رنگ‌سینمایی

ازمانیتور شما تا صفحه نمایش بزرگ

کتاب‌سفید کمیته فناوری VES

17اکتبر 2012

@ karimiraw
karimiraw@gmail.com

بسم الله
الرحمن
الرحيم

شرح

این‌مقاله مقدمه ای بر خطوط رنگی پشت جلوه های بصری و انیمیشن مدرن فیلم بلند ارائه می کند.

رنگ‌بر بسیاری از قسمت های خط لوله گرافیک کامپیوتری تأثیر می گذارد. از رنگ آمیزی بافت گرفته تا نورپردازی، رندرینگ تاترکیب بندی، و از نمایش تصویر تا تئاتر، مدیریت رنگ یک مشکل پیچیده است. ما مقدمه ای بر علم رنگ، رمزگذاری رنگ،و بحثی در مورد رنگ سنجی ارجاع شده به صحنه و نمایش ارجاع داده شده ارائه می دهیم. سپس این مفاهیم را به استفاده‌از آنها در مدیریت رنگ های متحرک مدرن تعمیم می دهیم. در نهایت، مقدمه ای کوتاه بر تلاش های اخیر در زمینه استانداردسازی‌رنگ های دیجیتال در صنعت تصویر متحرک (ACES و CDL) و اینکه چگونه خوانندگان می توانند با استفاده از نرم افزارمتن باز (OpenColorIO) به صورت رایگان همه این مفاهیم را آزمایش کنند، ارائه خواهیم کرد.

نویسندگی

این‌مقاله توسط جرمی سلان نوشته شده و توسط اعضای کمیته فناوری VES از جمله راب برودو، دن کاندلا، نیک کانن،پل دبوک، ری فینی، اندی هندریکسون، گاوتام کریشنامورتی، سام ریچاردز، جردن سولز و سباستین سیلوان بررسی‌شده است.

مخاطب‌مورد نظر

این‌سند برای گرافیست های کامپیوتری و توسعه دهندگان نرم افزار علاقه مند به جلوه های بصری و مدیریت رنگ انیمیشن‌در نظر گرفته شده است. آشنایی با اصول گرافیک کامپیوتری ترجیح داده می شود.

دروب

کمیته‌فناوری VES یک پانل متخصص را تشکیل داده است که می توانید به آن دسترسی داشته باشید ves-tech-color@googlegroups.com برای سوالات، نظرات و اشتباهات مربوط به این سند.

بازدیدکنید CinematicColor.comبرای منابع اضافی مربوط به مدیریت رنگ تصاویر متحرک.

فهرست‌مطالب

معرفی 4

علم‌رنگ 7

رمزگذاری‌رنگ، فضای رنگ، و وضعیت تصویر 12

نمایش‌تصاویر ارجاع شده 13

تصاویرارجاع شده به صحنه 16

تصحیح‌رنگ، فضای رنگ، و "Log" 23

مدیریت‌رنگ متحرک 24

دیجیتال‌متوسط، مسترینگ و تحویل 26

نورپردازی،رندر، سایه 30

ترکیب‌کردن 33

بافت‌و نقاشی مات 39

بازرسی‌انتقادی از تصاویر 41

ACES 42

OpenColorIO 43

ضمیمه 44

جداول‌جستجو 45

ASC-CDL 48

فرمت‌های فایل 49

X'Y'Z و DCI P3 50

منحنی‌های نور روز و بدن سیاه 51

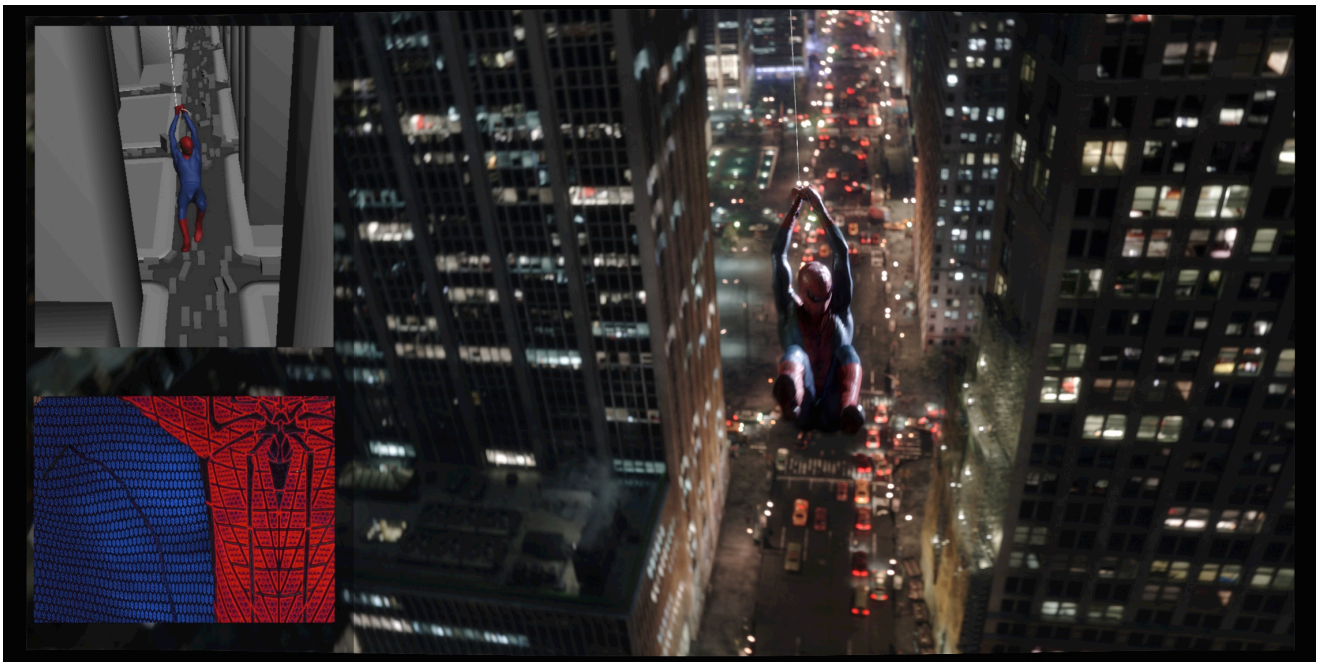
سپاسگزاریها 52

مراجع‌و مطالعه بیشتر 54

1.مقدمه

تمرین کنندگان‌جلوه های بصری و انیمیشن با چالش های مدیریت رنگ مواجه می شوند که در کتاب های درسی سنتی مدیریت‌رنگ یا منابع آنلاین پوشش داده نشده اند. این امر هنرمندان دیجیتال و توسعه دهندگان گرافیک کامپیوتری را به حال‌خود رها می کند. متأسفانه بهترین شیوه ها معمولاً از طریق دهان به دهان، انجمن های کاربران یا اسکریپت هایی که بین‌امکانات کپی می شوند، منتقل می شوند.

این‌سند تلاش می کند تا توجه را به چالش های خط لوله رنگ در جلوه های بصری مدرن و تولید انیمیشن جلب کند و تکنیک هایی‌را که در حال حاضر در مراکز تولید اصلی استفاده می شوند، ارائه می کند. ما همچنین راه حل های مدیریت رنگ‌منبع باز موجود برای استفاده در خانه (OpenColorIO) و تلاش صنعتی برای استانداردسازی چارچوب رنگی مبتنی بر تبادل‌ممیز شناور (ACES) را بررسی می کنیم.



این‌تصویر کاملاً رایانه ای بر بسیاری از تکنیک های مدرن در مدیریت رنگ، از جمله رویکرد خطی صحنه برای رندرینگ، سایه زنی،و روشنایی، علاوه بر بازسازی نور در محل و مدیریت بافت تأثیر می گذارد.[1] جلوه های بصری توسط Sony Pictures Imageworks. تصاویری از «مرد عنکبوتی شگفت انگیز» توسط کلمبیا پیکچرز.© .کلیه حقوق محفوظاست .2012 Columbia Pictures Industries, Inc

[1]این تصویر اگرچه تاریک است، اما جزئیات خوبی در سایه دارد. اگر این نواحی سایه ها سیاه و سفید به نظر می رسند، لطفاً کالیبراسیون‌نمایشگر و گامای خود را تأیید کنید.

درتولید جلوه های بصری و انیمیشن با چه چالش های مدیریت رنگ مواجه هستیم؟

الزامات‌مختلف: جمع کردن تمام جلوه های بصری و انیمیشن در یک سطل دشوار است، زیرا هر رشته دارای اهداف و محدودیت های‌خط لوله رنگی بالقوه متفاوتی است. به عنوان مثال، در تولید جلوه های بصری یکی از قوانین طلایی این است‌که مناطق تصویری که جلوه های بصری وجود ندارد به هیچ وجه نباید اصلاح شوند. این یک محدودیت برای خطوط لوله‌رنگ ایجاد می کند - اینکه تبدیل رنگ اعمال شده در عکاسی باید کاملاً معکوس باشد. انیمیشن مجموعه ای از الزامات منحصربه فرد خود را دارد، مانند مدیریت با وفاداری بالا در بخش های اشباع شده از طیف رنگ. بنابراین، خطوط لوله رنگی‌برای فیلم های سینمایی باید اولویت های "تصویر بزرگ" را دنبال کنند و اغلب برای تولیدات خاص طراحی می شوند.

فلسفه‌های رنگ های مختلف: وجود دارد *زیاد* مکاتب فکری در مورد چگونگی بهترین مدیریت رنگ در تولید تصاویر متحرک‌دیجیتال. (ما ادعا می کنیم که تنوع بسیار بیشتری در مدیریت رنگ تصاویر متحرک نسبت به انتشار رومیزی وجود دارد). برخی از امکانات در فضاهای رنگی با محدوده دینامیکی بالا (HDR) ارائه می شوند. سایر امکانات ترجیح می دهند درمحدوده دینامیکی پایین (LDR) رندر شوند. برخی از امکانات به ویژگی های نمایش خروجی (یعنی گاما) به عنوان ابزار اصلی‌در ایجاد ظاهر نهایی تصویر متکی هستند. دیگران این کار را نمی کنند. زمانی که رویه فعلی دارای چنین تغییراتی است،ارائه گردش کار و مجموعه ابزار استاندارد شده چالش برانگیز است.

علاوه‌بر این، هزینه ها در مقابل مزایای تطبیق تکنیک های مدیریت رنگ جدید اغلب در مقابل تغییر قرار می گیرند. هنگامی که‌مشکلی در خط لوله رنگی تصویر متحرک رخ می دهد، اگر کار نیاز به انجام مجدد داشته باشد، می تواند عواقب مالی بزرگی داشته‌باشد. علاوه بر این، در حالی که تصمیمات پردازش رنگ در اوایل طول عمر تولید گرفته می شود، ممکن است عواقب آن(هم مثبت و هم منفی) تا چند ماه آینده مشهود نباشد. این جدایی علت و معلول، آزمایش و نوآوری را چالش برانگیز می کند،و اغلب مردم را به این ادعا سوق می دهد که "ما همیشه این کار را انجام داده ایم، ارزش امتحان کردن چیز جدیدی را ندارد".

تلنگراین است که تکنیک های گرافیک کامپیوتری مورد استفاده در تولید تصاویر متحرک به سرعت در حال تغییر هستند و از بسیاری‌از تکنیک های مدیریت رنگ کلاسیک پیشی گرفته اند. برای مثال، گرایش اخیر به سمت رندر فیزیکی، سایه زنی مبتنی‌بر فیزیکی، و مدل های روشنایی معقول تنها زمانی که با محدوده های دینامیکی معمولی در دنیای واقعی (HDR) کار می کنید،تا حد کامل مورد استفاده قرار می گیرند. بنابراین ما ادعا می کنیم که در آینده، برای برنامه های گرافیکی کامپیوتری وجلوه های بصری و امکانات انیمیشن در نظر گرفتن رویکردهای مدرن برای مدیریت رنگ به طور فزاینده ای سودمند خواهد بود.البته فقط به این دلیل که یک تکنیک مدیریت رنگ جدید و براق است به معنای برتری نیست. هنگام اتخاذ رویکردهای جدیدبرای حفظ مزایای خطوط لوله رنگی تاریخی تا حد ممکن باید مراقب بود.

چندورودی و خروجی: در جلوه های بصری لایو اکشن، تصاویر اغلب با استفاده از تعداد زیادی از دستگاه های ثبت ورودی (دوربین های دیجیتالی تصاویر متحرک، دوربین های عکاسی و غیره) به دست می آیند و اغلب تمایل به ادغام یکپارچه منابع‌وجود دارد. در سمت خروجی، تصاویر نهایی تحویلی اغلب برای محیط های تماشای متمایز طراحی می شوند: ارائه تئاتردیجیتال، نمایش تئاتر فیلم، و همچنین سینمای خانگی. هر کدام از این خروجی ها ملاحظات رنگی متفاوتی دارند. علاوه‌بر این، هنرمندان اغلب روی نمایشگرهای دسکتاپ با شرایط مشاهده «دفتر» کار می کنند، اما نیاز به پیش نمایش با وفاداری‌بالا از ظاهر نهایی دارند.

اکوسیستم‌نرم افزاری پیچیده: چالش دیگر این است که اکثر تولیدات جلوه های بصری و انیمیشن استفاده می کنند *زیاد* ابزارهای‌نرم افزاری: نمایشگرهای تصویر، برنامه های بافت/نقاشی مات، برنامه های کمپوست سازی، ابزارهای نورپردازی، تولیدرسانه و غیره). اگرچه لازم است هنرمندان در یک خط لوله مدیریت رنگ در چندین برنامه کار کنند، پشتیبانی رنگ بین فروشندگان‌نرم افزار کاملاً متفاوت است. در حالت ایده آل، همه ابزارهای نرم افزاری که تصاویر را مبادله می کنند، تبدیل رنگ‌انجام می دهند یا تصاویر را نمایش می دهند باید به شیوه ای ثابت مدیریت رنگ شوند. موضوع مبادله زمانی که در نظربگیرید که چندین امکانات اغلب دارایی های تصویری را در یک فیلم به اشتراک می گذارند، زاویه پیچیده تری پیدا می کند.شیوه های مدیریت رنگ که تبادل با وفاداری بالا را تشویق می کنند، به شدت مورد نیاز هستند.

تصویرسازی‌قوی: جلوه های بصری و انیمیشن پایان خط از نظر پردازش تصویر نیستند. دیجیتال میانی (DI) ابزاری قدرتمند برای‌ساختن ظاهر نهایی یک فیلم متحرک (حتی برای ویژگی های انیمیشن) است و ممکن است به طور قابل توجهی بر ظاهر فیلم‌نهایی تأثیر بگذارد. بنابراین، ایجاد گرافیک کامپیوتری که برای چنین جریان های کاری قوی باشد و حتی در صورت اصلاحات‌رنگی شدید، وفاداری را حفظ کند، ضروری است. اگر واسطه دیجیتال در طول تولید در نظر گرفته نشود، به احتمال بسیارزیاد تصحیحات رنگی در مرحله آخر مشکلات پنهان را در تصاویر تولید شده توسط کامپیوتر آشکار می کند. کاربرد نهایی فشرده‌سازی نیز مورد توجه است.

اثبات‌آینده: پیشرفت های آینده برای فناوری نمایش (مانند محدوده دینامیکی گسترده تر) در افق نزدیک است. برای تولیدات‌بزرگ، بسیار عاقلانه است که تمام مراحل ممکن را برای اثبات تصاویر تولید شده توسط رایانه در آینده انجام دهید، به‌گونه ای که شما فقط یک "ریمستر" با بهره گیری از فناوری جدید فاصله دارید.

2.علم رنگ

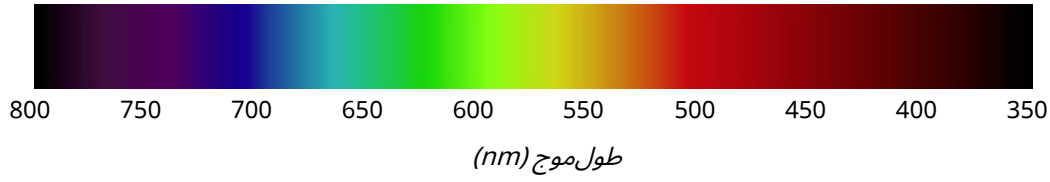
درحالی که بررسی دقیق رنگ سنجی فراتر از محدوده این سند است، کتاب های درسی زیادی وجود دارد که علم رنگ را با جزئیات‌فوق العاده معرفی می کند:

- *اندازه‌گیری رنگ* [هانت، 1998] یک نمای کلی از اندازه گیری رنگ و درک رنگ است.
- *تصویربرداری‌رنگی: اصول و کاربرد* [راینهارد و همکاران 2008] نمای کلی از اصول رنگ را ارائه می دهد، و همچنین مفاهیم‌مدرن از جمله دوربین و فناوری نمایش را پوشش می دهد.
- *علم‌رنگ* [ویسسکی و استایلز، 1982] کتاب مقدس متعارف برای دانشمندان رنگ است.

مقدمه‌ای کوتاه بر علم رنگ

علم‌رنگ، اندازه گیری فیزیکی را با مشخصات سیستم بینایی انسان ترکیب می کند. مبانی**رنگ سنجی** (اندازه گیری و توصیف‌رنگ) چارچوب مفهومی مهمی را ارائه می دهد که مدیریت رنگ بر آن ساخته شده است. بدون علم رنگ، مشخص کردن‌نمایشگرها، مشخص کردن دوربین ها، یا درک اصول تصویربرداری که در بقیه گرافیک های کامپیوتری نفوذ می کند ممکن‌نخواهد بود. در حالی که می توان فوراً به پیاده سازی خط لوله رنگ پرش کرد، داشتن یک درک ابتدایی از مفاهیمی مانندانداره گیری طیفی، XYZ و ظاهر رنگ، درک غنی تری از اینکه چرا رویکردهای خاص برای مدیریت رنگ موفق هستند، ارائه‌می دهد. علاوه بر این، آشنایی با واژگان علم رنگ برای بحث در مورد مفاهیم رنگ با دقت بسیار مهم است.

