
گرافیک رایانه‌ای

با زبان برنامه نویسی

C#

تالیف

مهندس رمضان عباس نژادورزی
مهندس جواد رضائزادقادیکلانی
مهندس سید سعید حمیدی



فن آوری نوین

سرشناسه	: رمضان عباس نژاد ورزی - ۱۳۴۸
عنوان و نام پدیدآور	: گرافیک رایانه‌ای با زبان برنامه نویسی #C/ تالیف رمضان عباس نژاد ورزی، جواد رضائزاد قادیکلانی، سیدسعید حمیدی.
مشخصات نشر	: بابل: فن آوری نوین، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۲۶۴ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۰۰۰ ریال: 9786009225446
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه
موضوع	: گرافیک کامپیوتری
موضوع	: سی ++ (زبان برنامه نویسی کامپیوتر)
شماره افزوده	: رضائزاد قادیکلانی، جواد، ۱۳۶۲ -
شماره افزوده	: حمیدی، سیدسعید، ۱۳۵۹ -
رده بندی کنگره	: T۳۸۵/ع۱۸گ۴ ۱۳۹۱
رده بندی دیویی	: ۰۰۶/۶۶:
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۸۱۹۸۱۲:



فن آوری نوین

www.fanavarienovin.net

بابل، صندوق پستی ۷۳۴۴۸-۴۷۱۶۷

تلفن: ۰۱۱۱-۲۲۵۶۶۸۷

گرافیک رایانه‌ای با زبان برنامه نویسی #C

تالیف: مهندس رمضان عباس نژاد ورزی - جواد رضائزاد قادیکلانی - سیدسعید حمیدی

ویراستار: مهندس زینت رزمجو

ناشر: فن آوری نوین

چاپ اول: تابستان ۱۳۹۱

جلد: ۲۰۰۰

شابک: ۹۷۸ - ۶۰۰ - ۹۲۲۵۴ - ۴ - ۶

قیمت: ۹۷۰۰ تومان

حروفچینی و صفحه‌آرایی: فن آوری نوین

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

۲-۲-۱. دستگاه‌های خروجی	
گرافیکی.....	۲۳
۲-۲-۱-۱. دستگاه‌های کپی نرم	۲۳
۲-۲-۱-۲. دستگاه‌های کپی سخت	۳۵
۲-۲. دستگاه‌های ورودی گرافیکی	۳۷
۲-۳. نرم افزارهای گرافیکی	۳۹
۲-۳-۱. استانداردها و کتابخانه‌های	
گرافیکی.....	۴۰
۲-۳-۲. نرم افزارهای کاربردی	
گرافیکی.....	۴۱
۲-۴. تمرین	۴۱

فصل سوم: آشنایی با زبان C# و

گرافیک ۴۳

۳-۱. فضای نام	۴۳
۳-۲. انواع داده‌ها	۴۴
۳-۳. متغیرها	۴۴
۳-۳-۱. نام‌گذاری متغیرها	۴۴
۳-۳-۲. اعلان متغیرها	۴۵
۳-۳-۳. مقدار دادن به متغیرها	۴۶
۳-۴. ثوابت	۴۶
۳-۵. عملگرها	۴۶
۳-۶. فرم برنامه	۴۸
۳-۶-۱. خواص فرم	۴۸
۳-۶-۲. رویدادهای فرم	۴۹
۳-۶-۳. متدهای فرم	۴۹
۳-۷. کنترل‌ها	۴۹
۳-۷-۱. کنترل Label	۵۱

فصل اول: آشنایی با گرافیک رایانه‌ای و

کاربردهای آن ۹

۱-۱. نمودارها	۹
۱-۲. طراحی به کمک رایانه	۹
۱-۳. سرگرمی	۱۱
۱-۴. واسط گرافیکی کاربر	۱۲
۱-۵. محیط‌های واقعیت مجازی	۱۲
۱-۶. بصری سازی	۱۳
۱-۷. هنر رایانه‌ای	۱۴
۱-۸. آموزش	۱۵
۱-۹. پردازش تصویر	۱۶
۱-۱۰. پزشکی	۱۶
۱-۱۱. تمرین	۱۷

فصل دوم: سیستم‌های گرافیکی

..... ۱۸

۲-۱. تکنولوژی و دستگاه‌های	
خروجی گرافیکی	۱۸
۲-۱-۱. تکنولوژی‌های خروجی	
گرافیکی	۱۸
۲-۱-۱-۱. تکنولوژی برداری	۱۸
۲-۱-۱-۲. تکنولوژی پیمایش راستری	
یا نقشه‌یابی	۱۹
۲-۱-۱-۳. معماری و اجزای سیستم	
پیمایش برداری	۲۰
۲-۱-۱-۴. معماری و اجزای سیستم	
پیمایش راستری	۲۰

۱۱۴	۳-۴. الگوریتم رسم دایره.....
۱۱۷	۴-۴. الگوریتم رسم بیضی.....
۱۲۴	۴-۵. منحنی ها.....
۱۲۵	۴-۶. چند ضلعی ها.....
۱۲۶	۱-۶-۴. تقسیم چندضلعی مقعر....
۱۲۷	۲-۶-۴. تست داخل-خارج.....
۱۲۸	۷-۴. الگوریتم های پر کردن نواحی
	۱-۷-۴. الگوریتم پوش خط
۱۲۸	برای پر کردن چندضلعی.....
۱۲۸	۲-۷-۴. الگوریتم پوش خط برای پر
۱۲۹	کردن منحنی ها.....
۱۲۹	۳-۷-۴. الگوریتم های سطح پرکن
۱۳۶	۸-۴. تمرین.....

فصل پنجم: تبدیلات هندسی... ۱۳۷

۱۳۷	۱-۵. تبدیلات هندسی دو بعدی ...
۱۳۷	۱-۱-۵. انتقال دوبعدی.....
۱۴۱	۲-۱-۵. دوران دوبعدی.....
۱۴۴	۳-۱-۵. مقیاس گذاری دوبعدی
	۲-۵. نمایش ماتریسی و مختصات
۱۴۷	همگن.....
۱۴۸	۱-۲-۵. انتقال با ماتریس.....
۱۴۸	۲-۲-۵. دوران با ماتریس.....
۱۴۹	۳-۲-۵. مقیاس گذاری با ماتریس
۱۴۹	۳-۵. تبدیلات ترکیبی.....
۱۴۹	۱-۳-۵. ترکیب انتقال ها.....
۱۵۰	۲-۳-۵. ترکیب دوران ها.....
۱۵۰	۳-۳-۵. ترکیب مقیاس گذاری ها.....
۱۵۱	۴-۵. تبدیلات حول یک نقطه خاص
۱۵۱	۱-۴-۵. دوران حول نقطه خاص
	۲-۴-۵. مقیاس گذاری نسبت به
۱۵۲	یک نقطه خاص.....
	۳-۴-۵. مقیاس گذاری در جهت های
۱۵۲	خاص.....
۱۵۳	۵-۵. خواص ادغام ماتریس ها.....
۱۵۳	۶-۵. تبدیلات دیگر.....
۱۵۴	۴-۶-۵. انعکاس.....

