها را نیز با هم ترکیب می‌کند.

هنگامی که با یک نرخ بسیار پایین عمل تازه سازی انجام گردد، باعث می‌شود که صفحه خاموش شود. هنگامی که فرکانس تازه سازی بالاتر می‌رود، خاموش و روشن شدن کمتر می‌شود تا جایی که ثابت به نظر می‌رسد. به این فرکانس که در آن صفحه ثابت می‌شود، **فرکانس آمیختگی بحرانی** یا cff[۲] گفته می‌شود. به عبارت دیگر، به نرخ تازه سازی صفحه که موجب می‌شود چشم تصویر را پیوسته و ثابت ببیند، cff گویند.

---

[۱].تعریف شدت نور: تعداد الکترون‌هایی که در واحد زمان به صفحه نمایش برخورد می کنند.

[۲]. Critical Fusion Ferquency

تفکیک پذیری

حداکثر تعداد نقاط قابل نمایش در یک صفحهٔ نمایش بدون روی هم افتادگی یا هم پوشانی (به عبارت دقیق‌تر، تعداد نقاط قابل رسم در یک سانتیمتر از صفحه به صورت افقی و عمودی) را تفکیک پذیری گویند. تفکیک پذیری به نوع فسفر، سیستم منحرف کننده، سیستم متمرکز کننده و ظرفیت سیستم رایانه‌ای بستگی دارد.

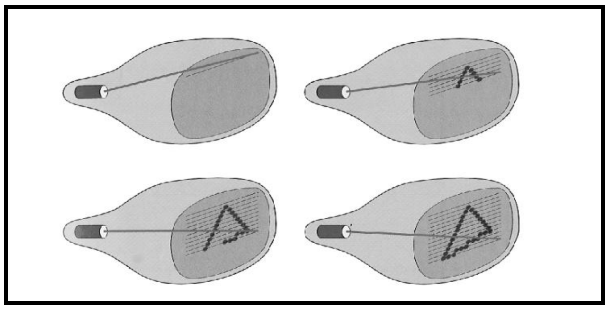
نسبت ظاهری

نسبت تعداد نقاط عمودی بر تعداد نقاط افقی جهت رسم خطوط هم طول در دو جهت مزبور را نسبت ظاهری[۱] گویند. عمل تازه سازی در این نمایشگرها می‌تواند بر اساس تکنولوژی پیمایش تصادفی (random scan) یا پیمایش راستری (raster scan) باشد.

مانیتورهای پیمایش راستری

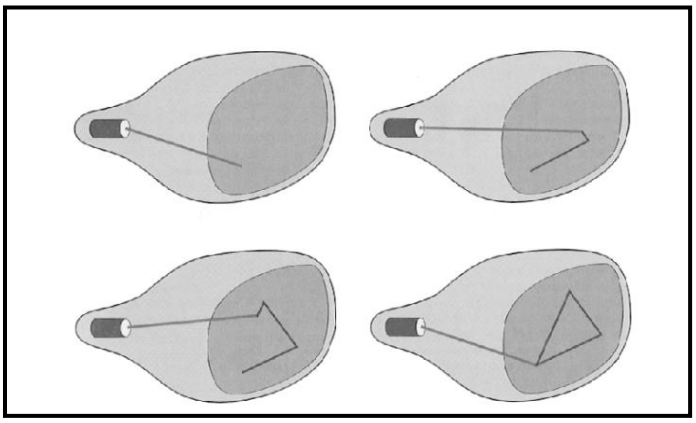
متداول‌ترین نمایشگرهای گرافیکی هستند که اساس CRT دارند. در این سیستم مشخصات تصویر که به صورت صفر و یک است، در یک حافظه که بافر تازه سازی[۲] نامیده می‌شود ذخیره می‌شود و از روی این اطلاعات پرتو در نقاط خاصی از صفحه که یک است، تابیده می‌شود و در نقاط صفر تابیده نمی‌شود، عمل خواندن اطلاعات سطر به سطر انجام می‌شود تا یک تصویر کامل روی صفحه‌ی نمایشگر ایجاد گردد.