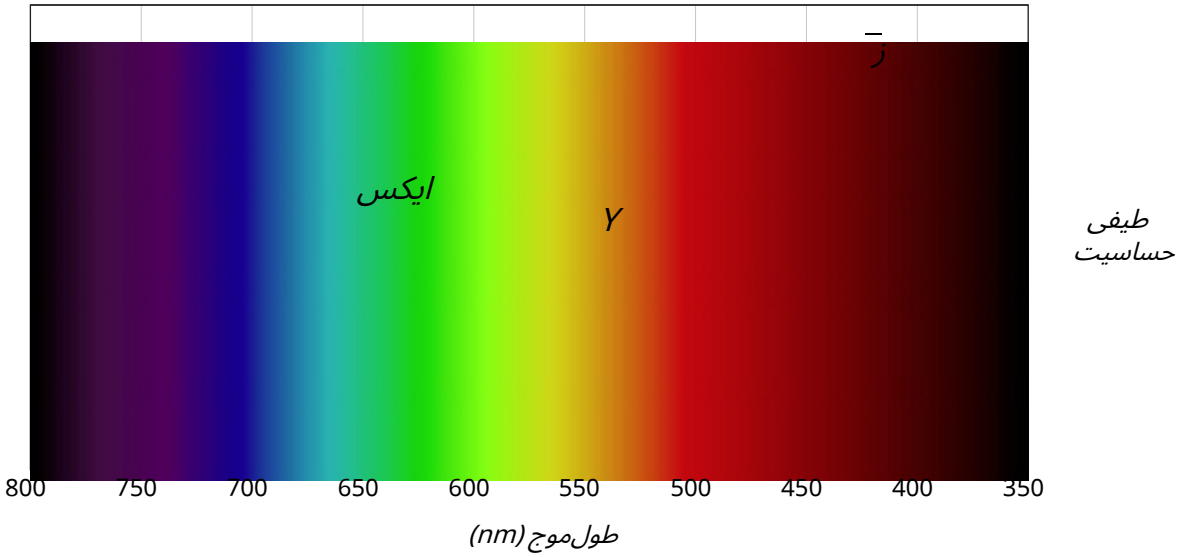
مطالعه‌علم رنگ با **طیف**. یکی انرژی نور را به عنوان تابعی از طول موج اندازه گیری می کند. سیستم بینایی انسان به طول موج‌های 380-780 نانومتر حساس ترین است. نور به سمت وسط این محدوده (زرد-سبز) به عنوان درخشان ترین در نظر گرفته‌می شود. در نهایت، نور ساطع شده بالاتر از 780 نانومتر (مادون قرمز) یا کمتر از 380 نانومتر (فرابنفش) به نظر می رسدکه از سیاه و سفید قابل تشخیص نیست، مهم نیست چقدر شدید است.



طیف‌الکترومغناطیسی تقریباً 380-780 نانومتر برای ناظران انسانی قابل مشاهده است. [2]

[2] سایر حیوانات می توانند نور را خارج از این محدوده درک کنند. برای مثال زنبورها به درون اشعه ماوراء بنفش می بینند. و دستگاه های تصویربرداری‌مانند دوربین های دیجیتال معمولاً دارای فیلتر داخلی برای جلوگیری از حساسیت به مادون قرمز هستند.

سیستم‌بینایی انسان، در شرایط عادی، سه رنگ است[3] . بنابراین، رنگ را می توان به طور کامل به عنوان تابعی از سه متغیر مشخص‌کرد. از طریق یک سری آزمایشات ادراکی، جامعه رنگی سه منحنی را به دست آورده است**توابع تطبیق رنگ CIE1931**، که امکان تبدیل انرژی طیفی به اندازه رنگ را فراهم می کند. دو طیف مختلف که با مقادیر منطبق XYZ ادغام می‌شوند، در شرایط مشاهده یکسان برای ناظران یکسان به نظر می رسند. چنین طیف هایی به عنوان شناخته می شوند *متامرها*. شکل خاص این منحنی ها محدود است[4]; بر اساس نتایج آزمایش های تطبیق رنگ.



توابع‌تطبیق رنگ CIE 1931، توزیع انرژی طیفی را به معیار رنگ، XYZ تبدیل می کند. XYZ پیش بینی می کند که آیا دو توزیع‌طیفی با میانگین یکسان به نظر می رسند[5] ناظر انسانی

هنگامی‌که یک توزیع توان طیفی را با منحنی های CIE 1931 ادغام می کنید، خروجی به عنوان نامیده می شود. **مقادیر سه محرکCIE XYZ**، با اجزای جداگانه برچسب گذاری شده است **ایکس**، **Y**، و **ز** (حروف بزرگ مهم است). در **Y**جزء در رنگ سنجی‌معنای خاصی دارد و به آن معروف است **درخشندگی فتوپیک** عملکرد. درخشندگی یک مقیاس کلی مقیاس انرژی نوراست که متناسب با پاسخ دید رنگی انسان وزن دارد. واحدهای برای درخشندگی، کندل در هر متر مربع (cd/m2، و گاهی اوقات‌در انجمن ویدئویی "nits" نامیده می شوند. جامعه تصاویر متحرک در طول تاریخ از یک واحد روشنایی جایگزین استفاده‌کرده است، "پا-لامبرت"، که در آن 1 fL برابر با 3.426 cd/m است.2. یک ترفند راحت برای به خاطر سپردن این تبدیل‌این است که 14.0 fL تقریباً دقیقاً‌به 48.0 cd/m می رسد.2، که به طور تصادفی همچنین درخشندگی هدف توصیه شده‌برای سفید نمایشی پیش بینی شده است.

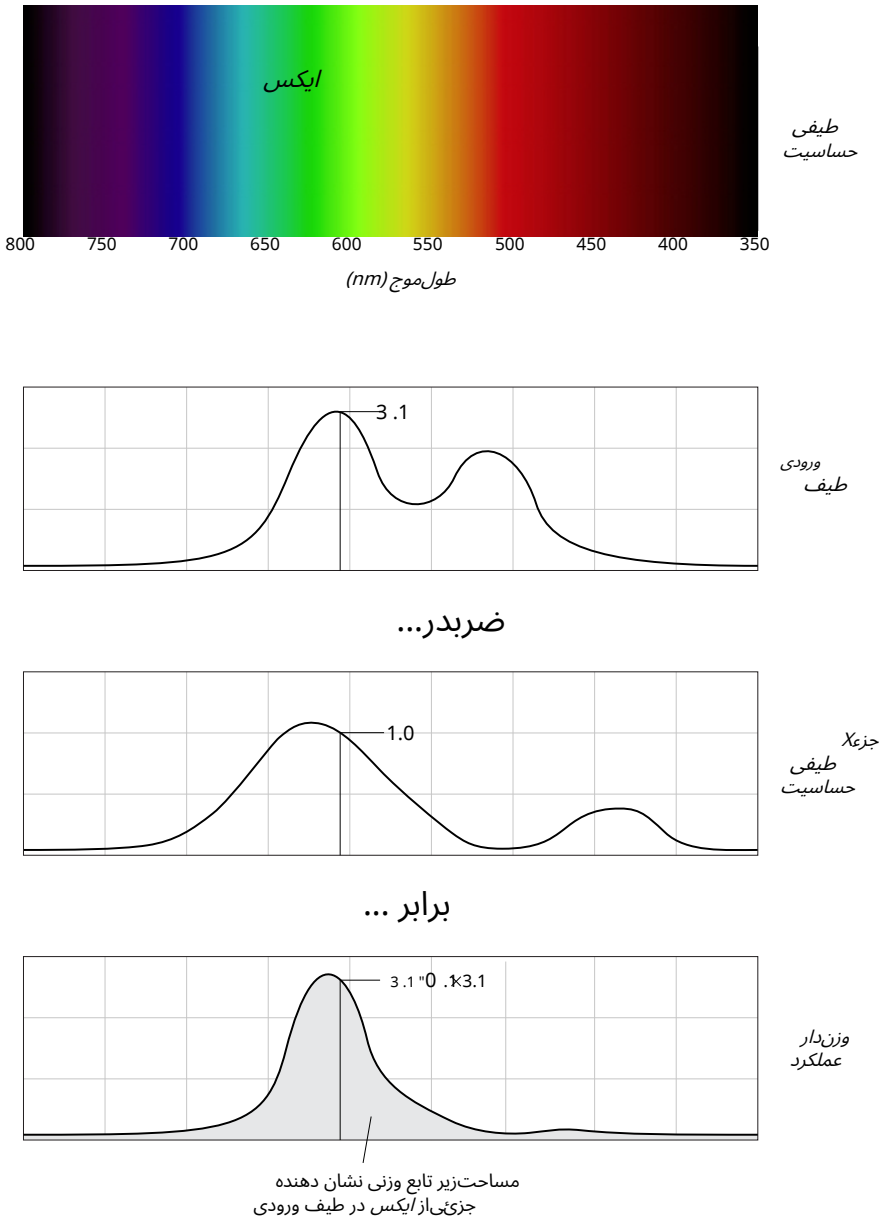
---

[3]برای اهداف این سند، افراد عادی رنگی (غیر کوررنگ) و سطوح نور فوتوپیک (دید مخروطی) را در نظر می گیریم.

[4]این منحنی ها به عنوان توابع پایه برای توصیف واکنش بینایی رنگی انسان به نور عمل می کنند. بنابراین تمام ترکیبات خطی این توابع تطبیق‌رنگ معیارهای معتبر رنگ هستند. این مبنای خاص با قفل کردن Y به پاسخ درخشندگی فتوپیک اندازه گیری شده، و سپس انتخاب منحنی های‌یکپارچه سازی X و Z برای محدود کردن مکان مرئی در اکتانت +Z+ ،X انتخاب شد.

[5]توابع تطبیق رنگ از میانگین چند ناظر انسانی مشتق شده است. پاسخ های فردی تنوع را نشان می دهد. در حالی که منابع نوری با طیف گسترده‌از لحاظ تاریخی تنوع کاربر را برجسته نکرده اند، تغییر به فناوری های نمایش با طیف باریک/گستره وسیع نشان می دهد که ممکن است‌به طور فزاینده ای تغییرات نهفته در درک رنگ را آشکار کند.

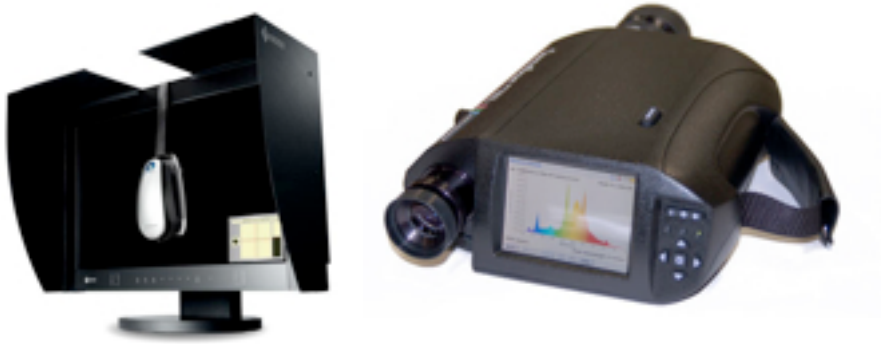
توجه‌داشته باشید که XYZ ظاهر رنگ را مدل نمی کند. XYZ برای پیش بینی رنگ ظاهری توزیع انرژی طیفی، تعیین رنگارنگ‌بودن یک نمونه، یا تعیین اینکه چگونه می توان دو طیف رنگی را در شرایط دید متفاوت معادل نشان داد، مناسب‌نیست.[6]در غیاب پردازش اضافی، است ،XYZ .*فقط* برای پیش بینی اینکه آیا دو توزیع رنگ طیفی قابل تشخیص‌هستند کافی است.



.باضرب انرژی در طیف ورودی (بالا) در تابع تطبیق رنگ مناسب (وسط) و سپس جمع کردن مساحت زیر منحنی(پایین) محاسبه می شود. از آنجایی که توابع تطبیق رنگ بر اساس حساسیت بینایی رنگ انسان است،انرژی طیفی در طول ادغام در خارج از طیف مرئی ارزش صفر دارد CIE XYZ

[6]مدل های ظاهری رنگ، بسیار پیچیده تر از منحنی های ادغام ساده، مدل های عجیب و غریب از سیستم بینایی انسان هستند و برای ایجادادراک رنگی منطبق در شرایط مختلف استفاده می شوند. یکی از محبوب ترین مدل های ظاهری رنگ CIECAM02 است. برای جزئیات‌بیشتر به [Fairchild، 98] مراجعه کنید.

طیف‌رادیومترها اندازه گیری توزیع توان طیفی، که از آن CIE XYZ محاسبه می شود. با اندازه گیری انرژی طیفی، چنین دستگاه هایی‌به دقت رنگ سنجی را حتی روی رنگ هایی با ویژگی های طیفی بسیار متفاوت اندازه گیری می کنند.
طیف سنج هارا می توان مستقیماً‌به سمت صحنه های واقعی نشانه گیری کرد تا به عنوان نورسنج با وفاداری بالا عمل کنند.برخلاف دوربین های معمولی، طیف سنج ها معمولاً‌تنها رنگ را در یک «پیکسل» با زاویه دید نسبتاً‌بزرگ اندازه گیری می کنند(چند درجه برای نمونه رنگی رایج است). در داخل، طیف سنج ها انرژی را به ازای هر طول موج نور ثبت می کنند (اغلب‌با افزایش های 2، 5 یا 10 نانومتری)، و اندازه گیری های طیفی را با توابع تطبیق رنگ برای نمایش مقادیر تحریک سه گانهXYZ یا Yxy ادغام می کنند. زمان های نوردهی طیف سنج ها به گونه ای است که رنگ را می توان با دقت در طیف وسیعی‌از سطوح روشنایی اندازه گیری کرد، علاوه بر خروجی نور با سوسو زدن زمانی فرکانس بالا (مانند پروژکتور دیجیتال). در حالی‌که طیف سنج ها بنابراین فوق العاده در تعیین مشخصات و کالیبراسیون دستگاه های با وفاداری بالا بسیار مفید هستند،دقت و تکرارپذیری درجه آزمایشگاهی را حفظ می کنند و بر این اساس قیمت گذاری می شوند.



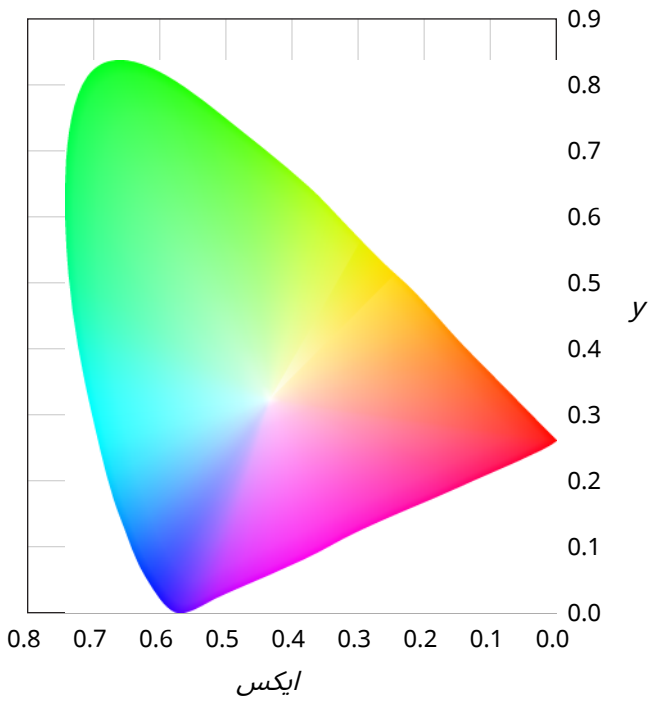
طیف سنج ها(سمت چپ) طیف مرئی را با دقت اندازه گیری می کنند و همچنین می توانند یک CIE XYZ یکپارچه را تولید کنند.روش های جایگزین برای اندازه گیری رنگ مانند رنگ سنج "puck" (سمت راست) بسیار مقرون به صرفه تر هستند اما طیف‌های رنگی کامل را ثبت نمی کنند. بنابراین، چنین دستگاه هایی تنها زمانی از دقت رنگ برخوردارند که روی یک کلاس خاص‌از فناوری نمایشگر تنظیم شوند. تصاویر با حسن نیت ارائه شده است Photo Research، Inc.، و EIZO.

اغلب‌راحت است که نمایش های رنگی را به اجزای درخشندگی و رنگی تفکیک کنیم، به طوری که بتوان رنگ ها را مستقل از شدت‌مقایسه و اندازه گیری کرد. متداول ترین تکنیک برای انجام این کار این است که "Cap X, Y, Z" را با مجموع (X+Y+Z) نرمال‌کنیم و سپس رنگ را به صورت (x, y, Y) نشان دهیم. به حروف بزرگ توجه کنید.

$$x = \frac{\text{ایکس}}{X + Y + Z)} \qquad y = \frac{Y}{X + Y + Z)}$$

مختصات‌رنگی (x,y) رنگ را مستقل از درخشندگی تعریف می کند. رسم این مقادیر بسیار رایج است، به ویژه‌هنگامی که به وسعت نمایشگر دستگاه اشاره می شود.