۵۲	۲-۳-۷. کنترل TextBox.....
۵۲	۳-۳-۷. کنترل Button.....
۵۲	۴-۳-۷. کنترل ListBox.....
۵۲	۵-۳-۷. کنترل ComboBox.....
۵۲	۶-۳-۷. کنترل CheckBox.....
۵۴	۷-۳-۷. کنترل CheckedListBox.....
۵۵	۸-۳-۷. کنترل GroupBox.....
۵۵	۹-۳-۷. کنترل RadioButton.....
۵۵	۱۰-۳-۷. کنترل MenuStrip.....
۵۵	۱۱-۳-۷. کنترل ContextMenuStrip.....
۵۵	۱۲-۳-۷. کنترل PictureBox.....
۵۶	۸-۳. ساختارهای کنترلی.....
۵۶	۱-۳-۸. ساختارهای تصمیم.....
۵۸	۹-۳. ساختارهای تکرار.....
۶۰	۱۰-۳. مدیریت صفحه کلید.....
۶۰	۱۱-۳. آرایه ها.....
۶۳	۱۲-۳. کلاس ها و اشیاء.....
۶۴	۱-۱۲-۳. تعریف کلاس.....
۶۴	۲-۱۲-۳. نمونه سازی کلاس.....
۶۴	۳-۱۲-۳. اعضای کلاس.....
۶۷	۱۳-۳. گرافیک در C#.....
۶۸	۱۴-۳. فضای نام کار با گرافیک.....
۶۹	۱-۱۴-۳. کلاس های کار با گرافیک.....
۷۷	۲-۱۴-۳. متدهای رسم اشکال گرافیکی.....
۹۷	۱۵-۳. مسائل حل شده.....
۱۰۴	۱۶-۳. تمرین.....

فصل چهارم: مبناهای خروجی گرافیکی

۱۰۵
۱۰۵	۱-۴. رسم نقطه.....
۱۰۵	۲-۴. رسم خط.....
	۱-۲-۴. الگوریتم DDA برای
۱۰۷	رسم خط.....
۱۱۰	۲-۲-۴. الگوریتم رسم خط برزنهام
۱۱۱	۳-۲-۴. الگوریتم رسم خط برزنهام برای
	خطوط با شیب مثبت و کمتر از یک.....
۱۱۳	۴-۲-۴. الگوریتم موازی رسم خط.....

- ۹-۶. برش متن..... ۱۹۱
- ۱۰-۶. متدها و خواص اشیای گرافیک
- برای برش..... ۱۹۱
- ۱۱-۶. تمرین..... ۱۹۴

فصل هفتم: پردازش تصاویر دیجیتال
۱۹۵.....

- ۱-۷. پردازش تصویر دیجیتال..... ۱۹۵
- ۲-۷. ساختار بینایی انسان..... ۱۹۷
- ۳-۷. نور و امواج الکترومغناطیس .. ۲۰۰
- ۴-۷. تصویر برداری..... ۲۰۰
- ۵-۷. مدل تصویر..... ۲۰۲
- ۱-۵-۷. تفکیک پذیری تصویر..... ۲۰۴
- ۲-۵-۷. روابط بین پیکسل‌های تصویر..... ۲۰۵
- ۳-۵-۷. اندازه گیری فاصله بین پیکسل‌ها..... ۲۰۶
- ۶-۷. بزرگ‌نمایی و کوچک‌نمایی تصاویر دیجیتال..... ۲۰۸
- ۷-۷. تمرین..... ۲۱۱

فصل هشتم: عملیات روی تصاویر دیجیتال
۲۱۳.....

- ۱-۸. بهبود تصویر..... ۲۱۳
- ۱-۱-۸. پردازش نقطه‌ای..... ۲۱۳
- ۲-۱-۸. پردازش ماسک یا فیلترینگ..... ۲۱۵
- ۲-۸. فشرده سازی داده‌ها..... ۲۱۹
- ۳-۸. فشرده سازی تصاویر دیجیتال..... ۲۱۹
- ۱-۳-۸. الگوریتم‌های فشرده سازی تصویر..... ۲۲۰
- ۴-۸. تمرین..... ۲۳۶
- پیوست الف:** فرمت‌های تصویر.. ۲۳۷
- پیوست ب:** تئوری رنگ و مدل‌های رنگی..... ۲۴۲
- پیوست پ:** مسائل حل شده..... ۲۴۶
- منابع:**..... ۲۶۰

- ۲-۶-۵. کشش..... ۱۵۵
- ۷-۵. روش‌های راستری برای تبدیلات هندسی..... ۱۵۶
- ۸-۵. تبدیلات هندسی در فضای سه بعدی..... ۱۶۰
- ۱-۸-۵. انتقال در فضای سه بعدی..... ۱۶۰
- ۲-۸-۵. دوران در فضای سه بعدی..... ۱۶۰
- ۳-۸-۵. مقیاس‌گذاری در فضای سه بعدی..... ۱۶۲
- ۴-۸-۵. انعکاس در فضای سه بعدی..... ۱۶۳
- ۵-۸-۵. کشش در فضای سه بعدی..... ۱۶۳
- ۹-۵. متدهای موجود در C# جهت تبدیل..... ۱۶۴
- ۱-۹-۵. متدهای معمولی..... ۱۶۴
- ۲-۹-۵. متدهای کلاس Matrix..... ۱۶۹
- ۱۰-۵. تمرین..... ۱۷۵

فصل نهم: دید دو بعدی.....
۱۷۶.....