به هر نقطه در صفحه **پیکسل** می‌گویند. در سیستم‌های با کیفیت بالا، گاهی ۲۴ بیت برای نمایش هر نقطه از تصویر لازم است که به حافظه‌ی این نوع تصاویر پیکسل نگاشت (pixmap) گفته می‌شود و در سیستم‌های سیاه و سفید برای هر پیکسل یک بیت نیاز است به حافظه‌ی این نوع تصاویر پیکسل نگاشت (bitmap) گفته می‌شود. در تلویزیون‌ها و پرینترها از سیستم پیمایش راستری استفاده می‌شود. در این سیستم‌ها ۶۰ تا ۸۰ فریم در ثانیه خوانده می‌شود و شعاع الکترونی سرتاسر سطرهای صفحهٔ نمایش را از بالا به پایین پیمایش می‌کند. چون سیستم‌های با کیفیت بالا به درجهٔ تازه سازی بالاتری نیاز دارند، برای تازه سازی از روشی به نام درهم-ریسی[۳] استفاده می‌شود، به این صورت که هر فریم در دو گذر نمایش داده می‌شود. در گذر اول سطرهای زوج و در گذر دوم سطرهای فرد پیمایش می‌شوند. شکل ۸ – ۲ روش کار نمایشگرهای پیمایش راستری را نشان می‌دهد.



شکل ۸ – ۲ نحوه کار نمایشگرهای raster scan.

۱. Aspect ratio ۲. Refresh buffer ۳. interlacing



شکل ۹ – ۲ نحوه کار نمایشگرهای random scan.

مانیتورهای پیمایش تصادفی

در این نمایشگرها، پرتو الکترونی فقط به قسمت‌هایی از صفحهٔ نمایش هدایت می‌شود که تصویر باید رسم شود و خطوط تشکیل دهنده تصویر یکی بعد از دیگری رسم می‌شوند. در این روش مؤلفه‌های خطی تصویر می‌توانند به هر ترتیبی که مشخص شده‌اند، رسم شوند. این سیستم تمام اجزای خطوط را ۳۰ تا ۶۰ بار در هر ثانیه رسم می‌نماید و دور بعدی تازه سازی تصویر بلافاصله پس از رسم تمامی خطوط آغاز می‌گردد. اگر این سرعت بالاتر رود امکان سوختن صفحه‌ی فسفری وجود دارد. این سیستم برای ترسیم خطوط و به تصویر کشیدن مناظر طبیعی مناسب است. به عنوان مثال، در قلم رسام از این روش استفاده می‌شود. سیستم‌های پیمایش تصادفی معمولاً وضوح بالاتری نسبت به پیمایش راستری دارند و خطوط در آن‌ها به صورت هموارتر دیده می‌شود. شکل ۹ – ۲ روش کار این مانیتورها را نشان می‌دهد.

- **نمایشگرهای CRT رنگی**

نمایشگرهای CRT رنگی برای ایجاد رنگ از فسفرهای رنگی استفاده می‌کنند. دو روش پایه برای تولید رنگ توسط فسفرهای رنگی در نمایشگرهای رنگی CRT وجود دارد که عبارت‌اند از: روش نفوذ پرتو[۱] و روش ماسک سایه[۲]. این دو روش در ادامه توضیح داده می‌شوند.

- **روش نفوذ پرتو**

در این روش، نمایشگرها از سیستم پیمایش برداری برای نمایش تصاویر خود استفاده می‌کنند. روی صفحه جلویی این نمایشگرها دو لایه‌ی فسفر که معمولاً قرمز و سبز هستند، صفحه را پوشش داده‌اند، رنگ نمایش داده شده بر حسب این که پرتو الکترونی تا چه اندازه به لایه‌ی فسفر نفوذ می‌کند، متفاوت خواهد بود. همان‌طور که در شکل ۱۰ – ۲ می‌بینید، پرتوهای الکترونی کند، فقط لایه‌ی اول(یعنی قرمز) را برانگیخته می‌کند، در حالی که پرتو الکترونی سریع، از لایه‌ی قرمز عبور می‌کند و لایه‌ی سبز رنگ را بر انگیخته می‌کند، و پرتو با سرعت متوسط، ترکیبی از نور قرمز و سبز منتشر می‌کند که حاصل آن رنگ‌هایی مثل نارنجی و زرد، خواهد بود. سرعت الکترون‌ها هم به وسیله‌ی ولتاژ تسریع کننده‌ی الکترون تنظیم می‌شود. این