"کوچک y ،کوچک X(x,y) به عنوان نامیده می شود **مختصات رنگی**، و برای ترسیم رنگ مستقل از درخشندگی استفاده می‌شود. وقتی یکی تبدیل می شودهمه *ممکن است* طیف به *x،y،Y* فضا و پلات *x، y* آنها در یک منطقه نعل اسبی شکل درنمودار رنگی قرار می گیرند. لبه نعل اسب محل مرئی نامیده می شود و با اشباع ترین طیف رنگی که می توان ایجاد کرد مطابقت‌دارد. در این نمودار، روشنایی (Y) که از صفحه خارج می شود، متعامد به رسم می شود*x، y*.یک منبع آنلاین فوق العاده‌برای معادلات تبدیل رنگ اضافی است]brucelindbloom.com[.



*همه‌طیف های نوری ممکن، وقتی به صورت مختصات رنگی xy رسم می شوند، یک ناحیه نعل اسبی شکل را پر می کنند. منطقه‌داخل نعل اسب را نشان می دهد**همه** طیف رنگی یکپارچه ممکن؛ منطقه خارج با رنگ های فیزیکی ممکن مطابقت‌ندارد. چنین مختصات رنگی غیر قابل قبول فیزیکی اغلب برای اهداف رمزگذاری ریاضی مفید هستند، اما در هیچ سیستم‌نمایشی قابل تحقق نیستند.*

سیستم‌های نمایشگر افزودنی مانند تلویزیون با ترکیب سه رنگ نور رنگ ها را ایجاد می کنند. قرمز، سبز و آبی اغلب مورد استفاده‌قرار می گیرند، زیرا این امکان را می دهد تا قسمت زیادی از وسعت قابل مشاهده بازتولید شود. طیف رنگ هایی که‌می توان بازتولید کرد، مثلثی است که توسط رنگ های اولیه محصور شده است. توجه داشته باشید که به دلیل منحنی بودن‌مرز بیرونی نعل اسب، امکان انتخاب سه رنگ وجود ندارد که وسعت کامل قابل مشاهده را در بر بگیرد. (به یاد داشته باشید،شما نمی توانید نمایش های واقعی را با بازی های اولیه خارج از نعل اسب بسازید). به همین دلیل است که برخی از تولیدکنندگان‌تلویزیون اخیر شروع به آزمایش با افزودن رنگ اصلی چهارم کرده اند.

اگرچه‌فوراً مشخص نیست، نمودار رنگی یکنواختی ادراکی بسیار ضعیفی دارد. فواصل بین رنگ ها در*فضای رنگی* مستقیماً به تفاوت های ادراکی ظاهری آنها مربوط نمی شود. دو رنگ در نزدیکی *xy*ممکن است بسیار متفاوت به نظر برسند،در حالی که رنگ های دور از هم ممکن است غیرقابل تشخیص تلقی شوند. برای نمایش گرافیکی دقیق این عدم یکنواختی،«بیضی های مک آدام» را در کتاب های درسی رنگی سنتی ببینید. به طور کلی، رنگ های سبز اشباع شده در *xy* فضانسبت به شباهت ادراکی آنها بیش از حد تاکید می شود. غیر یکنواخت ادراکی XYZ (*xy*و) با توجه به اینکه XYZ ظاهر رنگ‌را مدل نمی کند جای تعجب نیست. یک فضای رنگی که*میکند* تلاش برای ایجاد فضای رنگی یکنواخت ادراکی است *CIE L*u*v**، که با استفاده از XYZ به عنوان ورودی محاسبه می شود. در حالی که یک بحث کامل از *L*u*v**(و جایگزین های‌مدرن تر) خارج از محدوده این سند است، هنگام تجسم طیف های رنگی به خاطر داشته باشید که یک *uv*طرح اغلب آموزنده‌تر از معادل است *xy*نمودار رنگی

درنهایت، از آنجایی که رنگ ذاتاً یک کمیت سه بعدی است، هر بحثی که از نمودارهای دو بعدی استفاده کند، گمراه کننده است.برای کاوش گرافیکی سه بعدی CIE XYZ، نگاه کنید*تجسم فضای رنگی XYZ* [سلان 2005].

2.1.رمزگذاری رنگ، فضای رنگ، و وضعیت تصویر

تااینجا ما در مورد اندازه گیری رنگ بحث کرده ایم، اما این اندازه گیری ها را به مفاهیم گرافیکی کامپیوتری به ظاهر آشنا مانندRGB مرتبط نکرده ایم. پس RGB چیست؟

RGBرمزگذاری رنگی است که در آن "اولیه" قرمز، سبز و آبی به صورت افزودنی مخلوط می شوند تا طیفی از رنگ ها را بازتولیدکنند. ظاهر رنگ خاص قرمز، سبز و آبی خالص به دستگاه نمایشگر انتخابی گره خورده است. اغلب با استفاده از مختصات‌رنگی شناسایی می شود. مقادیر کد ارسال شده به یک دستگاه نمایشگر اغلب به صورت غیر خطی با خروجی نور ساطع‌شده مطابقت دارد، همانطور که در XYZ اندازه گیری می شود. این غیرخطی بودن در ابتدا پیامد فناوری نمایش بود، امابامروزه به یک هدف مستمر در افزایش کارایی کدگذاری تصاویر ارسالی کمک می کند.

همه‌رنگ های RGB دارای واحد هستند. گاهی اوقات واحدهای یک پیکسل RGB صریح هستند، مانند اندازه گیری نور ساطع شده‌از یک صفحه نمایش با استفاده از یک طیف رادیومتر و توانایی ارجاع مقادیر پیکسل در cd/m^2 XYZ. با این حال، گاهی اوقات‌واحدها فقط به طور غیر مستقیم با دنیای واقعی مرتبط هستند، مانند ارائه یک تبدیل ریاضی به کمیت های قابل اندازه‌گیری. به عنوان مثال، داشتن مقادیر کد نشان دهنده لگاریتم یا توان RGB معمول است. به این تعریف از چگونگی ارتباط‌کمیت های رنگ قابل اندازه گیری با مقادیر کد RGB تصویر می گویند**رمزگذاری رنگ**، یا به طور معمول در جامعه گرافیک‌های رایانه ای متحرک، **فضای رنگی**[7]. در مورد فناوری نمایش، رمزگذاری های رنگی رایج (رابطه ارزش کد با عملکرد قابل‌اندازه گیری XYZ) شامل sRGB و DCI-P3 است.

درنظر گرفتن تصویر *نمایش دادن* تنها بخشی از داستان رمزگذاری رنگ را ارائه می دهد. علاوه بر ربط دادن مقادیر RGB به اندازه گیری های‌نمایشگر، می توان مقادیر RGB را با ویژگی های عملکرد یک *دستگاه ورودی* (یعنی یک دوربین). رنگ سنجی ورودی‌را می توان در واحدهای دنیای واقعی نیز اندازه گیری کرد. اندازه گیری یک طیف ورودی با اسپکتروفتومتر در XYZ دشوارنیست و سپس آن را با مقادیر RGB خروجی از دوربین مقایسه کنید. این فرآیند که شخصیت پردازی دوربین نامیده می‌شود، در بخش 2.3 بیشتر مورد بحث قرار خواهد گرفت.

دسته‌بندی فضاهای رنگی بر اساس «جهت» این رابطه به کمیت های دنیای واقعی، که به آن به عنوان انتزاع معنا می شود، یک‌انتزاع معنایی است. **وضعیت تصویر**. فضاهای رنگی که در رابطه با مشخصه نمایش تعریف می شوند نامیده می شوند **نمایش‌ارجاع شده است**، در حالی که فضاهای رنگی که در رابطه با دستگاه های ورودی (صحنه ها) تعریف می شوند **صحنه‌ارجاع شده**. در حالی که حالت های دیگر تصاویر (متوسط ارجاع، سطح کانونی ارجاع شده) وجود دارد، رنگ سنجی ارجاع شده‌به نمایش و ارجاع به صحنه بیشتر در مدیریت رنگ تصاویر متحرک استفاده می شود و تمرکز بخش های بعدی خواهدبود.

برای‌اطلاعات بیشتر در مورد وضعیت تصویر و کدهای رنگی، انتشارات مختلف Ed Giorgianni جزئیات بسیار بیشتری را ارائه‌می دهند. [Giorgianni 98] [Giorgianni 05]

---

[7]جامعه علم رنگ استفاده از آن را تحقیر می کند *فضای رنگی* برای نشان دادن رمزگذاری های RGB؛ فضای رنگی به شدت ترجیح داده می شودتا به گسترده تر اشاره شود*کلاس* از کدگذاری رنگی، که نمونه هایی از آن RGB، CMY، HSV، L*a*b* و غیره است. با این حال، استفاده‌نادرست از*فضای رنگی* آنقدر در تولید فیلم فراگیر است که ما با اکراه به کنوانسیون صنعت پایبند خواهیم بود.

2.2.نمایش تصاویر ارجاع شده

تصاویرارجاع شده به نمایشگر با توجه به تصویری که روی نمایشگر ارائه می شود، به صورت رنگ سنجی تعریف می شود. صفحه‌نمایش ممکن است یک استاندارد نمایش ایده آل یا یک صفحه نمایش فیزیکی باشد که در دنیای واقعی وجود دارد. هنگامی‌که "RGB" به طور معمول و بدون صلاحیت رنگ سنجی (مانند استانداردهای وب) استفاده می شود، به احتمال زیاد به‌معنای تصاویر ارجاع شده به صفحه نمایش است. مزیت اصلی کار با تصاویر ارجاع شده به صفحه نمایش این است که اگرنمایشگر کاربر با تعریف صفحه نمایش مرجع مطابقت داشته باشد، می توان مقادیر پیکسل خام را بدون هیچ گونه تبدیل رنگ‌اضافی به دقت روی صفحه نمایش داد. به عنوان مثال، اگر کاربر یک تصویر را با دستکاری مستقیم یک شطرنجی تصویرایجاد کند، در یک فضای ارجاعی نمایشگر کار می کند. این سادگی در مدیریت رنگ، پردازش رنگ ارجاع شده به صفحه نمایش‌را به یک پیش فرض محبوب در برنامه های انتشار دسکتاپ تبدیل می کند.

نمایش‌خطی تصاویر ارجاع شده

همانطورکه قبلا ذکر شد، مقادیر کد RGB ارسال شده به نمایشگر با نور ساطع شده متناسب نیستند. با این حال، موارد زیادی‌در گرافیک کامپیوتری وجود دارد که در آن کار با پیکسل ها در فضای رنگی متناسب با خروجی نور انجام می شود*است* ارجح‌است به عنوان مثال، در هر دو فیلتر ضد آلیاسینگ و فیلتر تصویر، یک نیاز این است که انرژی پیکسل باید حفظ شود. این‌بدان معنی است که کل انرژی نوری ساطع شده از نمایشگر - قبل و بعد از پردازش تصویر - باید یکسان باشد. اگر این درست‌نبود، تغییر اندازه یک تصویر، شدت ظاهری تصویر را تغییر می داد، که ایده آل نیست. چنین مصنوعات «از دست دادن‌انرژی» به ویژه هنگامی که روی توالی های تصویر اعمال می شوند، آشکار می شوند، جایی که انتقال آهسته بین مناطق روشن‌و تاریک می تواند زمانی که حفظ انرژی نادیده گرفته می شود، «خزیده» شود.

برای‌خطی کردن تصاویر ارجاع شده به نمایشگر، باید مدلی از فناوری نمایش ارائه کرد که میزان نور را به عنوان تابعی از مقدارکد، پیش بینی کند. ریاضیات پاسخ نمایشگر به گونه ای است که نور ساطع شده را اغلب می توان تقریباً با استفاده از یک‌مدل سازی کرد*توان* مقدار کد نرمال شده ورودی، که اغلب به عنوان نمایشگر نامیده می شود *گاما* (با گاما که به عنوان معکوس‌توان تعریف می شود). توجه داشته باشید که در عمل هر دو اصطلاح به طور معمول استفاده می شوند، بنابراین همیشه‌توصیه می شود مقادیر گاما را بررسی کنید. یک راه آسان برای به خاطر سپردن جهت گاما این است که RGB ارجاع شده‌خاکستری وسط، وقتی خطی می شود، «کوچکتر» می شود: مقدار کد 0.5 RGB (~ 128 از 255)، وقتی با توان 2.2 خطی‌شود، تقریباً 0.2 است.

$$L = (\text{کسب کردن ایکس } V + \text{انحراف})^{\gamma}$$

عملکردرنگ سنجی نمایشگرها اغلب به طور منطقی با استفاده از تقریب گاما افزایش-افست (GOG) تقریب می‌شود. V مقدارکد دستگاه ورودی نرمال شده را نشان می دهد و L روشنایی نرمال شده ساطع شده از نمایشگراست.

یکی‌از مزایای اضافی استفاده از تابع گاما این است که فضای رمزگذاری یکنواخت تری را ارائه می دهد که از تعداد محدود بیت‌های موجود در پیوند نمایش بهتر استفاده می کند. بنابراین، حتی در دستگاه هایی که مبتنی بر فناوری ذاتاً خطی هستند (مانند پروژکتورهای دیجیتال مبتنی بر DLP)، شبیه سازی مصنوعی یک مقدار گاما مفید است. برای بحث کامل در مورد گاما،پرسش و پاسخ گامای چارلز پوینتون [Poynton 12] را ببینید.

sRGB

به‌دلیل تفاوت در فناوری های نمایش ذاتی، زمانی که مقادیر کد یکسانی به نمایشگرهای متعدد ارسال می شوند، تغییرات قابل توجهی‌در ظاهر RGB وجود دارد که توزیع بدون ابهام تصاویر RGB را دشوار می کند. به عنوان یک راه حل، یک صفحه نمایش‌استاندارد "ایده آل" تعریف شده است،**sRGB**، که نمایشگرهای واقعی اغلب سعی در بازتولید آن دارند. قصد از **sRGB**("استاندارد RGB") برای تعریف ویژگی های رنگی یک صفحه نمایش RGB "متوسط" استاندارد شده است، به گونه ای‌که تصاویر روی یک نمایشگر با ظاهر یک نمایشگر دیگر مطابقت داشته باشد. هنگامی که یک مانیتور به درستی برای sRGB کالیبره شود، خروجی قابل تکرار و به خوبی تعریف می شود. فناوری های نمایشگر قدیمی (مانند CRT) به طور طبیعی‌به مشخصات sRGB نزدیک می شوند. با این حال، فناوری های مدرن (مانند LCD و OLED) - که پاسخ های تصویر ذاتی‌بسیار متفاوتی دارند - معمولاً گزینه ای برای تقلید از مشخصات sRGB برای حفظ سازگاری با تصاویر موجود ارائه می دهند.

خطی‌کردن RGB $_{\text{دستگاه}}$ **)sRGB(**

$$\text{اگر} RGB_{\text{دستگاه}} \geq 0.03928 \text{ سپس } RGB_{\text{خطی}} = \frac{RGB_{\text{دستگاه}}}{12.92}$$

$$\text{دیگر} RGB_{\text{خطی}} = \left(\frac{RGB_{\text{دستگاه}} + 0.055}{1.055}\right)^{2.4}$$

RGBخطی **تبدیل‌به XYZ (نقطه سفید مرجع D65)**

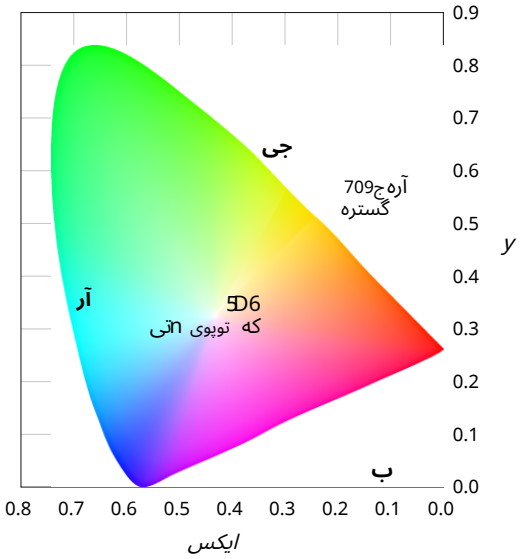
$$\begin{bmatrix} \text{ایکس} \\ Y \\ \text{ز} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124564 & 0.3575761 & 0.1804375 \\ 0.2126729 & 0.7151522 & 0.0721750 \\ 0.0193339 & 0.1191920 & 0.9503041 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{آر} \\ \text{جی} \\ \text{ب} \end{bmatrix}$$

این‌مراحل به فرد اجازه می دهد تا نور ساطع شده را در CIE XYZ، همانطور که از یک sRGB کالیبره شده ساطع می شود،پیش بینی کند. ابتدا RGB دستگاه به RGB خطی تبدیل می شود. سپس RGB خطی با استفاده از ماتریس تبدیل‌به XYZ تبدیل می شود. توجه داشته باشید که حتی اگر تابع انتقال sRGB از یک توان 2.4 استفاده می کند، به دلیل‌گنجاندن ضریب مقیاس و افست، این تابع انتقال گامای 2.2 را در محدوده [0،1] تقریب می زند.

ازآنجایی که تصاویر ارجاع شده به نمایشگر به نور ساطع شده از نمایشگر ارجاع داده می شود، می توان مقادیر RGB را به خروجیCIE XYZ تبدیل کرد. به عنوان مثال، مشخص کردن نقطه سفید و نقطه سیاه نمایشگر منطقی است. نقطه سفید XYZ دنیای واقعی برای حداکثر مقدار RGB خواهد بود (در یک صفحه نمایش 8 بیتی، 255، 255، 255). نقطه سیاه XYZ برای‌حداقل مقدار)0,0,0(RGB است.