- ۱-۶. سیستم‌های مختصات..... ۱۷۶
- ۲-۶. تبدیل دید..... ۱۷۶
- ۳-۶. نگاشت پنجره برش به دیدگاه..... ۱۷۷
- ۴-۶. الگوریتم‌های برش..... ۱۷۸
- ۱-۴-۶. برش نقطه..... ۱۷۸
- ۲-۴-۶. برش خط..... ۱۷۸
- ۵-۶. الگوریتم برش خط کاهن- ساترلند..... ۱۷۸
- ۶-۶. الگوریتم برش خط لیانگ-بارسکی..... ۱۸۳
- ۷-۶. برش چندضلعی..... ۱۸۸
- ۱-۷-۶. الگوریتم برش چندضلعی ساترلند-هاگمن..... ۱۸۸
- ۲-۷-۶. الگوریتم برش چندضلعی ویلر-آترتن..... ۱۹۰
- ۸-۶. برش منحنی..... ۱۹۰

کتاب‌های منتشر شده انتشارات فن آوری نوین	
ردیف	نام کتاب
۱	حل مسائل C (مرجع کامل)
۲	حل مسائل C++ (مرجع کامل)
۳	آموزش گام به گام برنامه نویسی بانک اطلاعات با C# (مرجع کامل)
۴	حل مسائل C# (مرجع کامل)
۵	حل مسائل پاسکال (مرجع کامل)
۶	آموزش گام به گام برنامه نویسی بانک اطلاعات با ویژوال بیسیکنت (مرجع کامل)
۷	آموزش گام به گام LINQ با C#
۸	تجارت الکترونیکی
۹	امنیت شبکه
۱۰	اصول طراحی پایگاه داده
۱۱	طراحی سیستم‌های شی گرا با زبان C#
۱۲	مدیریت استراتژیک (فن آوری اطلاعات)
۱۳	کاربرد رایانه در مدیریت و حسابداری
۱۴	آموزش گام به گام برنامه نویسی به زبان C++

مقدمه

امروزه کاربرد رایانه به ویژه گرافیک رایانه‌ای روز به روز در حال توسعه می‌باشد. حتی اکثر نرم‌افزارها و زبان‌های برنامه نویسی یک واسط گرافیکی قوی دارند. کتاب‌های زیادی در زمینه گرافیک رایانه‌ای تدوین شده‌اند که جای تقدیر و تشکر دارد. اما، کتاب حاضر با توجه به سال‌ها تجربه در زمینه تالیف و تدریس گرافیک رایانه‌ای تالیف شده است. به ویژه از زبان برنامه نویسی #C برای پیاده‌سازی کدها استفاده گردیده است که اکثر دانشجویان نرم‌افزار، IT، ICT و علوم کامپیوتر این زبان را می‌شناسند.

این کتاب شامل ۸ فصل و سه پیوست است. در فصل اول، کتاب کاربردهای گرافیک رایانه‌ای بیان شده است. فصل دوم به دستگاه‌ها و تجهیزات گرافیکی پرداخته است. در فصل سوم زبان #C و کلاس‌های گرافیک در آن به طور مختصر آموزش داده شده است. فصل چهارم به مبنای‌های خروجی از قبیل نقطه، خط، دایره، بیضی، چندضلعی و منحنی و الگوریتم‌ها ترسیم آن‌ها در گرافیک رایانه پرداخته است و الگوریتم‌های بیان شده را با #C پیاده‌سازی نموده است. فصل پنجم، تبدیلات هندسی دو و سه بعدی از قبیل انتقال، مقیاس‌گذاری، دوران، کشش و انعکاس را آموزش داده، به زبان #C پیاده‌سازی نموده است. فصل ششم دید و الگوریتم‌های برش را بیان کرده، به زبان #C پیاده‌سازی نموده است. فصل هفتم و هشتم به پردازش تصاویر دیجیتال پرداخته و الگوریتم‌های عملیات بر روی پردازش تصاویر دیجیتال را بیان کرده و با #C پیاده‌سازی نموده است. در پیوست الف، فرمت‌های تصویر آورده شده است. در پیوست ب، تئوری رنگ و مدل‌های رنگی آمده است و بالاخره در پیوست پ، مسائل متعددی با #C حل گردیده است.

امیدواریم این اثر نیز مانند آثار دیگر مورد توجه اساتید، دانشجویان و خوانندگان محترم قرار گیرد. این کتاب شامل برنامه‌هایی است که کد پیاده‌سازی شده آن‌ها را می‌توانید از سایت انتشارات فن‌آوری نوین به آدرس www.fanavarienovin.net دریافت نمایید.

مؤلفین

fanavarienovin@yahoo.com

با تقدیر و تشکر فراوان از

پدر و مادر عزیزمان

که هرچه داریم از آنهاست

تقدیم به

همسر مهربانمان

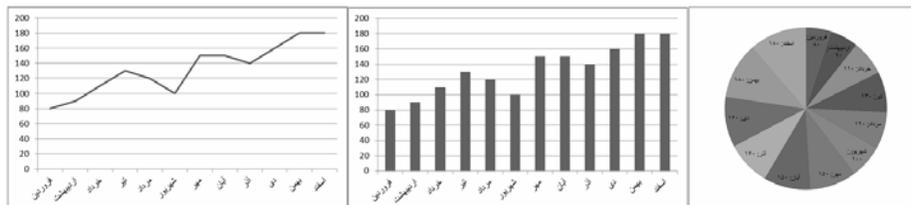
که شریک تمام لحظات زندگیمان هستید.

آشنایی با گرافیک رایانه‌ای و کاربردهای آن

گرافیک رایانه‌ای، گرافیکی است که توسط رایانه ایجاد شده است. به طور کلی نمایش و دستکاری داده‌های 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 آبخاری و کاربردهای دیگر. شکل ۱-۱ انواع نمودارهای دو بعدی نظیر نمودارهای خطی، نمودارهای میله‌ای و نمودارهای دایره‌ای را نمایش می‌دهد.



نمودار خطی

نمودار میله‌ای

نمودار دایره‌ای

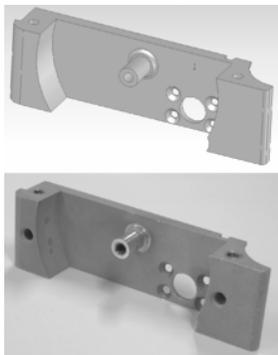
شکل ۱-۱ انواع نمودارهای دوبعدی.

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 ۱-۲، ۱-۳، ۱-۴ و ۱-۵ 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

آشنایی با گرافیک رایانه‌ای و کاربردهای آن ۱۱



همچنین بسته‌های نرم‌افزاری برای ساخت به کمک رایانه (CAM)^۱ 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.