---

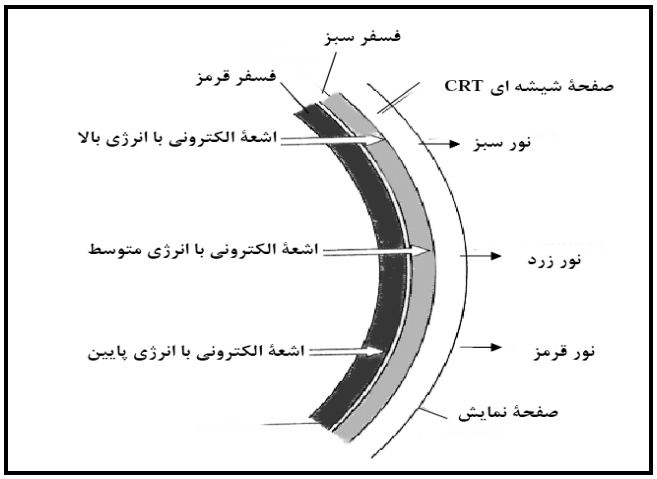
۱. Beam penetration ۲. Shadow mask

روش ساده و کم هزینه می‌باشد، اما تنها می‌تواند پنج رنگ سبز، قرمز، زرد، نارنجی و سیاه را تولید کند، بنابراین، این مانیتورها تنها دارای پنج رنگ بوده و همچنین کیفیت تصویر در آن‌ها پایین است.

- **روش ماسک سایه**

نسل بعدی نمایشگرهای CRT رنگی برای تولید تنوع رنگ بیشتر نمایشگرهای ماسک سایه بودند. این روش در سیستم‌های پیمایش راستری مانند تلویزیون‌های رنگی و نمایشگرهای CRT رنگی استفاده می‌شود. این روش تنوع رنگی بیشتر و کیفیت بالاتری نسبت به روش نفوذ پرتو دارد. در هر پیکسل از صفحه فسفری این نمایشگرها سه نقطه رنگی وجود داشته و سه پرتو الکترونی به هر پیکسل می‌تابد. همان‌طور که در شکل ۱۱ – ۲ ملاحظه می‌کنید، اگر سه تفنگ الکترونی به شکل مثلثی کنار هم قرار گیرند و در نتیجه این پرتوها به شکل مثلثی در کنار هم باشند، این روش، **روش دلتا- دلتا** نام دارد. اما، اگر پرتوها به صورت خطی کنار هم باشند(شکل ۱۲ – ۲)، **روش درون خطی**[۱] گفته می‌شود. هر کدام از این پرتوها مشخص است که برای تولید کدام رنگ هستند. این سه پرتو به این سه فسفر رنگی می‌تابند و رنگ آن‌ها را با هم ترکیب می‌کنند.

اگر سه پرتو خاموش باشند، آن نقطه سیاه است و اگر هر یک از سه رنگ روشن باشد فسفر به آن رنگ دیده می‌شود. شدت ترکیب این سه رنگ یا کم و زیاد شدن هر یک از آن‌ها رنگ‌های مختلف ایجاد می‌کند. پشت این صفحه یک صفحه فلزی به نام ماسک سایه وجود دارد که تعدادی حفره روی آن قرار دارد و با فاصله کمتری از فسفر قرار دارد. این حفره‌ها طوری تنظیم شده‌اند که هر پرتو به رنگ مربوط به خود بتابد. پرتوها پس از عبور از ماسک روی صفحه فسفری ترکیب شده و رنگ خاصی را ایجاد می‌کنند. هر چه فاصله حفره‌های صفحه فلزی کمتر باشد، آدرس پذیری بالاتر است. به فاصله بین این حفره‌ها پیچ[۲] گفته می‌شود. پیچ، تعیین کننده تفکیک پذیری یا رزولوشن صفحه نمایش است.



شکل ۱۰ – ۲ روش نفوذ پرتو.

۱. In-line ۲. Pitch