ازآنجایی که محدوده دینامیکی تصویر ارجاع شده به نمایشگر به خوبی تعریف شده است - با مقدار حداقل کد و حداکثر مقدارکد - رمزگذاری اعداد صحیح یک نمایش طبیعی هستند. هشت بیت رایج است و به شما امکان می دهد محدوده [0، 255] را نشان دهید. توجه داشته باشید که در نمایشگرهای با کیفیت بالا، در شرایط ایده آل، هشت بیت برای جلوگیری از ظاهرشدن نوارها کافی نیست (این مصنوع به ویژه در تصاویر در مقیاس خاکستری با گرادیان صاف قابل توجه است). به همین‌دلیل نمایشگرهای حرفه ای (مانند نمایشگرهای پزشکی یا آنهایی که در برنامه های رنگی حرفه ای استفاده می شوند) اغلب‌تصاویر را با دقت بیشتری نمایش می دهند (10/12 بیت رایج هستند).

نقطه‌سفید	ایکس	y
	0.3127	0.3290
آر	0.64	0.33
جی	0.30	0.60
ب	0.15	0.06



.متکی‌است. 709 اولیه و نقطه سفید، و بنابراین می تواند هر یک از رنگ ها را در مثلث بالا (گستره) دوباره ایجاد کندRec به sRGB

تصاویرارجاع شده به صفحه نمایش نیز قلمرو نمایه های ICC و تکنیک های مدل سازی ظاهری سنتی است. اگر دو نمایشگرمتفاوت، با بازتولید رنگ های مختلف دارید، می توانید از نرم افزار فعال ICC برای تبدیل بین نمایش های رنگی با حفظظاهر تصویر استفاده کنید. شما همچنین می توانید از ICC برای کالیبراسیون نمایشگر استفاده کنید، جایی که کتابخانه هاتبدیل رنگ لازم را برای تقلید نمایشگر شما یک کالیبراسیون ایده آل محاسبه می کنند.

یکی‌دیگر از مشخصات تصویر ارجاع شده به صفحه نمایش است **DCI-P3**. این فضای رنگی در تولید سینمای دیجیتال رایج استو برای نمایش تئاتر مناسب است. در حالی که مشخصات sRGB از کدگذاری رنگی مناسب برای محیط دسکتاپ استفاده‌می کند، مشخصات DCI-P3 از یک رمزگذاری رنگی مناسب برای سطوح درخشندگی نمایشی استفاده می کند. یکی دیگراز فضای رنگی ارجاع داده شده به نمایشگر که در تولید تصاویر متحرک رایج است **X'Y'Z'**(به نام "x-prime ، y-prime، z-prim"). این فضای رنگی اغلب به عنوان رمزگذاری در واقع در توزیع سینمای دیجیتال به تئاتر ارسال می شود و یک نسخه‌کدگذاری شده گاما از رنگ سنجی خروجی XYZ است.[8] برای جزئیات بیشتر در مورد DCI-P3 و X'Y'Z به بخش 4.4 مراجعه‌کنید.

محدودیت‌های تصاویر ارجاع شده به نمایش

تصاویرارجاع شده به نمایشگر دارای محدوده های دینامیکی هستند که ذاتاً با نمایشگرها مرتبط هستند. بنابراین، حتی اگر دنیای‌واقعی می تواند شدت های بسیار زیادی داشته باشد، هنگام کار در یک صفحه نمایش، مقادیر بالای فضای سفید نمایشگراساساً بی معنی هستند. این عدم تطابق بین محدوده دینامیکی دنیای واقعی و محدوده دینامیکی فناوری نمایش، کاردر فضاهای رنگی ارجاع شده به صفحه نمایش (حتی فضاهای خطی) را برای رندر، سایه زنی و ترکیب بندی مبتنی بر فیزیکی‌مناسب نمی کند. با این حال، اگرچه کار با تصاویر ارجاع شده به نمایشگر دارای محدودیت هایی است، اما جزء مهم خطوط‌لوله را تشکیل می دهد. بنابراین، حتی در خطوط لوله رنگی متحرک که در فضاهای رنگی با محدوده دینامیکی بالاتر کار می‌کنند، همیشه بخشی از لوله باقی می ماند که در آن تصاویر ارجاع شده به صفحه نمایش و حتی تصاویر ارجاع شده به صفحه‌نمایش خطی شده مناسب هستند.

---

[8] این اشتباه است که به صورت محاوره ای 'X'Y'Z سینمای دیجیتال را به عنوان "XYZ" (با حذف "اول") اطلاق کنیم - زیرا این باعث سردرگمی‌با CIE XYZ سنتی می شود. به X'Y'Z به عنوان «مقادیر کد DCDM» به عنوان جایگزین کوتاه تر اشاره کنید.

2.3.تصاویر ارجاع شده به صحنه

دومین‌حالت اصلی تصویر در خطوط لوله تصویربرداری تصاویر متحرک، تصویر ارجاع شده به صحنه است، که در آن مقادیر کدمتناسب با اندازه گیری صحنه های دنیای واقعی است. راه معمولی برای ایجاد تصویر ارجاع شده به صحنه یا از طریق توصیف‌یک سیستم دوربین یا با استفاده از ابزار مصنوعی (به عنوان مثال، رندر) است. از آنجایی که نقطه سفید حداکثر مطلق‌وجود ندارد، مقادیر پیکسل می توانند به طور دلخواه در محدوده محدودیت های دستگاه ضبط بزرگ باشند. خطوط لوله‌تصویر ارجاع شده به صحنه ذاتاً خطی هستند، زیرا مقادیر پیکسل با فوتون های موجود در دنیای واقعی با تعریف متناسب‌است.

ازآنجایی که دنیای واقعی محدوده دینامیکی بسیار بالایی دارد، اغلب مفید است که در مورد نور به صورت "توقف" یا دو برابرشدن نور صحبت کنیم. می توانید تعداد «توقف ها» را به عنوان لگاریتم، پایه 2، روشنایی نسبت به سطح مرجع محاسبه کنید.

$$\text{قرارگرفتن در معرض نسبی} \quad \left(\frac{\text{درخشندگی ورودی به سیستم}}{\text{درخشندگی مرجع}}\right)_2$$

نوردهی‌نسبی در استاپ ها، base-2 ،log، نسبت به سطح نوردهی مرجع است. هر عامل عادی‌سازی برای مقایسه های نسبی کافی است.

متوقف‌می شود	ضرب عامل
0	1
0.5 +	1.414
1 +	2
2 +	4
3 +	8
8 +	256

متوقف‌می شود	ضرب عامل
0	1
0.5-	0.707
1 -	0.5
2 -	0.25
3 -	0.125
8 -	0.0039

مقادیرنوردهی ارجاع شده به صحنه اغلب در واحدهای توقف ارجاع می شوند، زیرا محدوده بین مقادیر برای مقایسه‌مستقیم اسکالر نسبتاً زیاد است. برای مثال، درک شهودی برای تغییر روشنایی یک پیکسل با ضریب 0.0039دشوار است. با این حال، بیان این نسبت که به صورت "8- توقف" بیان می شود، می تواند از نظر هنری‌شهودی باشد.

دریک صحنه واقعی، اگر مقادیر درخشندگی را با ابزاری مانند طیف سنج اندازه گیری کنید، می توانید طیف وسیعی از مقادیر رادر یک صحنه مشاهده کنید. مستقیماً به سمت منابع نور ساطع کننده، مقادیر بزرگ مانند 10000 cd/m2 ممکن است - و اگرخورشید مستقیماً قابل مشاهده باشد، انعکاس های دیدی ممکن است 6+ توقف دیگر روی آن باشد. حتی در صحنه های بسیارروشن، مقادیر درخشندگی تاریک به دلیل خواص مواد، انسداد صحنه یا ترکیبی از این دو مشاهده می شود. مواد بسیار تیره(مانند زغال چوب) بخش کوچکی از نور ورودی را منعکس می کنند که اغلب در محدوده 3-5٪ است. به عنوان یک عدد واحد،این بازتاب کلی "آلبدو" نامیده می شود. با در نظر گرفتن روشنایی و هندسه صحنه، اشیاء سایه می اندازند و در غیر این صورت‌نوری را که به اطراف صحنه منتقل می شود مسدود می کنند. بنابراین در صحنه های واقعی، اغلب ممکن است با انسدادهای‌پیچیده و طیف گسترده ای از خواص مواد، مقادیر تاریکی 1000 تا 10000 برابر تیره تر از روشن ترین منابع نور گسیل درداشته باشیم.

درخشندگی(cd/m 2)	قرارگرفتن در معرض نسبی	هدف- شی
1,600,000,000	23.9	آفتاب
23,000,000	17.8	لامپ‌رشته ای (رشته ای)
10000	6.6	کاغذسفید در آفتاب
8500	6.4	مانیتورHDR
5000	5.6	آسمان‌آبی
100	0	کاغذسفید در نورپردازی معمولی اداری (500 لوکس)
50تا 500	-1.0 تا 2.3	مقادیرترجیحی برای روشنایی داخلی
80	-0.3	نمایشگرsRGB دسکتاپ آفیس
48	-1.1	پروژکتورسینمای دیجیتال
1	-6.6	کاغذسفید در نور شمع (5 لوکس)
0.01	-13.3	دیددر شب (میله در شبکیه چشم)

همه‌مقادیر در حالت مشاهده مستقیم هستند.

مقادیردرخشندگی در دنیای واقعی محدوده دینامیکی بیش از یک میلیون تا یک را در بر می گیرد.

توجه‌به این نکته مهم است که دنیای واقعی، و در نتیجه تصاویر ارجاع شده به صحنه، حداکثر روشنایی را ندارند. این با تصاویرارجاع شده به نمایشگر متفاوت است، جایی که به راحتی می توان حداکثر نوری را که یک سیستم نمایش می تواند منتشرکند، تعریف کرد. با در نظر گرفتن محدوده پتانسیل*کمترین* مقادیر روشنایی در دنیای واقعی، به همان اندازه دشوار است‌که یک حد پایین معقول را تخمین بزنیم. در محیط های رایج - آزمایش های فیزیک مستثنی شده است - ایجاد موقعیتی‌که نور وجود ندارد بسیار سخت است - معمول تر این است که تعداد فوتون های مثبت بسیار کمی دارید.

هنگام‌آوردن تصاویر ارجاع شده به صحنه به رایانه، عادی سازی نوردهی صحنه مفید است. حتی اگر یک صحنه HDR در فضای‌باز ممکن است، در سطح مطلق، 1000 برابر درخشان تر از صحنه داخلی مشابه باشد، داشتن هر دو تصویر در شدت کلی‌یکسان مفید است (در حالی که همچنان سطوح روشنایی نسبی درون قاب حفظ می شود). از آنجایی که حداکثر روشنایی‌مطلق کاملاً متغیر است (حتی فریم به فریم)، تصاویر ارجاع شده به صحنه تمایل دارند با توجه به میانگین عادی شوند. *سطح خاکستری*. کنوانسیون در صنعت این است که خاکستری میانی را بر روی 0.18 ثابت کنیم، که نشان دهنده بازتاب18٪ کارت خاکستری است.[9]. توجه داشته باشید که حتی زمانی که نوردهی تصاویر خطی صحنه را به حالت خاکستری نرمال‌می کنیم، انتظار می رود که بسیاری از بخش های صحنه دارای مقادیر روشنایی >> 1.0 باشند. توجه داشته باشید که هیچ‌چیز "جادویی" با شدت پیکسل >> 1.0 اتفاق نمی افتد. سطوح درخشندگی صحنه نشان دهنده a*پیوستگی* خواص مواد همراه‌با روشنایی؛ این نادرست است که ادعا کنیم بالاتر از یک مقدار خاص (مانند 1.0) به معنای خاص بودن، اشیاء خود درخشنده‌و/یا منابع نور است.

به‌دلیل توزیع سطوح روشنایی که در مقادیر واقعی مشاهده می شود - حتی زمانی که خاکستری نرمال شده باشد، نمایش اعدادصحیح برای ذخیره تصاویر ارجاع شده به صحنه با محدوده دینامیکی بالا مناسب نیست.[10]. اگر توزیع معمولی سطوح روشنایی‌صحنه را تجزیه و تحلیل کنیم، مشخص می شود که دقت بیشتری در اطراف مقادیر تاریک لازم است، و دقت کاهش‌یافته در هایلایت مورد نیاز است. به عنوان مثال، اگر فردی به صورت تجربی کوچکترین «تفاوت قابل توجه» را که برای‌ثبت جزئیات سایه با تصاویر خطی صحنه با دقت کافی مناسب است، تعیین کند، زمانی که همین JND روی پیکسل های‌بسیار روشن استفاده می شود،

---

[9]18% خاکستری نیز تقریباً 2.5 استاپ زیر یک بازتابنده 100% منتشر است.

[10]البته رمزگذاری ثبت اعداد صحیح این امر را امکان پذیر می کند، اما در بخش 2.4 مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مراحل‌کدنویسی بسیار زیاد خواهد بود و بیت ها هدر خواهند رفت. برعکس، اگر یک اندازه گام نور خطی را برای ارائه وضوح‌روشنایی معقول در نقاط برجسته طراحی کنید، در آن صورت سایه ها جزئیات کافی نخواهند داشت.

نمایش های‌ممیز شناور به خوبی به مسائل دقت مرتبط با رمزگذاری تصاویر خطی صحنه می پردازند. نمایش های شناور از دومؤلفه ساخته می شوند: ذخیره سازی فردی یک توان «log» و مقیاس بندی کسری «خطی». این کدگذاری ترکیبی ورود به سیستم/خطی امکان نمایش تقریبا ایده آل تصاویر ارجاع شده به صحنه را فراهم می کند و دقت کافی را در سایه ها و نقاط برجسته‌ارائه می دهد. در جلوه های بصری مدرن، خطوط لوله رنگی، OpenEXR (پیوست 4.3) معمولاً برای ذخیره تصاویر ممیزشناور استفاده می شود و به محبوبیت قالب نیمه شناور 16 بیتی کمک کرد. همچنین، در حالی که EXR بازنمایی فایل های‌با دامنه دینامیکی بالا را در صنعت تصویر متحرک رایج کرد، گرگ وارد سال ها قبل سهم عمده ای در پردازش HDR ونمایش دیسک داشت، به ویژه با فرمت تصویر RGBE.

شخصیت‌پردازی دوربین ها

ایجادتصاویر ارجاع شده به صحنه معمولاً با راه اندازی یک دوربین در شرایط آزمایشی شناخته شده، و سپس تعیین نحوه مرتبط‌کردن مقادیر کد RGB دوربین خروجی با نور خطی در صحنه اصلی انجام می شود. هنگام رفتن به این مسیر، معمولاً بهترین‌کار این است که با یک تصویر RGB دوربین تا حد امکان نزدیک به "کمایر خام" شروع کنید، زیرا رمزگذاری های خام بیشترین‌وفاداری را حفظ می کنند.

حتی‌بهتر از مشخص کردن یک دوربین زمانی است که سازنده این اطلاعات را با ارائه مجموعه ای از منحنی ها یا جداول جستجوبرای «پختن» تبدیل ورودی دوربین به داخل ارائه کند. در شرایطی که شما*انجام دادن* نیاز به مشخص کردن یک دوربین‌جدید (یا تأیید صحت خطی سازی مورد استفاده) رویکرد کلی این است که صحنه ای با منبع نور پایدار تنظیم کنید، و سپس«جابجایی نوردهی» دوربین را با افزایش های شناخته شده انجام دهید. . با تغییر نوردهی در f-stopهای شناخته شده، می‌توان نوردهی های خطی صحنه را به مقادیر کد RGB رمزگذاری شده دوربین به طور مستقیم مرتبط کرد.

مشخصه‌های دوربین اغلب به عنوان نگاشت مستقل کانال، با استفاده از تبدیل های D-1 مورد بررسی قرار می گیرند. با این‌حال، گاهی اوقات پاسخ دوربین در هر کانال متفاوت است. دو رویکرد متداول برای رسیدگی به این امر عبارتند از: انجام‌میانگین وزنی کانال ها و سپس استفاده از آن به عنوان مبنایی برای تبدیل به صحنه-خطی، یا انجام یک تبدیل 1 بعدی متفاوت‌برای هر کانال. روش معمول این است که برای سیستم هایی که کانال ها منحنی های پاسخ تقریباً برابری دارند (اکثردوربین های دیجیتال در این دسته قرار می گیرند) از یک نقشه برداری برای هر سه کانال استفاده شود. تنها زمانی که سیستم های‌کپچر پاسخ های بسیار متفاوتی دارند (مانند نگاتیوهای فیلم)، منحنی های جداگانه برای هر کانال مناسب هستند.

نگاشت‌مستقل کانال به صحنه خطی ساده است، اما همیشه کافی نیست. دو دوربین از سازنده های مختلف را در نظر بگیریدکه از یک صحنه تصویربرداری می کنند. حتی زمانی که از تبدیل 1 بعدی "مناسب" به صحنه-خطی استفاده می شود، به‌دلیل استفاده از فناوری های مختلف فیلتر رنگ / حسگر، همچنان احتمالاً تفاوت هایی در ظاهر رنگ باقی مانده وجود دارد.[11] این تفاوت ها اغلب با تصویربرداری از یک سری تکه های رنگی، و سپس ارائه یک تبدیل ماتریس 3x3 که تفاوت های بین‌دستگاه ها را به حداقل می رساند، به حساب می آیند. یک مرجع رایج که در چنین تعیین هایی مفید است، نمودار مکبث است‌که دارای تکه های استاندارد شده با بازتاب های شناخته شده است.