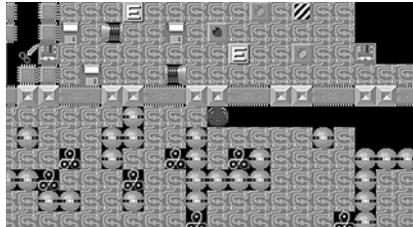
شکل ۶-۱ قطعه طراحی شده و ساخته شده.

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 ۷-۱ صحنه‌ای 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 رایانه‌ای Gran Turismo 3.

^۱.Computer Aided Manufacturing

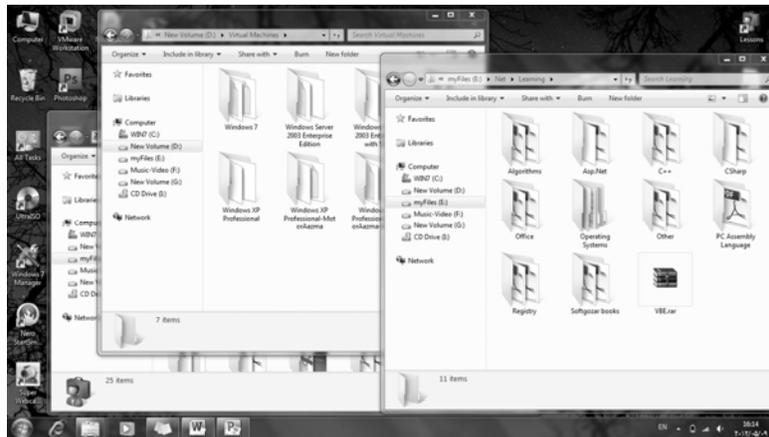
۴-۱. واسط گرافیکی کاربر

امروزه از واسط گرافیکی کاربر^۱ برای ایجاد ارتباط با سیستم‌ها استفاده می‌شود (شکل ۱۱ - ۱). سیستم عامل‌هایی همچون ویندوز، مکینتاش، سیستم عامل‌های 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

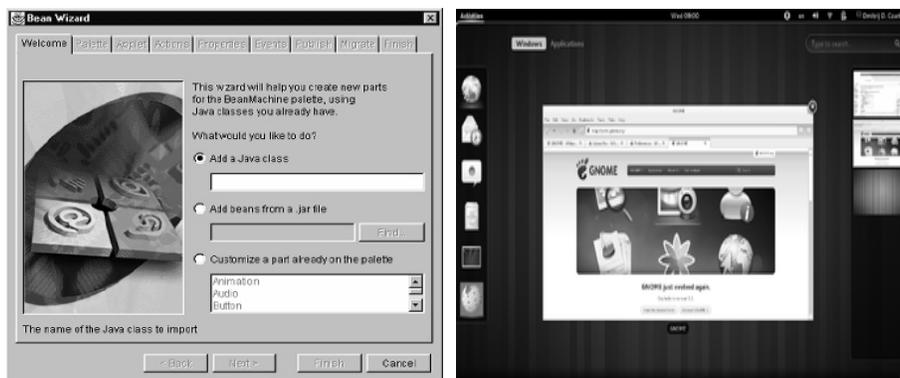
۵-۱. محیط‌های واقعیت مجازی

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

آشنایی با گرافیک رایانه‌ای و کاربردهای آن ۱۳



شکل ۱۳-۱ نمای 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.

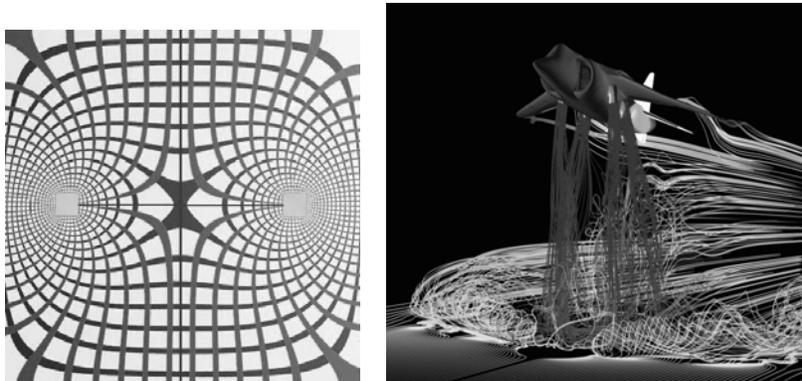


شکل ۱۶-۱ تور گردشگری مجازی از مکان‌های تاریخی.



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

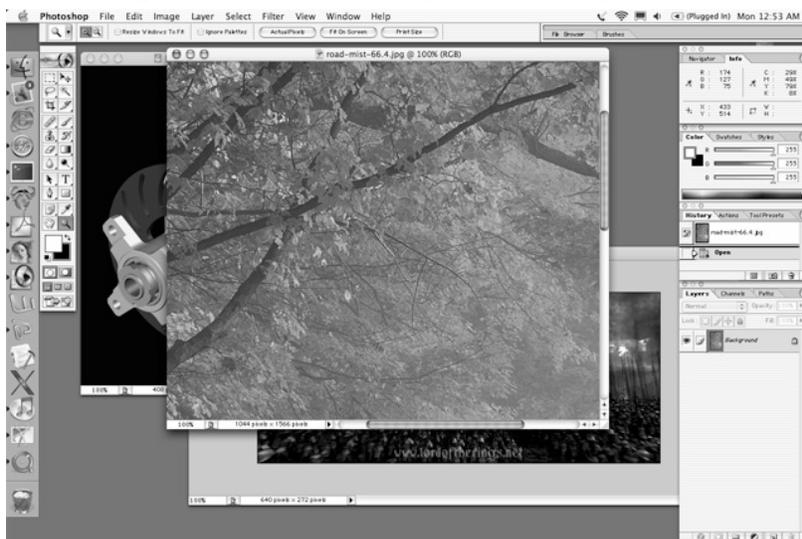
^۱.Visualization



شکل ۱۷ - ابصری سازی جریان هوا در اطراف جت Harrier. شکل ۱۸ - بصری سازی میدان الکترومغناطیسی.