[11]حسگرهای دوربین دیجیتال نور طیفی ورودی را به روشی که با درک رنگ انسان مطابقت ندارد، به دلایل مختلفی مربوط به شیمی، به‌حداقل رساندن نویز و حساسیت به نور تبدیل می کنند.

چک کننده‌رنگ مکبث معمولاً برای تأیید مشخصات دوربین استفاده می شود. وصله ها دارای مقادیر بازتابی‌شناخته شده هستند. تصویر از X-Rite.

درحالی که بحث کامل در مورد خصوصیات ورودی خارج از محدوده این سند است، فلسفه های متفاوتی در مورد اینکه هدف‌خطی سازی دوربین در تاریک ترین بخش های محدوده عکسبرداری دوربین است، وجود دارد. یکی از محورهای تغییر این‌است که تصمیم بگیریم که آیا کمترین مقادیر کد دوربین نشان دهنده «سیاه واقعی» است، که در آن میانگین سطح سیاهی‌از نظر ریاضی 0.000 در صحنه خطی است، یا در عوض، کمترین مقادیر کد دوربین مربوط به مقدار کمی اما مثبت است.نور خطی صحنه این موضوع در زمینه حفظ نویز حسگر/دانه فیلم پیچیده تر می شود. اگر می خواهید در سیستم دوربین‌با نویز رنگ سیاه بگیرید، باید یک*میانگین* مقدار 0.000 نشان می دهد که برخی از نویزهای خطی شده اندک هستند *مثبت*نور خطی، و بخش های دیگر از نویز کوچک خواهد بود، و *منفی* نور خطی حفظ این مقادیر خطی منفی در چنین خطوط لوله‌رنگی برای حفظ میانگین دقیق سطح سیاه ضروری است. از چنین چالش هایی با نور منفی می توان با اتخاذ رویکرد جایگزین،نگاشت تمام سیاه های حسگر به مقادیر مثبت کوچک نور خطی، اجتناب کرد. توجه به این نکته مهم است که جامعه‌رنگی همچنان از نظر مذهبی در مورد این موضوع شکاف دارد. به طور کلی، کسانی که در جریان کار فیلم های متحرک مطرح‌می شوند، اغلب نقشه های سیاه را به نور خطی مثبت ترجیح می دهند، و کسانی که در فناوری ویدیو مطرح شده اند باخطی سازی های «سیاه واقعی» راحت تر هستند.[12]

نمایش‌تصاویر ارجاع شده به صحنه

یکی‌از پیچیدگی های مرتبط با تصاویر ارجاع شده به صحنه، بازتولید نمایش است. در حالی که تصاویر HDR برای پردازش طبیعی‌است، اکثر نمایشگرها فقط می توانند محدوده دینامیکی نسبتاً پایین (LDR) را بازتولید کنند.[13]. در حالی که در نگاه‌اول به نظر می رسد یک رویکرد معقول برای نگاشت مستقیم صحنه ارجاعی خطی به صفحه نمایش-خطی (حداقل برای‌بخش های همپوشانی محدوده کنتراست)، در عمل نتایج ناخوشایندی به همراه دارد. برای توجیه بیشتر به «مدیریت رنگ‌برای سینمای دیجیتال» [Giorgianni 05] و برای یک مثال تصویری به بخش 3.2 مراجعه کنید.

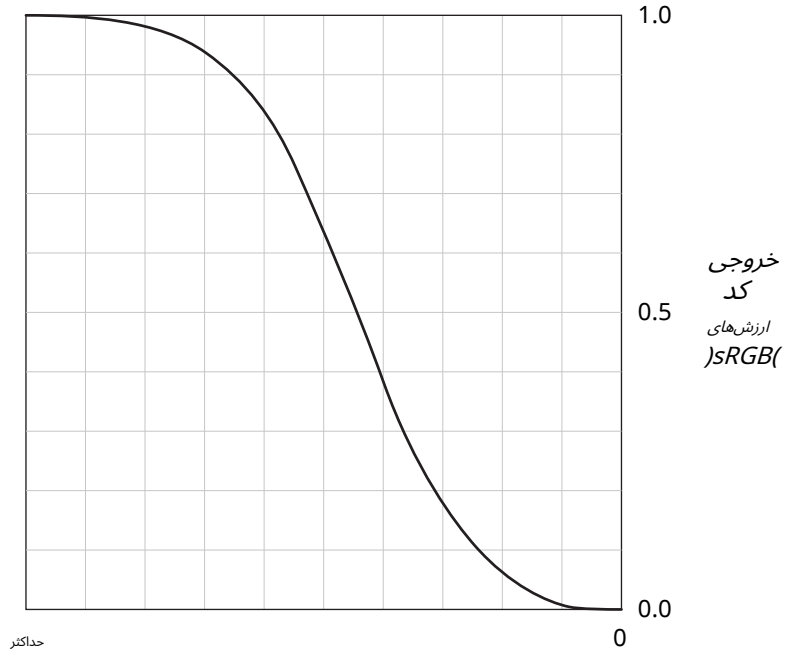
درجامعه رنگی، فرآیندهای بازتولید دلپذیر پیکسل های با دامنه دینامیکی بالا در نمایشگرهایی با دامنه دینامیکی پایین، به عنوان‌نقشه برداری تن شناخته می شود و یک منطقه فعال تحقیقاتی است. با کمال تعجب، بسیاری از بازخوانی های تونال‌دلپذیر از داده های محدوده دینامیکی بالا، از تبدیل های مشابه شکل استفاده می کنند. در نگاه اول ممکن است تعجب‌آور باشد، اما زمانی که فردی می نشیند و تبدیل رندر تون را طراحی می کند، فرآیندهای همگرا در حال کار هستند که مطابق‌با آنچه که ظاهر تصویر دلپذیری را ایجاد می کند.

---

[12]این نویسنده یکی از مدافعان قوی رویکرد فیلمی است که همه سیاه پوستان را با مقادیر پیکسل خطی صحنه مثبت ترسیم می کند.

[13]نمایش تصاویر ارجاع شده به صحنه بر روی نمایشگرهای با برد دینامیکی بالا به دلیل در دسترس بودن محدود نمایشگرهای با دامنه دینامیکی‌بالا در محیط های نمایشی اغلب در عمل با آن مواجه نمی شود. (در این مورد ما به محدوده دینامیکی حداکثر سفید اشاره می کنیم،نه عمیق ترین سیاه). این نویسنده مشتاقانه منتظر روزی است که بازتولید HDR تئاتری در دسترس باشد.

اول،اکثر رندرهای تن، یک نوردهی خاکستری صحنه سنتی را به یک مقدار مرکزی در صفحه نمایش خروجی ترسیم می کنند [14]. نگاشت مستقیم تصویر خطی صحنه باقیمانده برای نمایش خطی منجر به ایجاد تصویری با کنتراست ظاهری کم به عنوان‌یک نتیجه از محیط مشاهده فراگیر نمایشگر می شود. بنابراین، یک شیب بازسازی بیشتر از 1:1 اضافه می کند تا کنتراست‌میانی را افزایش دهد. البته، با این افزایش کنتراست، سایه ها و هایلایت ها به شدت بریده می شوند، بنابراین یک‌رول اف با کنتراست کمتر از 1:1 در هر دو انتهای بالا و پایین اعمال می شود تا جزئیات برجسته و سایه ای برای انتقال صاف‌وجود داشته باشد. با این بخش کنتراست بالا در وسط، و بخش های کنتراست کم در انتهایی، منحنی نهایی شبیه شکل"S" است که در زیر نشان داده شده است.



منحنی"S-shaped" به طور سنتی برای رندر کردن رنگ سنجی HDR ارجاع شده به صحنه به تصویری مناسب برای‌خروجی روی نمایشگر با دامنه دینامیکی پایین استفاده می شود. محور ورودی لاگ پایه 2 از پیکسل های خطی صحنه‌است. محور خروجی مربوط به مقادیر کد روی نمایشگر sRGB کالیبره شده است.

منحنی‌انتقال نهایی از صحنه-خطی به صفحه نمایش به طور تکان دهنده ای بین فناوری ها سازگار است، با خطوط لوله تصویربرداری‌دیجیتال و فیلم که تقریباً از انتها به انتها تبدیل شده اند. اگر فرآیند رنگ فیلم را از نگاتیو به چاپ مشخص کنیم، می‌بینیم که تقریباً دقیقاً این منحنی انتقال "شکل" را ایجاد می کند، که با توجه به بازتولید تونال دلپذیری که فیلم ارائه می دهد،تعجب آور نیست. در فرآیند تصویربرداری فیلم سنتی، استوک نگاتیو محدوده دینامیکی وسیعی را به تصویر می کشد (فراتراز محدوده اکثر دوربین های دیجیتال مدرن)، و استوک چاپی نگاشت لحن بسیار دلپذیری را برای بازتولید بر روی دستگاه های‌محدوده دینامیکی محدود به نمایش می گذارد (چاپ تئاتری "مثبت") . به طور کلی، نگاتیوهای فیلم یک تصویر ارجاعی‌صحنه HDR را کدگذاری می کنند و چاپ مظهر نگاشت تن ارجاع شده به صفحه نمایش است.

[14]در شرایط تماشای تئاتر، نگاشت خاکستری وسط (0.18) در صحنه خطی تا تقریباً 10 درصد از حداکثر درخشندگی خروجی (در فضای‌ارجاع شده به صفحه نمایش خطی) نتایج دلپذیری را به همراه دارد.

شایان‌ذکر است که تحقیقات نگاشت تن کنونی اغلب از عملگرهای تصحیح رنگ از نظر مکانی متفاوت استفاده می کند که به‌آن نگاشت تن «محلی» گفته می شود. *محلی* آمار تصویر هنگام محاسبه تبدیل رنگ در نظر گرفته می شود. در حالی که این تحقیق‌بسیار امیدوارکننده است و ممکن است در آینده بر تولید تصویر متحرک تأثیر بگذارد، اکثر رویکردهای مدیریت رنگ متحرک‌در حال حاضر از یک اپراتور نقشه برداری تن «جهانی» استفاده می کنند. این فرض اساسی که هر پیکسل مستقل از مقادیرهمسایه خود در نظر گرفته می شود. با این حال، بسیاری از "ظاهر" فعلی اپراتورهای نگاشت تن که از نظر مکانی متفاوت‌هستند، در حال حاضر به روش های متناوب به صورت سینمایی به دست می آیند. به عنوان مثال، اپراتورهای نگاشت‌تن محلی اغلب جزئیات با فرکانس بالا را در مناطق سایه برجسته می کنند. جزئیاتی که در غیر این صورت به صورت‌بصری پوشانده می شد. در دنیای سینمایی، این کار اغلب مستقیماً در صحنه فیلمبرداری توسط فیلمبردار هنگام تنظیم‌نور واقعی یا به صورت صریح انجام می شود.

به‌طور خلاصه، ما اکیداً توصیه نمی کنیم که مستقیماً داده های ارجاع شده به صحنه با محدوده دینامیکی بالا را به نمایشگر نگاشت‌نکنید. یک رندر لحن مورد نیاز است، و اولویت تاریخی زیادی برای استفاده از اپراتور جهانی "S-Shaped" وجود دارد. اکتساب‌صحنه HDR با دقت طیف وسیعی از مقدار درخشندگی صحنه را ثبت می کند و با یک اپراتور نگاشت تن مناسب، می توان‌بیشتر این محدوده را به صورت بصری در حین بازتولید در دستگاه های با محدوده دینامیکی پایین حفظ کرد.

لطفاً برای مقایسه بصری بین عملگر نگاشت تن S شکل در مقابل تبدیل گاما ساده به بخش 3.2 مراجعه کنید.

پیامدهای‌تصویرسازی ارجاع شده به صحنه

کاربا محدوده های دینامیکی معمولی تصاویر ارجاع شده به صحنه، تقریباً بر هر بخش از خط لوله گرافیک رایانه ای تأثیر مثبت‌دارد، به ویژه زمانی که هدف واقع گرایی فیزیکی باشد. در رندر و سایه زنی، تصاویر ارجاع شده به صحنه به طور طبیعی امکان‌استفاده از مدل های سایه زنی مبتنی بر فیزیکی و روشنایی سراسری را فراهم می کنند. در کامپوزیت، محدوده های دینامیکی‌قابل قبول فیزیکی، جلوه های واقعی دوربین مصنوعی، به ویژه در رابطه با عملیات فیلتر کردن، فوکوس زدایی، تاری‌حرکت، و ضد aliasing را ممکن می سازد. بخش 3 بیشتر توضیح می دهد که چگونه جریان های کاری صحنه-خطی بر بخش‌های خاصی از خط لوله رنگ متحرک تأثیر می گذارد.

متأسفانه،تصاویر ارجاع شده به صحنه نیز چالش هایی را به همراه دارد. هسته های فیلتر، ضد آلیاسینگ و بازسازی که از فیلترهای‌دارای لوب منفی استفاده می کنند، زمانی که روی تصاویر HDR اعمال می شوند، مستعد زنگ زدن هستند. در حالی‌که داده های محدوده دینامیکی بالا دلیل اصلی زنگ زدن نیستند، مطمئناً این موضوع را تشدید می کند. یکی دیگر از مشکلات‌کار با تصاویر HDR افزایش نیاز به ذخیره سازی است. در یک جریان کاری با محدوده دینامیکی پایین، نمایش پیکسل‌های 8 بیتی برای هر جزء معقول است، در حالی که در جریان های کاری HDR، 16 بیت برای هر جزء معمولا حداقل است.هنگام ترکیب بندی به صورت خطی صحنه، مسائل بیشتری وجود دارد، زیرا بسیاری از ترفندهای رایج ترکیب بندی کلاسیک‌بر مفروضاتی متکی هستند که در ممیز شناور باقی نمی مانند. بخش 3 راه حل های بالقوه بسیاری از این مسائل راتشریح می کند.

درخواستی‌برای اصطلاحات دقیق

هردو انجمن تصویر متحرک و گرافیک کامپیوتری هستند *دور* خیلی معمولی در مورد استفاده از کلمه "**خطی**" برای ارجاع به‌تصاویر خطی ارجاع شده به صحنه و ارجاع به نمایش[15] . مابسیار هر دو جامعه را تشویق کنید تا مثالی مثبت بدهند و همیشه‌بین این دو حالت تصویری تمایز قائل شوند، حتی در گفتگوهای معمولی.

برای‌روشن شدن، آیا به نور خطی که از یک نمایشگر ساطع می شود اشاره می کنید؟ آیا از کلمه "گاما" استفاده کردید؟ آیا پیامدهای‌ترسناکی برای تصاویر شما به بالای 1.0 وجود دارد؟ اگر چنین است، لطفا از این اصطلاح استفاده کنید**نمایش خطی**.

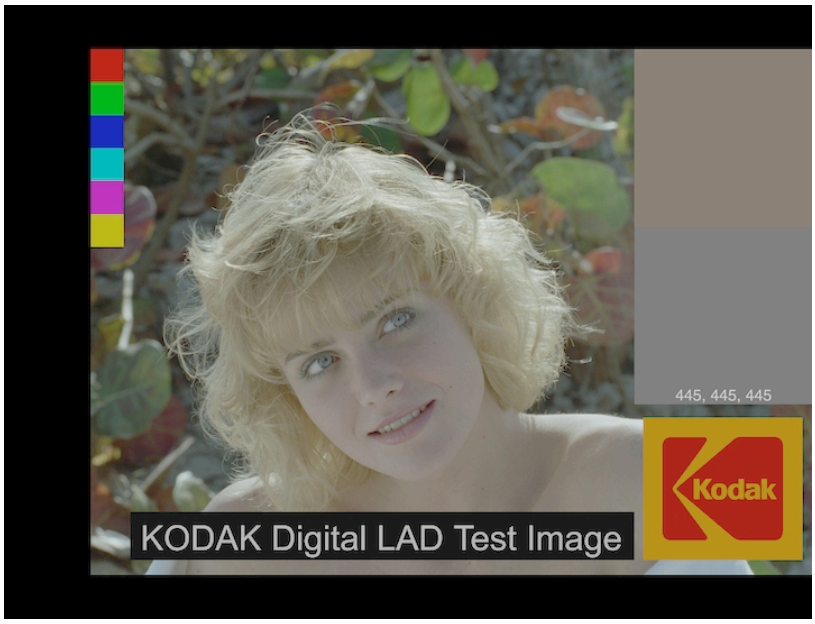
آیابه تصاویر با دامنه دینامیکی بالا ارجاع می دهید؟ آیا میانه خاکستری شما در 0.18 است؟ آیا شما در مورد نور از نظر "توقف" صحبت‌می کنید؟ آیا 1.0 پیامد خاصی در خط لوله شما ندارد؟ اگر چنین است، لطفا از این اصطلاح استفاده کنید**صحنه-خطی**. در نهایت،برای کسانی که از گردش های کاری خطی صحنه استفاده می کنند، به یاد داشته باشید که از یک تبدیل مشاهده که فراتر از یک‌مدل ساده گاما است، استفاده کنید.دوستان به دوستان اجازه نمی دهند تصاویر خطی صحنه را بدون تغییر نمای "S شکل" مشاهده‌کنند.

[15]ما حتی شاهد بودیم که اعضای جامعه - که بی نام خواهند ماند - مرجع Rec. تصاویر ویدئویی 709 به عنوان "خطی". چنین اظهاراتی‌را باید در حوزه کابوس ها محدود کرد.