۷-۱. 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 ممتیکا^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

آشنایی با گرافیک رایانه‌ای و کاربردهای آن ۱۵

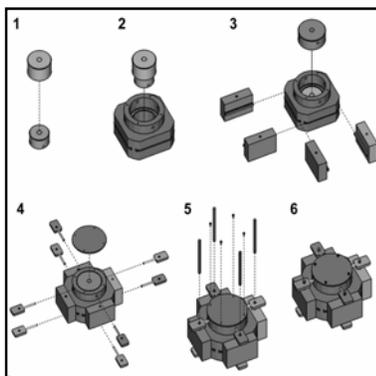


شکل ۲۱- ۱ طراحی به کمک رایانه.



شکل ۲۰- ۱ مجسمه‌سازی 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 ۲۴- ۱ نمایی از کابین هواپیما که برای آموزش خلبانی شبیه‌سازی شده است.



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

۹-۱. پردازش تصویر

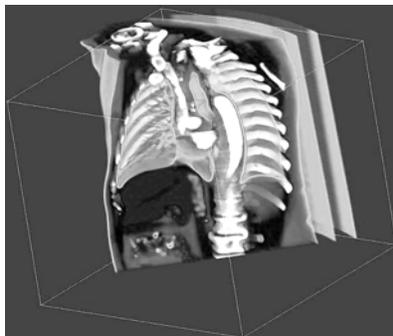
هر گونه تحلیل، تفسیر و تغییر تصویر را پردازش تصویر^۱ می‌گویند. یک مثال از کاربردهای پردازش تصویر برای بهبود کیفیت تصویر در شکل ۱-۲۵ آمده است. روتوش تصاویر و تحلیل تصویر برای بررسی یک الگوی خاص در تصویر که در بینایی ماشین (روباتیک) کاربرد دارد، از دیگر کاربردهای پردازش تصویر است. در فصل‌های ۷ و ۸ مفاهیم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



شکل ۱-۲۵ - 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 ۱-۲۶ و ۱-۲۷ نمونه‌هایی از کاربرد گرافیک رایانه‌ای در پزشکی را نشان می‌دهد.



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



شکل ۱-۲۶ - کولونوسکوپی مجازی برای آموزش پزشکان.

^۱.Image Processing ^۲.Computerized Aerial Topography ^۳.Magnetic Resonance Imagery

۱۱-۱. تمرین

۱. اصطلاحات زیر را تعریف کنید:
الف: واقعیت مجازی
ب: واسط گرافیکی کاربر (GUI)
ج: طراحی به کمک رایانه (CAD)
۲. چند نمونه از کاربردهای گرافیک رایانه‌ای در سرگرمی و آموزش را ذکر کنید؟
۳. در مورد هر یک از کاربردهای گرافیک رایانه‌ای یک مثال عملی غیر از مثال‌های ذکر شده در متن درس بیابید؟
۴. مثال‌هایی از کاربرد گرافیک رایانه‌ای در تحصیلات و رشته‌های مختلف دانشگاهی ذکر کنید؟
۵. چند نمونه از زبان‌های برنامه‌نویسی که برای طراحی گرافیک رایانه‌ای امکانات مناسب دارند را نام ببرید؟
۶. استانداردها و کتابخانه‌های گرافیک رایانه‌ای را نام ببرید؟
۷. چند نمونه از کاربرد گرافیک رایانه‌ای در هنر را نام ببرید؟
۸. کاربرد گرافیک رایانه‌ای در تولید قطعات رایانه‌ای و غیر رایانه‌ای را توضیح دهید؟
۹. مفهوم پردازش تصویر را توضیح دهید؟

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 عبارت‌اند از: ۱. **تکنولوژی پیمایش برداری**^۱ یا **پیمایش تصادفی**^۲. ۲. **تکنولوژی نقشه بی‌بی**^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.

۱-۱-۱-۲. تکنولوژی برداری

در این مدل، حافظه‌ای که بافر نامیده می‌شود الگوی گرافیکی مورد نظر را نگه می‌دارد، بخشی به نام **کنترل‌کننده 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 کنترل‌کننده برخورد دارد، روشن می‌شود تا گرافیک مورد نظر ایجاد شود.

¹.Vector scan ².Random scan ³.Bitmap ⁴.Raster scan ⁵.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.

۲-۱-۱-۲. 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. **مدل راستری^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 راستری 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. کنترل‌کننده 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 مدل برداری

✚ 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 هر کدام از این تکنولوژی‌ها در دستگاه‌های خروجی گرافیکی در بخش‌های بعدی بحث خواهد شد.

^۱.Refresh buffer

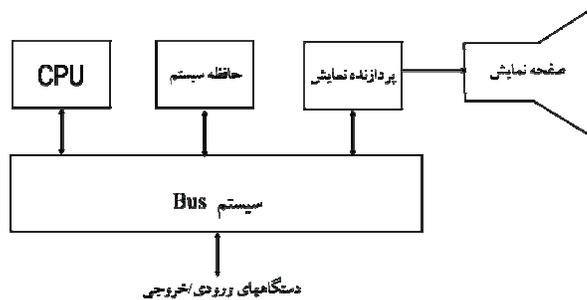
^۲.Raster conversion

^۳.Video controller

^۴.Aliasing

۳-۱-۱-۲. معماری و اجزای سیستم پیمایش برداری

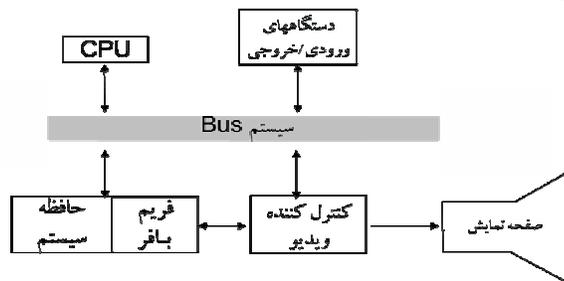
معماری ساده یک سیستم پیمایش برداری (تصادفی) در شکل ۱-۲ آمده است. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌کنید، برنامه و دستورات ترسیم به عنوان ورودی به این سیستم وارد شده و در حافظه سیستم^۱ ذخیره می‌شوند. دستورات گرافیکی موجود در برنامه ورودی با استفاده از یک بسته گرافیکی^۲ به یک فایل به نام فایل نمایش^۳ تبدیل 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.