2.4.تصحیح رنگ، فضای رنگ، و "Log"

گاهی‌اوقات لازم است فضاهای رنگی با دامنه دینامیکی بالا و ارجاع به صحنه با نمایش اعداد صحیح کدگذاری شود. به عنوان‌مثال، دوربین های دیجیتال تصویر متحرک اغلب در رسانه های عدد صحیح 10 بیتی (مانند فایل های HDCAM SR یا DPX) ضبط می کنند. همانطور که قبلا ذکر شد، اگر یک سازنده دوربین یک کدگذاری اعداد صحیح خطی از تصاویر ارجاع شده به‌صحنه را ذخیره کند، این فرآیند مقدار قابل توجهی از کوانتیزه کردن را معرفی می کند. به نظر می رسد که استفاده از رمزگذاری‌اعداد صحیح لگاریتمی "log" اجازه می دهد تا بسیاری از مزایای نمایش های ممیز شناور، بدون نیاز به رسانه ذخیره‌سازی نقطه شناور. در رمزگذاری لگاریتمی، مقادیر کد پی در پی در فضای ورود به سیستم عدد صحیح به مقادیر ضربی درفضای خطی نگاشت می شوند. به بیان شهودی تر، این مشابه تبدیل هر پیکسل به نمایشی از تعداد توقف های بالاتر یا پایین‌تر از سطح مرجع است.

ازآنجایی که تصاویر "log" محدوده دینامیکی بسیار بزرگی را در فضای کدگذاری خود نشان می دهند، بیشتر پیکسل های میانی در قسمت میانی‌فضای کدگذاری قرار دارند. بنابراین، اگر مستقیماً یک تصویر "log" را روی یک مانیتور sRGB نمایش دهید، کنتراست کم به نظر می رسد (همانطور که در زیر مشاهده می کنید).



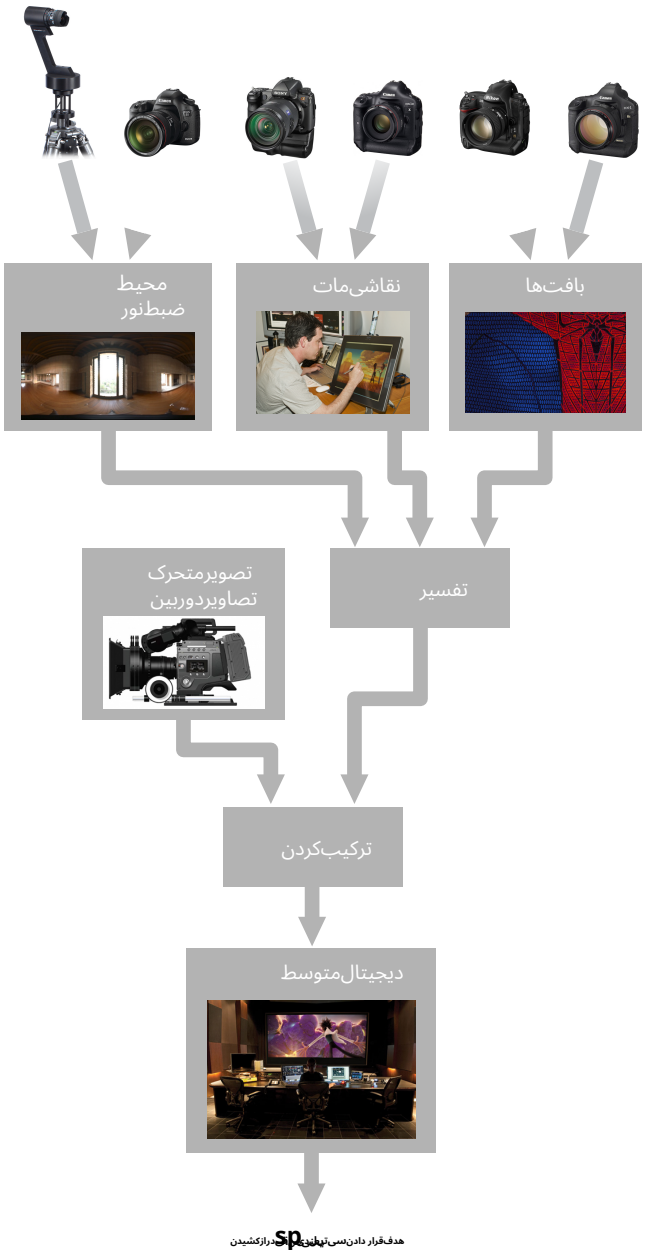
این‌تصویر از یک رمزگذاری لگاریتمی اعداد صحیح برای نشان دادن محدوده دینامیکی بالایی از شدت صحنه استفاده می کندو بنابراین هنگام نگاشت به نمایشگر کنتراست پایینی به نظر می رسد. این تصویر در زبان عامیانه با نام «مارسی» شناخته‌می شود و یک تصویر مرجع رایج در نمایشگاه های تئاتر است. این تصویر به عنوان اسکن یک نگاتیو فیلم (از شرکت‌کداک) ایجاد شده است و می توانید آن را از وب سایت آنها دانلود کنید.

همه‌فضاهای "log" برابر نیستند. اکثر سازندگان دوربین یک معادله کدگذاری گزارش را سفارشی می کنند تا استفاده از مقادیرکد را بر اساس محدوده دینامیکی دوربین، ویژگی های نویز و رفتار برش دادن بهینه کنند. نمونه هایی از فضاهای لاگ‌مختلف عبارتند از Arri LogC، RED's REDLog، Sony S-Log، و Cineon کلاسیک.[16]. در هنگام مدیریت تصویر باید دقت‌شود تا مشخص شود که کدام فضای گزارش با تصاویر مرتبط است و از خطی سازی مناسب استفاده شود. اگر این ابرداده‌از بین برود، تشخیص اینکه کدام طعم لاگ در رمزگذاری استفاده شده است، اغلب چالش برانگیز است.

[16]رمزگذاری لاگ Cineon با رمزگذاری های ثبت گزارش دوربین متحرک دیجیتال متفاوت است زیرا Cineon یک رمزگذاری لگاریتمی‌از چگالی نوری واقعی نگاتیو فیلم است.

3.مدیریت رنگ متحرک

آ**خط لوله رنگ** مجموعه ای از تمام دگرگونی های رنگی است که در طول تولید فیلم متحرک استفاده می شود. در یک خط لوله‌ساده شده گرافیک کامپیوتری (در زیر)، ما فرآیندهایی مانند نقاشی بافت، رنگ آمیزی مات، ضبط نور در حالت تنظیم،ورودی های دوربین متحرک سنتی، نورپردازی، رندر، ترکیب، و واسطه دیجیتال (DI) را در نظر می گیریم. در یک خطلوله با مدیریت رنگ مناسب، کدهای رنگی در تمام مراحل پردازش به خوبی تعریف می شوند.



یک‌خط لوله رنگی گرافیکی کامپیوتری که به خوبی تعریف شده است، هر دو تغییر رنگ اعمال شده در هر مرحله از فرآیندرا به علاوه تبدیل های مورد نیاز برای پیش نمایش دقیق تصویر، به دقت مدیریت می کند.

ماخط لوله رنگ را با ردیابی دقیق رمزگذاری های رنگی (فضای رنگ) برای همه ورودی های تصویر، خروجی های تصویر و نمایش های‌میانی تعریف می کنیم. ما همچنین تبدیل های مورد استفاده برای تبدیل بین فضاهای رنگی را به دقت تعریف می‌کنیم.

خطوط‌لوله رنگ جلوه های بصری

خط‌لوله رنگ جلوه های بصری سنتی بر اساس اصل اصلی عدم آسیب رساندن به صفحه است تا امکان برش یکپارچه عکس های‌vfx و غیر vfx را فراهم کند. عکاسی از صفحه در هر فضای رنگی که ارائه می شود (معمولاً گزارش دوربین) وارد خط‌لوله می شود و سپس با استفاده از یک تبدیل معکوس معمولاً به صحنه خطی تبدیل می شود. اغلب از یک دوربین 1 بعدی‌خالص به تبدیل خطی استفاده می شود، اگرچه گاهی اوقات خطی سازی با تبدیل ماتریسی تقویت می شود. برای تجسم،از یک 3D-LUT استفاده می شود که پردازش خروجی نهایی را شبیه سازی می کند، که ممکن است یک شبیه سازی فیلم‌چاپی یا یک تبدیل S-شکل مشابه باشد. در طول فرآیند جلوه های بصری، تبدیل نمایشگر هرگز به تصاویر تبدیل نمی شود،به جز ارائه های «پرت شده» مانند خروجی سرمقاله یا نمایش های پیش نمایش خشن.

خطوط‌لوله رنگی متحرک

درخطوط لوله رنگی ویژگی های متحرک، تمام تصاویر به صورت مصنوعی در رایانه تولید می شوند. بنابراین، معکوس پذیری صفحه‌موضوعی نیست و عرض جغرافیایی بسیار بیشتری در انتخاب تبدیل های مشاهده مجاز است. با این وجود، علیرغم چنین‌آزادی هایی، اغلب ترجیح داده می شود که جنبه هایی از جریان کار سنتی فیلم را که حتی در یک زمینه کاملاً CG مفید هستند،منتقل کنیم. بنابراین ما از تفکر یک ویژگی متحرک به عنوان ایجاد یک "مجموعه فیلم مجازی" در رایانه حمایت می کنیم‌که با یک‌*دوربین مجازی*، *سهام منفی مجازی*، و *سهام چاپ مجازی*. البته، در حالی که این تبدیل های رنگ مجازی را می توان‌از همتایان دنیای واقعی الهام گرفت، معمولاً ترجیح داده می شود از ساده سازی های ایده آل سازی استفاده شود که به‌ویژگی های رنگ سنجی ذاتی جریان های کاری تصویربرداری فیزیکی نمی پردازد.

به‌طور کلی، خطوط لوله رنگی ویژگی های متحرک با الهام از فیزیکی نیاز به دو تبدیل منحصر به فرد دارند: تبدیل از فضای خطی‌صحنه به فضای رمزگذاری log- صحیح مناسب برای انتقال DI (نگاتیو مجازی) و یک تبدیل مشاهده که برای مشاهده نگاتیومجازی (مجازی) استفاده می شود. چاپ). تبدیل منفی مجازی به تصویر قبل از DI پخته می شود و تبدیل چاپ مجازی درتصویر پس از DI پخته می شود. به طور معمول این تبدیل ها به عنوان منحنی های 1 بعدی (برابر در هر کانال) تعریف می شوندو ممکن است شامل ماتریس سازی باشند. از LUTهای سه بعدی پیچیده، که در گردش های کاری VFX رایج است، معمولاً به جز در زمان انتشار فیلم چاپی اجتناب می شود (و استفاده خلاقانه از trim pass در طول DI ممکن است نیاز به چنین«چاپ فیلم معکوس 3D-LUT» را کاملاً برطرف کند).

گردش‌کار رنگی با ویژگی های متحرک از لحاظ تاریخی بر یک تبدیل مشاهده تک مرحله ای تکیه داشته است که مستقیماً از حالت‌خطی به صفحه نمایش تبدیل می شود و اغلب از تبدیل گاما استفاده می کند.[17] . با این حال، گردش های رنگی با ویژگی های‌متحرک با الهام از فیزیکی (که تبدیل منفی و چاپ را از هم جدا می کنند) به دلیل سهولت کار با فضاهای رندر HDR و انتقال قوی به DI به طور فزاینده ای ترجیح داده می شوند.

---

[17]این تبدیل مشاهده باید پرچم های هشداردهنده ای را در خواننده ایجاد کند که چنین خطوط لوله واقعاً در یک فضای نمایش خطی و نه‌در یک فضای رندر خطی صحنه عمل می کنند. برای جزئیات بیشتر به بخش 2.3، "یک درخواست برای اصطلاحات دقیق" و بخش2.3 نگاه کنید.

3.1.دیجیتال متوسط، مسترینگ و تحویل

واسطه‌دیجیتال (DI) فرآیندی است که در آن کل تصویر حرکتی در یک دستگاه سخت افزاری اختصاصی بارگذاری می شود، به‌منظور تصحیح رنگ در محیطی که دقیقاً منعکس کننده نمایشگاه نهایی است (یعنی در یک تئاتر). با مشاهده در این محیط‌نهایی، DI جایی است که اصلاحات رنگ در هر شات اضافه می شود و ظاهر بصری فیلم نهایی می شود. DI همچنین به‌عنوان "زمان بندی رنگ" یا "درجه بندی" نامیده می شود. مرحله نهایی پخت در نمای تبدیل های مخصوص یک دستگاه خروجی‌و تصحیح رنگ نهایی به عنوان شناخته می شود*تسلط*.

قفل‌کردن تبدیل(های) مشاهده نهایی DI در اوایل اولین گام حیاتی در ساخت خطوط لوله رنگ سینمایی، زیراهر بخش دیگری از فرآیند را پین می کند. باقی مانده خط لوله اساساً متکی به تجسم هایی است که با کار به‌عقب از این مرحله ایجاد می شود.

دیجیتال‌متوسط در محیطی انجام می شود که دقیقاً نمایشگاه نهایی را منعکس می کند. اگر در سینمای دیجیتال تسلط دارید،DI باید در یک محیط تئاتری معادل با پروژکتور دیجیتال منطبق انجام شود. اگر در حال تسلط بر سینمای خانگی هستید،باید در یک محیط خانگی «ایده آل شده» مسلط شوید.[18]. اگر برای اکران فیلم تسلط دارید، معمولاً از یک محیط نمایشی‌با پروژکتور دیجیتال استفاده می کنید، با یک شبیه سازی فیلم 3D-LUT که در ارتباط با چاپخانه ساخته شده است تا مطابقت‌بصری را تأیید کند. متوسط دیجیتال (و مسترینگ) معمولاً تحمل بسیار کمی در کالیبراسیون دارند، زیرا تصمیمات اتخاذشده در این فرآیند آخرین باری است که ظاهر رنگ تصویر بهینه می شود.

نمونه هایی‌از سیستم های DI تجاری محبوب عبارتند از NuCoda، Baselight، DaVinci، Lustre، و غیره.
شرکت هایی‌که در طول تاریخ از لحاظ تاریخی DI را انجام داده اند عبارتند از Deluxe و Technicolor.

---

[18]اکثر محیط های مسترینگ متداول دارای مشخصات دقیقی هستند که اغلب توسط SMPTE تعریف می شوند. این انتظارات برای رنگ‌سنجی، کالیبراسیون دستگاه، و حتی نگرانی های محیطی مانند "درخشندگی اطراف" را محدود می کند.

تصحیح‌رنگ و فضای کار

دورویکرد اصلی برای انتقال رنگ در دیجیتال میانی وجود دارد. اولین رویکرد "ویدئو محور" جایی است که تصاویر ارجاع شده به‌نمایش در DI بارگذاری می شوند. هیچ تبدیل مشاهده لازم نیست. بافر فریم ارجاع شده به صفحه نمایش مستقیماً در تصحیح‌کننده رنگ (مشابه نسخه متحرک فتوشاپ) دستکاری می شود. در رویکرد دوم «فیلم محور»، تصاویر ارجاع شده به صحنه‌در دستگاه بارگذاری می شوند و برای ایجاد نمای نهایی رنگ، یک تبدیل مشاهده (3D-LUT) لازم است. تصحیح رنگ، نمایش‌ارجاعی صحنه زیرین را دستکاری می کند، اما تمام قضاوت های رنگی با پیش نمایش از طریق تبدیل نمایشگر انجام می‌شود.

مزیت‌رویکرد "ویدئو" یکی از سادگی فرآیند است. هنگام تصحیح رنگ تصاویر از پیش رندر شده، مقدار نسبتاً کمی از تصحیح‌رنگ را می توان بدون معرفی مصنوعات در تصاویر اعمال کرد. نقطه ضعف این رویکرد این است که بسیاری از جزئیات‌در تصویر اصلی هنگام پیش پخت در تبدیل نمای از بین می رود. در واقع، در برخی از پیاده سازی ها، این تبدیل نمای‌ظاهری ممکن است حتی در داخل دوربین (یا در ویژگی های متحرک، در داخل رندر) باشد. به عنوان مثال، اگر یک عکس‌در ابتدا بیش از حد نوردهی شده بود، یک تصحیح رنگ معقول برای تیره کردن تصویر است. با این حال، این احتمال وجوددارد که در تصویر با نوردهی بیش از حد، بخش های بزرگی از تصویر به حداکثر مقدار ثابت بریده شده باشد و هیچ اصلاحی‌ممکن نمی تواند این جزئیات از دست رفته را بازگرداند.

درورویکرد «فیلمی»، کار با تصاویر ارجاع شده به صحنه، نمایشی با کیفیت بالا از محدوده دینامیکی کامل دوربین اصلی در تصحیح کننده‌رنگ بارگذاری می شود. تصاویر خام دوربین مستقیماً در موارد نادر درجه بندی می شوند، اما معمولاً از رمزگذاری«log» اعداد صحیح مخصوص دوربین استفاده می شود. در آینده، سیستم های DI که تصاویر ارجاع شده صحنه با نقطه‌شناور را بارگیری می کنند، به طور فزاینده ای متداول خواهند شد، اما در حال حاضر فایل های لاگ DPX معمول هستند.برای مشاهده، منحنی صدای S شکل استفاده می شود. ساخته شده تا دقیقاً ظاهر دستگاه نمایش خروجی مرجع را شبیه‌سازی کند. به عنوان مثال، در یک فیلم متحرک که قصد دارد یک توزیع نمایشی چاپی فیلم داشته باشد، مناسب است که‌یک 3D-LUT را برای مشاهده انتخاب کنید که فرآیند توسعه و چاپ خاص را تقلید می کند. اگر قرار باشد این فیلم به صورت‌دیجیتالی نیز توزیع شود، این شبیه سازی فیلم چاپی خاص در تصاویر، پس از DI، اما قبل از توزیع دیجیتال پخته می شود.البته، اگر تولید فقط به صورت دیجیتالی توزیع شود، در انتخاب تبدیل مشاهده، عرض جغرافیایی بسیار بیشتری وجوددارد. در هر دو مورد، ظاهر تصویر در DI با تصحیح رنگ تصویر در فضای رنگی خطی صحنه (یا لاگ کدگذاری شده) و تصمیم‌گیری بصری بر اساس ظاهر اصلاح می شود.*پست* مشاهده تبدیل.

بابازگشت به مثال "بیش از حد نوردهی" خود، به یاد داشته باشید که هنگام استفاده از رویکرد ارجاع شده به صحنه، محدوده دینامیکی‌بیشتری از عکسبرداری دوربین اصلی حفظ می شود. بنابراین، هنگامی که نوردهی را در داده های گزارش خود تغییر می دهیم،ممکن است جزئیات جدیدی را که قبلاً قابل مشاهده نبوده اند، در معرض نمایش بگذاریم (هیچ برشی رخ نداده است). ازنظر فرآیندهای تولید فیلم کلاسیک، از آنجایی که داده های بیشتری روی نگاتیو جمع آوری می شود، عرض جغرافیایی گسترده ای ازقرار گرفتن در معرض چاپ احتمالی داریم که در آن وفاداری چاپ بالا حفظ می شود. این اجازه می دهد تا تصحیح رنگ در "DI log" وفاداری بسیار بالایی داشته باشد. اکثر اصلاحات ساده تصویر را به سمت سیاهی مسطح یا سفید مسطح هدایت نمی کند.

.معمولاً به عنوان یک فرمت تحویل گزارش به واسطه دیجیتال استفاده می شود و هر دو نسخه 10 بیتی و 16 بیتی رایج هستند.برای مواد دانه دار، 10 بیت اغلب کافی است، اما 16 بیت برای تصاویر کم نویز تولید شده توسط کامپیوتر رایج ترمی شود DPX[19]. در مورد ارسال رندرهای واقعی صحنه به طور مستقیم به DI، نقطه شناور 16 بیتی (EXR) ترجیح داده می‌شود. نمایش خطی عدد صحیح 16 بیتی توصیه نمی شود.

---

[19] این بدان معنا نیست که تصاویر تولید شده توسط کامپیوتر ذاتاً نویز کمی دارند. در واقع، با تکنیک های رندر مدرن مانند روشنایی سراسری،اغلب جایگزین درست است (اکشن زنده نسبت به CG نویز کمتری دارد).

یک‌صفحه فیلم لاگ اصلی (بالا سمت چپ) در اصلاح کننده رنگ DI بارگذاری می شود. وقتی با یک جدول شبیه سازی فیلم (بالا سمت‌راست) مشاهده می شود، ظاهر خروجی نهایی را با نوردهی پیش فرض پیش بینی می کند. اگر بخواهیم نوردهی را با استفاده‌از افست افزودنی در log-space (پایین-چپ) کاهش دهیم، جزئیات جدیدی در نقاط برجسته شعله آشکار می شود. هنگامی‌که تصحیح مشابهی برای یک تصحیح کننده رنگ که در یک فضای ارجاع شده نمایشگر کار می کند (پایین سمت راست) اعمال‌می شود، این جزئیات از بین می رود. تصاویری از «مرد عنکبوتی» توسط کلمبیا پیکچرز. © Columbia Pictures Industries, Inc 2002. کلیه حقوق محفوظ است.

درصحنه خطی، عملیات بهره معمولاً برای تغییر تعادل رنگ و نوردهی صحنه استفاده می شود. در فضای ورود به سیستم، این‌تقریباً با افست ها مطابقت دارد. اگر از یک گزارش دقیق ریاضی استفاده شود، آنها در واقع یکسان هستند، اگرچه اکثر سازندگان‌کدهای گزارش را همانطور که قبلا ذکر شد تغییر می دهند. تصحیحات رنگی لاگ آفست (در هر کانال رنگی) در تصحیح‌رنگ صنعت متحرک همه جا وجود دارد. اغلب به عنوان "درجه اولیه" یا "یک نور" شناخته می شود. «محو شدن به سیاه»نمایشی ظاهر بسیار خاصی برای آنها دارد، که نتیجه مستقیم اعمال محو شدن در فضای سیاه است، همانطور که از طریق‌شبیه سازی فیلم سنتی «S شکل» مشاهده می شود. محو شدن به رنگ مشکی اعمال شده به عنوان عملیات افزایش درصحنه-خطی ظاهر بصری تقریباً مشابهی دارد، با برجسته سازی های خاص فراتر از رنگ های میانی روی صفحه نمایش باقی‌می ماند.

ازنظر هنری، فرآیند DI را می توان به یک تصحیح در هر شات که تنوع رنگ نما به شات را خنثی می کند، و سپس یک فرآیند ثانویه‌که ظاهر هنری کلی فیلم را ایجاد می کند، تقسیم می شود. برای خانه DI معمول است، اگر درجه اولیه به اندازه کافی زوداتفاق بیفتد، ظاهر مورد استفاده را به خانه های VFX منتقل می کند. این اغلب به عنوان CDL یا 3D-LUT در هر عکس ارسال‌می شود و تغییر شکل مشاهده در آن ایجاد نمی شود. همچنین مهم است که فضای رنگی را که اصلاحات رنگ در آن اعمال‌شده است، به اشتراک بگذارید. بیشتر اوقات، فضای رنگی تصحیح رنگ DI با ارائه جلوه های بصری یکسان است.

قالب‌مزیت کار با این داده ها در پایین دست این است که برای تصاویر تولید شده توسط رایانه، پیش نمایش بهتری از ظاهرنهایی نمایش در سینما دارید.

Mastering و Trim Passes

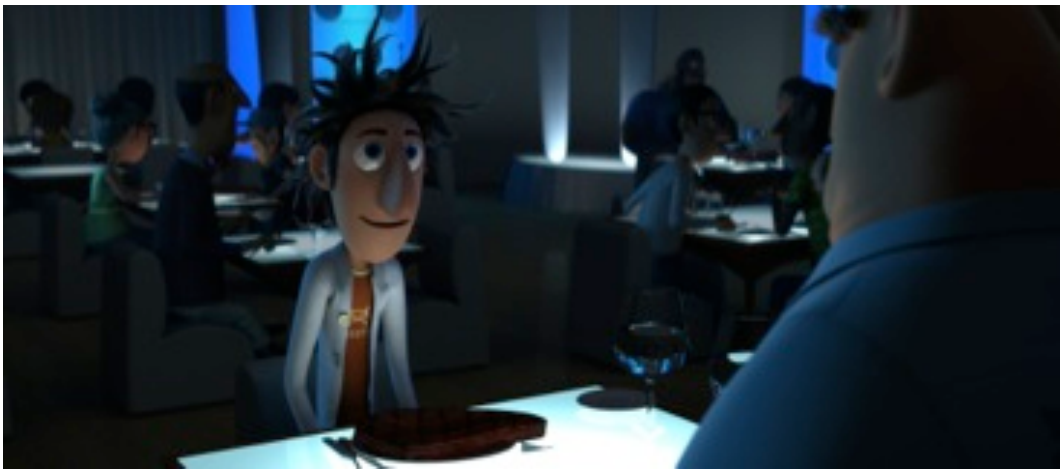
درDI ایجاد Master برای چندین دستگاه خروجی رایج است. برای مثال، در فیلم های اصلی ممکن است انتظار داشته باشیم که‌استادان را برای نمایش دیجیتال، اکران فیلم، سینمای خانگی (در هر دو حالت HD و استاندارد استاندارد)، در ترکیبی از دو بعدی‌و سه بعدی ارائه دهند. رویکرد کلی این است که یک فرآیند خروجی را به عنوان «استاندارد طلایی» شناسایی کنیم، و بیشترزمان هنری را صرف تصحیح تصاویر برای به نظر رسیدن کامل در آن دستگاه کنیم. در تجربه ما، پروجکشن دیجیتال تئاتری‌اغلب استاد مناسبی است که به عنوان مرجع در نظر گرفته می شود. کارگردان، تهیه کنندگان و سایر خلاقان در این روندحضور خواهند داشت. پس از تکمیل درجه رنگ اصلی، مسترهای اضافی به عنوان مورد استفاده قرار می گیرندتریم از بالاعبور می کند خروجی اصلی تریم پاس ها اغلب به عنوان لایه های تصحیح رنگ اضافی اضافه شده به اصلاحات اولیه اجرا می شوندو فقط از اصلاحات جزئی مانند کنتراست، روشنایی و اشباع استفاده می کنند. تبدیل صفحه نمایش پخته شده به هراستاد مخصوص دستگاه است. یک تغییر نمای متفاوت متناسب با هر دستگاه خروجی یک ضرورت است. نیازی نیست خلاقیت هادر طول ایجاد پاس های تزئینی حضور داشته باشند، زیرا رنگ ساز از قبل با ظاهر نهایی مواد آشناست و مرجع شناخته‌شده ای برای استفاده به عنوان هدف ظاهری رنگ دارد.

محیط‌تماشای تصاویر متحرک تأثیر زیادی بر ظاهر رنگ دارد. محیط های تماشای تئاتر معمولاً دارای محیط تاریک و روشنایی‌صفحه نمایش نسبتاً کم (48 cd/m^2) هستند. رایج است). در سینمای خانگی، احتمالاً یک محیط کم نور و روشنایی صفحه‌نمایش روشن تر 80 cd/m^2 وجود دارد. معمولی است. در یک محیط دسکتاپ/دفتر، یک فضای فراگیر روشن محتمل است.بنابراین، اگر در هر محیط یک تصویر را نمایش دهید، ظاهر بسیار متفاوت خواهد بود، به ویژه کنتراست و رنگارنگ درک‌شده تصویر. ممکن است از مدل های ظاهری رنگ برای اصلاح این تنظیمات استفاده شود، اما پاس های کوتاه با یک انسان‌در حلقه معمولاً نتایج وفاداری بسیار بالاتری را به همراه دارد.

هنگام‌مسترینگ برای سه بعدی استریوسکوپی، یک پاس تریم مخصوص 3 بعدی اضافی ضروری است. با توجه به اپتیک اضافی‌لازم برای ایجاد جفت تصویر استریو (فیلترهای اضافی در پروژکتور، عینک روی مخاطب)، تصویر استریو نمایش داده شده‌معمولاً درخشندگی بسیار کمتری نسبت به پروژکتور نمایشی دو بعدی سنتی دارد. از آنجایی که تصاویر با درخشندگی کمترکمتر رنگی به نظر می رسند، پاس های تریم برای استریو مسترها معمولاً هم اشباع و هم کنتراست را نسبت به 2-D Master افزایش می دهند.

3.2.نورپردازی، رندر، سایه

مراحل‌رندر، نورپردازی و سایه زنی زمانی که در یک محدوده دینامیکی بالا و فضای رنگی صحنه-خطی اجرا می شوند، نزدیک به‌واقع گرایی فیزیکی هستند. در حالت ایده آل، در طول اجرای رندر نباید به تغییر فضای رنگی نیاز باشد، زیرا همه دارایی های‌ورودی مانند بافت ها، پیش بینی مجدد صفحات و skydomes را می توان از قبل خطی کرد. مشاهده تصویر از داده‌های خطی صحنه معمولاً با تبدیل به فضای رنگی تحویل داده شده به میانی دیجیتال (معمولاً فضای رنگی گزارش) و سپس‌اعمال تبدیل نمای مناسب برای نمایش مشخص شده انجام می شود. برای راحتی، این تبدیل ها معمولاً به یک LUT-3D تبدیل می شوند، اگرچه باید مراقب بود که LUT نسبت به دامنه HDR مناسب وفاداری مناسبی داشته باشد. همانطور که‌قبلا ذکر شد، شما*باید* هنگام مشاهده داده های خطی صحنه HDR از یک تبدیل مشاهده استفاده کنید.



دراین تجسم خام از محدوده دینامیکی بالا، رندر خطی صحنه، مقادیر بیشتر از 1.0 هنگام ارسال به نمایشگربریده می شوند (اگرچه در فایل تصویر زیرین موجود است).

بااستفاده از تجسم ساده گاما 2.2 (نگاشت مستقیم صحنه خطی به نمایش خطی)، منجر به تصویری با کنتراست‌ظاهری کم و نمایش هایلایت ضعیف می شود (به برش روی جدول توجه کنید.)

استفاده‌از منحنی رنگ S شکل برای تجسم رندر خطی صحنه، ظاهر دلپذیری از کنتراست، با جزئیات برجسته و سایه متعادل‌به دست می دهد.

رندرهایSony Pictures Imageworks، برای دانلود در opencolorio.org موجود است. تصاویری از "Chance Of Meatballs Cloudy With a" توسط انیمیشن Sony Pictures Animation Inc 2009 © Sony Pictures. کلیه حقوق محفوظ است.

چراصحنه-خطی برای نورپردازی ترجیح داده می شود؟ اول، خود رندر سود می برد. مکانیسم های نمایش دهنده انتقال نور از نظرفیزیکی قابل قبول، مانند روشنایی سراسری، زمانی که صحنه هایی با محدوده دینامیکی بالا ارائه می شوند، نتایج طبیعی‌به دست می دهند. مدل های عینی مبتنی بر فیزیکی، همراه با چراغ های منطقه، نتایج فیزیکی قابل قبولی را با داده های‌محدوده دینامیکی بالا تولید می کنند. رندر خطی صحنه همچنین اجازه می دهد تا نورها و اجزای متریال پس از رندر متعادل‌شوند، با نتایجی که به طور یکسان دنبال می شوند که آیا رندر اصلی بهینه شده است. ذخیره تصاویر رندر شده در یک محفظه‌ممیز شناور برای حفظ حداکثر صحت تصویر رایج است. فرمت OpenEXR (بخش 4.1) در VFX و انیمیشن رایج ترین‌است.

یکی‌از مسائلی که در رندرهای با دامنه دینامیکی بالا باید مراقب آن بود، نویز رندر است. هنگامی که بافت های صحنه (مانندskydomes) حاوی مناطق «گسیری پرتاب کننده» هستند که به طور قابل توجهی به روشنایی صحنه کمک می کنند (RGB <<1.0)، باید از نظر نمونه گیری یا نویز دقت کرد. پیشرفت های رندر مدرن مانند نمونه گیری چند مهم (MIS) برای کاهش‌چنین مسائلی مفید هستند. حتی با این حال، معمول است که منابع نوری بسیار فشرده و/یا روشن (مانند خورشید) رااز آسمان نماها رنگ آمیزی کنید و سپس آنها را به عنوان نورهای رندر اصلی به صحنه اضافه کنید تا هم نمونه برداری با نویزکمتر و هم اغلب بیشتر باشد. کنترل هنری

سایه زن های‌نور نیز از کار با خطی ارجاع شده به صحنه، به ویژه در ناحیه سقوط نور، سود می برند. در گذشته، حالت پیش فرض‌کار با چراغ ها در گرافیک کامپیوتری عدم استفاده از falloff بود. با این حال، هنگامی که با مدل های سایه زنی مبتنی‌بر فیزیکی ترکیب می شود، با استفاده از r^2 سقوط نور به طور طبیعی رفتار می کند. اگر کسی سعی کند در مدل های ریزش‌نورپردازی واقع گرایانه به فضاهای با دامنه دینامیکی پایین تر (مانند خطی ارجاع شده به نمایشگر) جابجا شود، اجتناب ازقطع شدن بسیار دشوار است. از جنبه منفی، یکی از پیامدهای کار با افت نور طبیعی این است که اغلب باید مقادیر شدت نوربسیار بالایی داشته باشد. این است

بنابراین،بیان شدت نور در رابط های کاربری بر حسب «توقف ها» رایج است، زیرا ارائه یک مقدار رابط «+20 توقف» برای هنرمندبسیار راحت تر است، در مقایسه با مقدار 1048576.0« RGB».

عملیات‌ضد آلیاسینگ نیز از حالت خطی صحنه بهره می برند، اگرچه باید در فیلترهای بازسازی رندر دقت بیشتری داشت. فیلترهای‌دارای لوب منفی مانند Catmull-Rom به دلیل محدوده دینامیکی اضافی، تمایل بیشتری به نشان دادن زنگ دارند.این یک مشکل خاص در عناصری است که با "چراغ های لبه" بسیار روشن روشن می شوند، زیرا این امر باعث ایجاد نقاط‌برجسته نورانی در تماس مستقیم با لبه ها می شود. دو رویکرد متداول برای حل چنین مسائل فیلترینگ وجود دارد. اولاً،نمونه های بسیار درخشان را می توان به گونه ای جدا کرد که این نمونه ها چنین مقادیر زیادی انرژی را تامین نکنند. با این‌حال، این امر بسیاری از ظاهر بصری قابل توجه را که بسیار به واقع گرایی می افزاید، از بین می برد. روش دیگر این است که‌انرژی اضافی را می توان در بین پیکسل های همسایه پخش کرد به طوری که ضربه های دیدی اثری مشابه با شعله ور شدن‌دوربین نشان می دهند. هر دوی این افکت ها می توانند در حین ترکیب کردن یا درونی رندر اجرا شوند. مزیت دومی این‌است که پردازش می تواند در سطح زیر پیکسل برای ضد الایاسینگ با کیفیت بالاتر کار کند.