۴-۱-۱-۲. 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

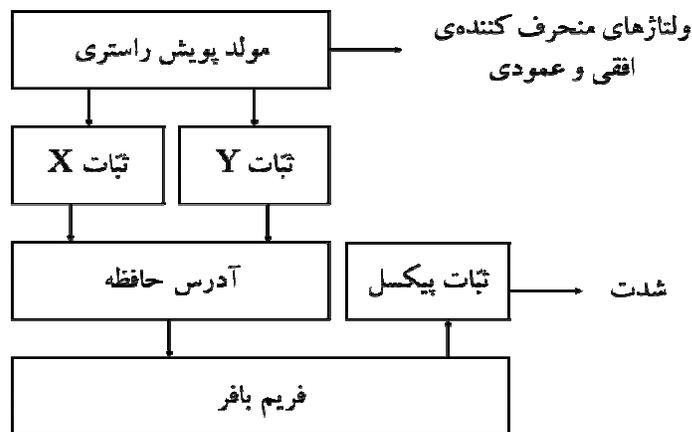
^۱.System memory ^۲.Graphic package ^۳.Display file ^۴.Display processor
^۵.Display processing unit ^۶.Graphic controller

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 کنترل‌کننده 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 ماینیتورها.



شکل ۳-۲ ساختار کنترل‌کننده 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.

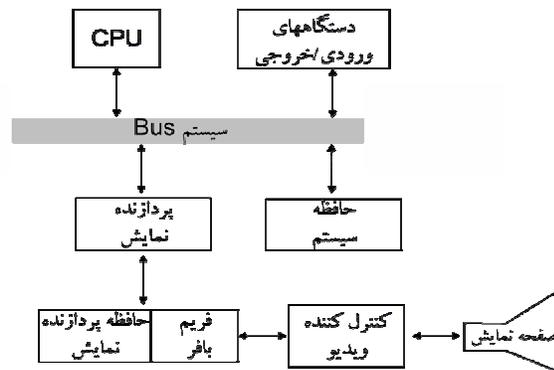
برای هر پیکسل سه مقدار قرمز، سبز و آبی وجود دارد. این سه مقدار شدت پرتوهای قرمز، سبز و آبی را تنظیم می‌کند. یک سیستم نمونه را در نظر بگیرید که تعداد پیکسل‌های قابل نمایش آن ۸۰۰×۶۰۰ باشد، و

^۱.Frame buffer

فرکانس نمایش پیکسل 60HZ باشد. این پیکسل ها وقتی تک تک نمایش داده می شوند، هنگام برگشت به پیکسل اول و نمایش دادن آن باید $\frac{1}{60}$ ثانیه طول بکشد. به عبارت دیگر، باید بتوان 60 بار این کار را انجام داد. $(m=800*600*60=28.8*10^6)$. بنابراین هر پیکسل را باید در زمان $1/m=34*10^{-9}$ از حافظه خواند و نمایش داد. مقدار $1/m$ بیان می کند که باید در یک چنین سیستمی در هر 34 نانو ثانیه بتوان یک پیکسل را از حافظه واکنشی کرده و در صفحه نمایش نشان داد. ولی حافظه هایی که در رایانه استفاده می شوند، معمولاً زمان دسترسی آن ها 200 نانو ثانیه است. یعنی، خواندن از آن ها 200 نانو ثانیه طول می کشد. اما باید بتوان در 34 نانو ثانیه یک پیکسل را خواند! برای حل این مشکل در هر ثانیه می توان بیش از یک پیکسل را خواند. (چرا که حافظه ها کند هستند و برای این که تصویر ثابت داشته باشیم حداقل فرکانس 60 هرتز می خواهیم و 800×600 هم یک رزولوشن معمولی است پس ناگزیریم اطلاعات پیکسل ها را چند تایی بخوانیم تا به این کیفیت برسیم).

معماری پیمایش راستری با پردازنده کمکی

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



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

معماری ساده ای که قبلاً بررسی شد، دو مشکل عمده داشت. اول این که پردازنده باید تمام کارهای گرافیکی و غیر گرافیکی را انجام می داد اما در این سیستم دو پردازنده وجود دارد که یکی کارهای عمومی را انجام می دهد و دیگری پردازنده نمایش است که کارهای گرافیکی را انجام می دهد. بنابراین، کارهای گرافیکی سریع تر انجام می شوند.

مشکل دیگری که سیستم معماری ساده داشت، این بود که وقتی کنترل کننده ویدئو به حافظه دسترسی پیدا می کند، پردازنده نمی تواند به حافظه دسترسی پیدا کند و باید منتظر باشد تا کار کنترل کننده ویدئو تمام شود،

سیس 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 کنترل کننده ویدئو نمی‌ماند.

۱-۲-۲. 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 ماینیتورها و پروژکتورها. در ادامه هر کدام از این دستگاه‌های خروجی به تفصیل بررسی خواهند شد.

۱-۱-۲. دستگاه‌های کپی نرم

ماینیتور یا صفحه نمایش، متداول ترین دستگاه خروجی بوده که برای نمایش اطلاعات استفاده می‌گردد. کلیه تصاویر، اعم از کاراکترهای گرافیکی، حروف، ارقام، علائم و ویژه و تصاویر گرافیکی به وسیله نقاط کوچکی به نام پیکسل^۴ ساخته می‌شوند. کیفیت تصاویر، در درجه اول به طراحی قطعات الکترونیکی 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 ماینیتورها 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 ماینیتورها مورد بحث قرار می‌گیرد.

• نمایشگرهای لامپ اشعه کاتدی

ماینیتورهای اشعه کاتدی یا لامپ تصویری که به آن‌ها نمایشگرهای اشعه کاتدی با تازه‌سازی^۸ نیز گفته می‌شود، اولین نسل نمایشگرها بودند. این ماینیتورها 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 ماینیتورها دارای صفحات محدب و تخت بودند. نوع صفحه تخت آن‌ها بین کاربران پرطرفدارتر بود. نحوه عملکرد این ماینیتورها بر اساس لامپ خلأ کاتدی است. ایجاد تصویر در این ماینیتورها 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.

¹.Hard copy

².Soft copy

³.Interactive display

⁴.Pixel

⁵.Resolution

⁶.Cathode ray tube

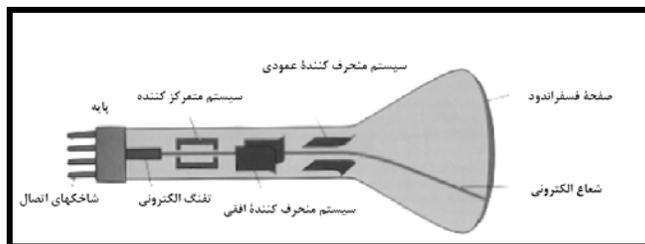
⁷.Flat panel display

⁸.Refresh CRT

⁹.Electron gun

¹⁰.Focusing system

¹¹.Deflection system



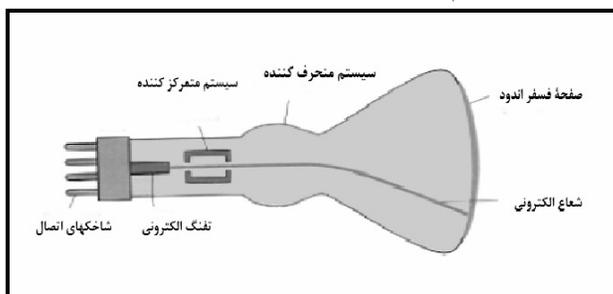
شکل ۵-۲ ساختار نمایشگر CRT با سیستم منحرف کننده الکترواستاتیکی

سیستم منحرف کننده و سیستم متمرکز کننده می توانند از نوع الکترومغناطیسی یا الکترو استاتیکی باشند.

شکل ۶-۲ ساختار نمایشگرهای CRT با سیستم منحرف کننده الکترومغناطیسی را نشان می دهد.

بخش های اصلی نمایشگرهای CRT عبارتند از:

تفنگ الکترونی: وظیفه تفنگ الکترونی پرتاب پرتو الکترون به سمت صفحه فسفری است. همان طور که در شکل ۷-۲ می بینید، تفنگ الکترونی دارای دو بخش کاتد فلزی گرمایی و شبکه کنترل^۱ می باشد. گرما باعث بالا رفتن انرژی جنبشی الکترون های سطح کاتد گرم شده گشته و الکترون های آزاد شده به سمت صفحه فسفر اندود به وسیله ولتاژی بالا شتاب داده می شوند. وظیفه شبکه کنترل، کنترل شدت شعاع الکترون ها با القای ترازهای ولتاژ است. ولتاژ منفی بالای القاء شده به وسیله شبکه کنترل باعث دفع الکترون ها شده مانع عبور آنها از منفذ شبکه کنترل می گردد و ولتاژ منفی پایین تر تنها باعث کاهش عبور الکترون ها از منفذ شبکه کنترل می شود. یعنی، هر چه میزان این ولتاژ بیشتر باشد الکترون ها کمتر رد می شوند. شدت نور منتشر شده از برخورد الکترون ها با صفحه فسفر اندود بستگی به تعداد الکترون های نفوذی دارد. لذا روشنایی صفحه نمایش را می توان با القای ترازهای مختلف ولتاژ بر روی شبکه کنترل، تنظیم کرد. بنابراین به سادگی می توان گفت که کار شبکه کنترل، تنظیم شدت نور نقطه ی روشن شده روی صفحه است.



شکل ۶-۲ ساختار نمایشگر CRT با سیستم منحرف کننده الکترو مغناطیسی.

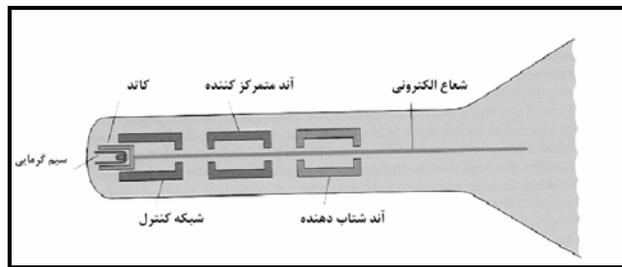
الکترون پرتاب شده توسط تفنگ الکترونی در ادامه راه از سیستم متمرکز کننده عبور می کند. کار این سیستم همگرا کردن شعاع الکترون ها به یک نقطه کوچک هنگام برخورد با صفحه فسفر اندود است.

^۱.Control grid

سیستم‌های گرافیکی ۲۵

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 استوانه 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 منحرف کننده پرتو الکترونی را به محل مورد نظر روی صفحه فسفری هدایت می‌کند.

به دلیل این که نور منتشر شده از صفحه فسفری سریعاً از بین می‌رود، لذا باید روشی برای نگهداری دائمی تصویر موجود باشد. مدت زمان لازم برای رسیدن شدت نور اولیه 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 درجه 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 ماینیتورها 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 cf^2 گفته می‌شود. به عبارت دیگر، به نرخ تازه سازی صفحه که موجب می‌شود چشم تصویر را پیوسته و ثابت ببیند، cf^2 گویند.

^۱ تعریف شدت نور: تعداد الکترون‌هایی که در واحد زمان به صفحه نمایش برخورد می‌کنند.

^۲ Critical Fusion Frequency

تفکیک پذیری

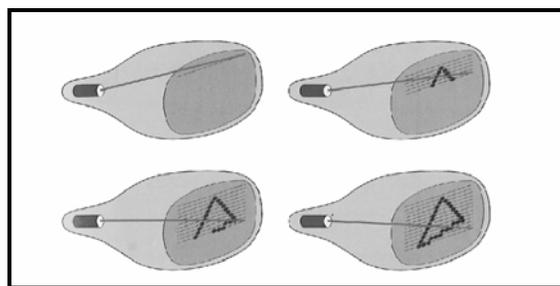
حداکثر تعداد نقاط قابل نمایش در یک صفحه نمایش بدون روی هم افتادگی یا هم پوشانی (به عبارت دقیق تر، تعداد نقاط قابل رسم در یک سانتیمتر از صفحه به صورت افقی و عمودی) را تفکیک پذیری گویند. تفکیک پذیری به نوع فسفر، سیستم منحرف کننده، سیستم متمرکز کننده و ظرفیت سیستم رایانه‌ای بستگی دارد.

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

متداول ترین 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 سطرها را از بالا به پایین پیمایش می‌کند. چون سیستم‌های با کیفیت بالا به درجه 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 سطرها زوج و در گذر دوم سطرها فرد پیمایش می‌شوند. شکل ۸-۲ روش کار نمایشگرهای پیمایش راستری را نشان می‌دهد.

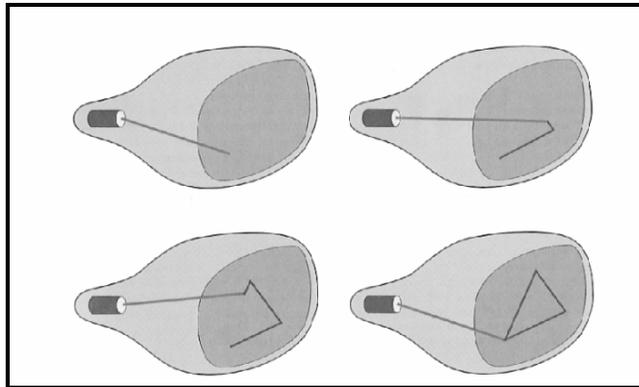


شکل ۸-۲ نحوه کار نمایشگرهای raster scan.

^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 صفحه 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

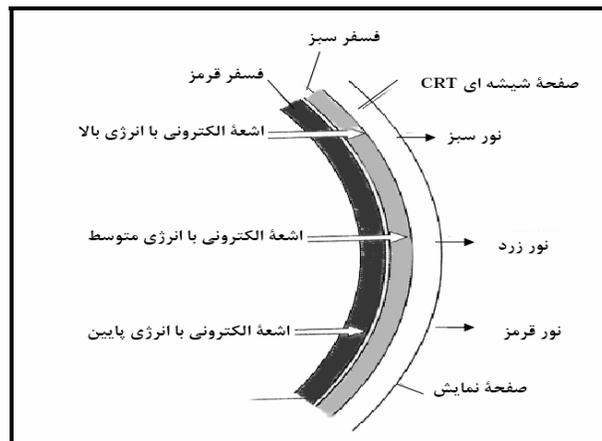
در این روش، نمایشگرها از سیستم پیمایش برداری برای نمایش تصاویر خود استفاده می‌کنند. روی صفحه جلویی این نمایشگرها دو لایه‌ی فسفر که معمولاً قرمز و سبز هستند، صفحه را پوشش داده‌اند، رنگ نمایش داده شده بر حسب این که پرتو الکترونی تا چه اندازه به لایه‌ی فسفر نفوذ می‌کند، متفاوت خواهد بود. همان‌طور که در 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 برانگیخته 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 می باشد، اما تنها می تواند پنج رنگ سبز، قرمز، زرد، نارنجی و سیاه را تولید کند، بنابراین، این مانیتورها تنها دارای پنج رنگ بوده و همچنین کیفیت تصویر در آن ها پایین است.

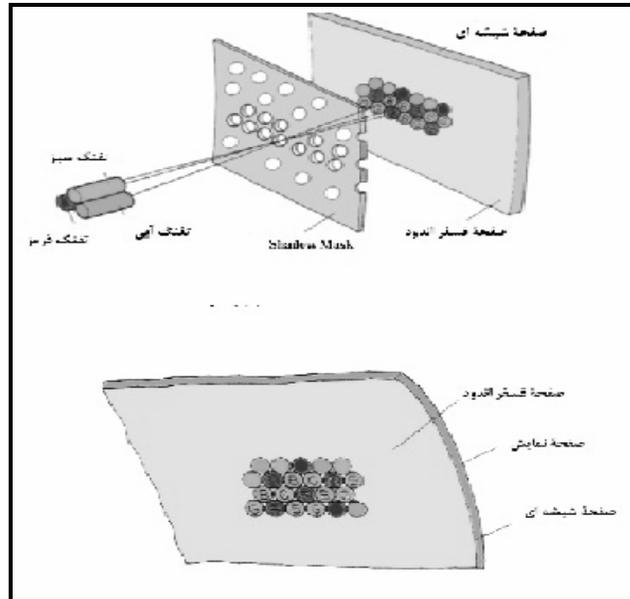
• روش ماسک سایه

نسل بعدی نمایشگرهای CRT رنگی برای تولید تنوع رنگ بیشتر نمایشگرهای ماسک سایه بودند. این روش در سیستم های پیمایش راستری مانند تلویزیون های رنگی و نمایشگرهای CRT رنگی استفاده می شود. 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 می تابند. همان طور که در شکل ۱۱-۲ ملاحظه می کنید، 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 می شود. هر کدام از این پرتوها مشخص است که برای تولید کدام رنگ هستند. این سه پرتو به این سه فسفر رنگی می تابند و رنگ آن ها را با هم ترکیب می کنند. اگر سه پرتو خاموش باشند، آن نقطه سیاه است و اگر هر یک از سه رنگ روشن باشد فسفر به آن رنگ دیده می شود. شدت ترکیب این سه رنگ یا کم و زیاد شدن هر یک از آن ها رنگ های مختلف ایجاد می کند. 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 حفره ها طوری تنظیم شده اند 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 می کنند. هر چه فاصله حفره های صفحه فلزی کمتر باشد، آدرس پذیری بالاتر است. به فاصله بین این حفره ها **پیچ**^۲ گفته می شود. پیچ، تعیین کننده تفکیک پذیری یا رزولوشن صفحه نمایش است.



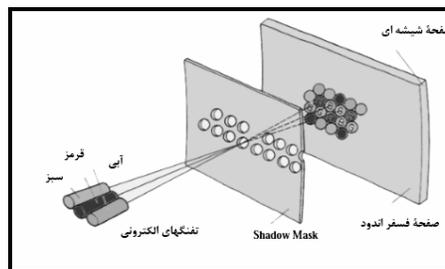
شکل ۱۰-۲ روش نفوذ پرتو.

^۱.In-line ^۲.Pitch



شکل ۱۱- ۲ روش دلتا- دلتا.

در سیستم‌های گرافیکی راستری با کیفیت بالا که برای هر پیکسل ۲۴ بیت در بافر فریم خود دارند، ۲۵۶ تنظیم ولتاژ برای هر تفنگ الکترونی (۲۵۶ شدت نور مختلف برای هر رنگ اصلی) و نزدیک به هفده میلیون رنگ برای هر پیکسل وجود دارد. سیستم رنگی RGB با ۲۴ بیت برای هر پیکسل، سیستم تمام رنگی^۱ نامیده می‌شود.



شکل ۱۲- ۲ روش درون خطی.

• **نمایشگرهای Storage CRT (سیستم DVST)**

سیستم DVST^۲ روش جایگزین برای حفظ تصویر صفحه است، که ذخیره‌ی اطلاعات در داخل صفحه نمایش را جایگزین عمل تازه سازی می‌کند (شکل ۱۳ - ۲). این روش، اطلاعات تصویر را به صورت توزیع بار در کنار صفحه‌ی فسفری ذخیره می‌کند. در این سیستم، دو تفنگ الکترونی وجود دارد. یک تفنگ برای

^۱. Full color system ^۲. Direct view storage tube