عکسبرداری‌از محیط HDR

ضبطHDR به طور فزاینده ای برای گرفتن نور اولیه استفاده می شود. از لحاظ تاریخی، تکنیک کلاسیک برای گرفتن نقشه های‌محیطی کروی، عکاسی از یک توپ کرومی بود، همانطور که برای اولین بار توسط Gene Miller ارائه شد.[20] پیشرفت های‌اخیر در سخت افزار اکنون امکان ثبت مستقیم نور صحنه را می دهد، چه با دوربین چند نوردهی چشم ماهی یا باسخت افزار اختصاصی. یکی از توسعه های اخیر این روش، گرفتن صحنه از ارتفاعات و/یا مکان های متعدد است که از طریق‌مثلث سازی امکان برآورد انرژی قابل قبولی از نور صحنه را فراهم می کند. چنین تخمین های انرژی امکان رندر فیزیکی قابل‌قبولی از جلوه های روشنایی محلی را فراهم می کند، که با روش های رندر سنتی آسمان نما که نورهای بی نهایت دور را فرض‌می کند، در تضاد است.

هنگام‌کالیبره کردن نورهای HDR باید مراقب رنگ سنجی، خطی بودن و تعادل رنگ سفید باشد، در غیر این صورت ممکن است‌داده های روشنایی حاصل در محیط های تولید شده توسط رایانه ادغام نشوند. افزودن یک کره پراکنده و سایر مواد مرجع‌در حین ضبط صحنه برای اعتبار بخشیدن به بازسازی نور در آینده مفید است.

[20].را برای بررسی گذشته نگر جذاب در مورد تاریخچه نقشه برداری محیط ببینید]Debevec 06[

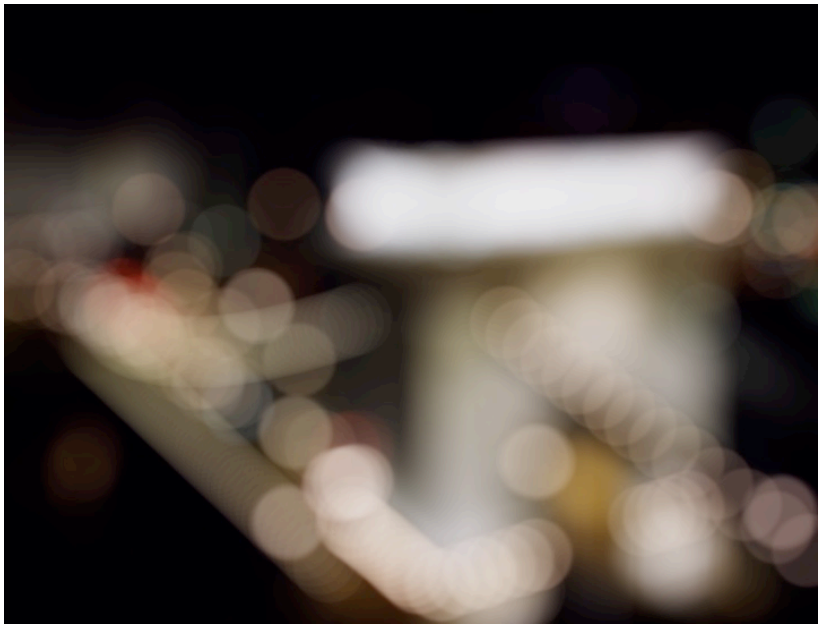
3.3.ترکیب کردن

ترکیب‌فرآیندی است که در آن صفحات اکشن زنده با تصاویر تولید شده توسط کامپیوتر ادغام می شوند. پردازش تصویر در هردو فضای رمزگذاری خطی صحنه و لگاریتمی هر دو مفید هستند، اگرچه خطی صحنه به طور فزاینده ای پیش فرض است. مانندنورپردازی، نمایش تصویر معمولاً از تبدیل های مشاهده استفاده می کند که فرآیند نهایی DI را شبیه سازی می کنند. نمونه‌هایی از برنامه های کاربردی کامپوزیت تجاری موجود عبارتند از Nuke، After Effects، Fusion و Flame.

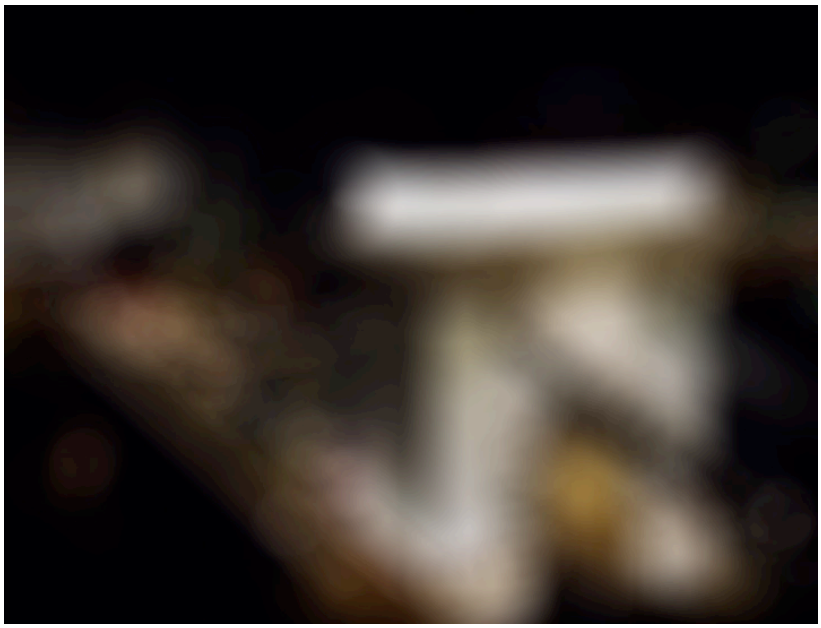
درجلوه های بصری فیلم، صفحات (عکاسی اکشن زنده) معمولاً روی دیسک به عنوان رمزگذاری گزارش داده های دوربین خطی،اغلب به صورت فایل های DPX نشان داده می شوند. فریم هایی که به بسته کامپوزیت وارد می شوند، معمولاً در ورودی‌به صحنه خطی تبدیل می شوند و سپس در خروجی به فضای رنگ اصلی تبدیل می شوند. از پایان به انتها، فرآیند ترکیب سازی‌یک «بدون عملیات» را نشان می دهد و معمولاً هدفش معکوس پذیری کامل در پردازش رنگ است. چنین رفتاری‌کاملاً حیاتی است، زیرا معمولاً همه عکس ها از طریق گردش کار VFX نمی گذرند، و عکس های پردازش شده VFX بایدبه طور یکپارچه با بقیه تصویر متحرک ارتباط برقرار کنند.

مزایای‌ترکیب خطی صحنه بسیار زیاد است. مشابه مزایای موجود در رندر، سایه و نورپردازی. تمام عملیات هایی که انرژی را باپیکسل های همسایه از نظر فضایی ترکیب می کنند (موشن تاری، فوکوس زدایی، اعوجاج تصویر، تغییر اندازه، و غیره) به طورپیش فرض نتایج قابل قبول تری (معروف به واقع گرایانه) از لحاظ فیزیکی دارند. Anti-aliasing بهتر عمل می کند، اختلاط‌نور ظاهر رندرهای اصلی را حفظ می کند و مهمتر از همه، حتی عملیات ترکیب ساده مانند "over" نتایج واقعی تری راایجاد می کند، به ویژه در عناصر نیمه شفاف (مو، حجم سنجی، عناصر fx و غیره).

این‌تصویر به نشان دادن مفاهیم انرژی استفاده از فلسفه های مختلف خطی سازی کمک می کند. به ظاهررشته چراغ ها در بالای دهانه پل توجه ویژه ای داشته باشید. چه مقدار انرژی در آن پیکسل ها نشان داده‌شده است؟



اعمال‌فوکوس زدایی در صحنه خطی، جلوه بوکه را بر روی هر یک از چراغ های دهانه پل نشان می دهد، که شبیه‌به ظاهر بصری انجام این فوکوس زدایی در حین گرفتن دوربین است. این به این دلیل است که مقادیر پیکسل‌با نور در صحنه اصلی متناسب است، و بنابراین پیکسل های Specular انرژی کافی برای مشاهده درهنگام ترکیب با همسایگان خود دارند. سایر اثرات انرژی مانند حرکت تاری به پیشرفت های مشابهی در واقع‌گرایی از کار در فضای خطی صحنه دست می یابند.

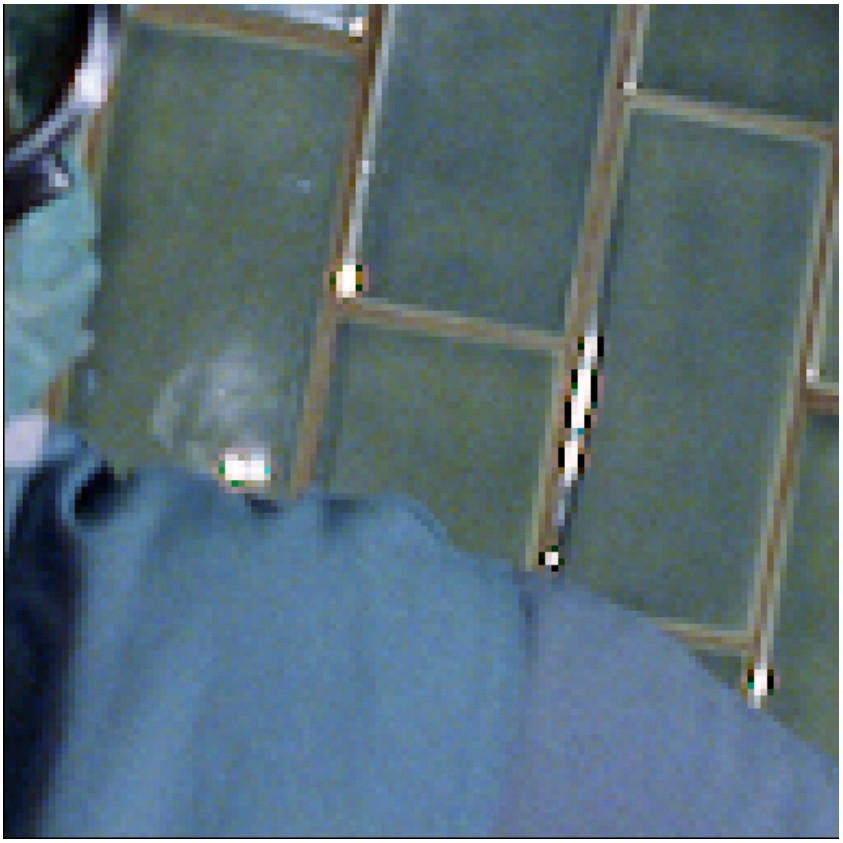


استفاده‌از فوکوس زدایی یکسان در صفحه نمایش خطی، باعث می شود که بر برجسته ترین نقطه ها بی تأکیدشود. این به این دلیل است که اگرچه این عملیات در تبدیل "خطی" و پس از نمایشگر اعمال می شود،نقاط برجسته قبلاً برای نمایش دامنه دینامیکی پایین تر رندر شده اند و بنابراین مقادیر فیزیکی قابل قبولی‌از انرژی ندارند.

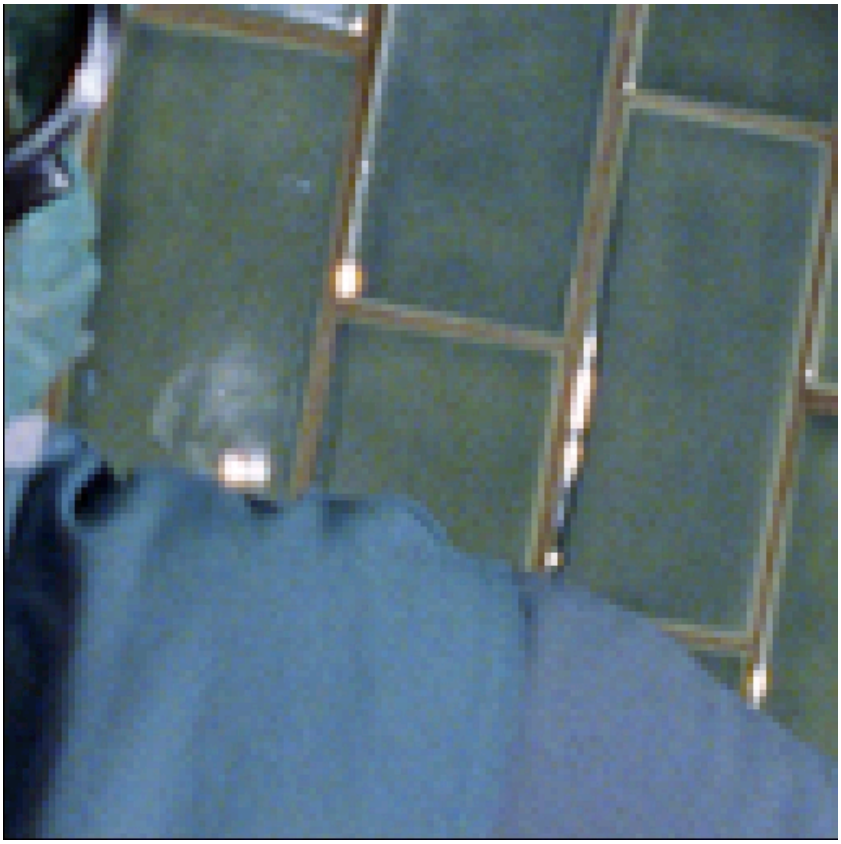
چالش‌های ترکیب خطی صحنه

برای‌کار با محدوده های پویا بالا در کامپوزیت چالش هایی وجود دارد. اولا، اپراتورهای فیلتری که از هسته های تیز و منفی استفاده‌می کنند (مانند lanczos، keys، sinc،) بسیار مستعد زنگ زدن هستند (مقادیر منفی در اطراف برجسته ها). در حالی‌که فیلترهای درون یابی مانند جعبه، گاوس، دو خطی و دو مکعبی نمی توانند این مصنوع را ایجاد کنند، اما نرم شدن راایجاد می کنند. برای مواردی که فیلتر شدید مورد نیاز است (اعوجاج لنز، تغییر اندازه، و سایر تکنیک های تاب برداشتن فضایی) روش های مختلفی برای کاهش چنین مصنوعات HDR مفید هستند.

ساده‌ترین روش برای کاهش مصنوعات بیش از حد/کم عکس برداری این است که نقاط برجسته را حذف کنید، تصویر را پردازش‌کنید و سپس نقاط برجسته را بازگردانید. در حالی که این انرژی هایلایت را حفظ نمی کند (اثر خالص کاهش شدت تصویری‌را دارد)، نتایج از نظر بصری دلپذیر هستند و برای پردازش تصاویر با آلفا مناسب هستند. یکی دیگر از رویکردهای فیلترHDR استفاده از یک مدل شعله ور دوربین ساده است، که در آن نقاط برجسته بسیار روشن انرژی خود را با پیکسل های‌همسایه به اشتراک می گذارند. در نهایت، برای تصاویر بدون آلفا، تبدیل به لاگ، فیلتر کردن و تبدیل به عقب تاثیر بصری‌بیش از حد و کم شتاب را تا حد زیادی کاهش می دهد. اگرچه پردازش log-space منجر به اعوجاج شدید انرژی می شود،برای تبدیل هایی که تقریباً 1:1 هستند (مانند اثرات اعوجاج لنز برای صفحات) این به خوبی جواب می دهد.



استفاده‌از هسته های فیلتر با لوب منفی برای تصاویر با دامنه دینامیکی بالا (در این مورد تغییر اندازه lanczos3) ممکن است‌باعث ایجاد آرتیفکت های زنگ بصری قابل توجهی شود. سیلوئت های مشکی را در اطراف نقاط برجسته چشمگیر مشاهده‌کنید.



هنگام‌استفاده از فیلترهای تیز بر روی تصاویر HDR با پردازش در نمایش های رنگی متناوب (مانند گزارش)، با استفاده از رویکردهای‌پرتاب انرژی، یا با استفاده از نواحی برجسته قبل از شعله ور شدن، از ایجاد مصنوعات زنگ می توان جلوگیری کرد.این تصویر نتایج تکنیک roll-off را نشان می دهد.

چالش‌دیگر در کار با داده های خطی صحنه در ترکیب این است که ترفندهایی که اغلب در ترکیب اعداد صحیح به آن ها تکیه می کنندممکن است هنگام اعمال تصاویر ممیز شناور مؤثر نباشند. به عنوان مثال، عملگر صفحه نمایش (که زمانی که روی پاس های‌مات اعمال می شود، موثر باقی می ماند)، گاهی اوقات روی داده های RGB برای شبیه سازی «افزودن جزئی» استفاده می شود.از آنجایی که اپراتور صفحه نمایش در بالای 1.0 به درستی تعریف نشده است، هنگامی که روی داده های HDR اعمال می شود،نتایج غیرمنتظره ای رایج خواهد بود. برخی از بسته های ترکیبی هنگامی که هر یک از ورودی ها خارج از [0.0، 1.0] هستند، صفحه‌نمایش را با "max" تعویض می کنند، اما این در درجه اول برای جلوگیری از مصنوعات است و از نظر هنری مفید نیست. ریاضیات‌جایگزین «افزودن جزئی» مانند هیپوتنوز مفید هستند، اما دقیقاً هدف اصلی صفحه را تکرار نمی کنند. یکی دیگر از مسائل‌مرتبط که هنگام ترکیب بندی باید مراقب آن بود این است که هنگام ترکیب تصویر HDR، آلفاها نباید از محدوده [0،1] خارج‌شوند. در حالی که برای کانال های RGB کاملاً منطقی است که مقادیری داشته باشند (حتی در موارد خاص منفی!)، عملگرهای‌ترکیب کننده، مانند over، نتایج کاملاً نامعتبری را روی آلفاهای غیر [0,1] تولید می کنند.

یکی‌از نکات ظریف کار با تصاویر ممیز شناور این است که هنرمندان باید با برخی از موارد گوشه ای در نمایش های ممیز شناورآشنا شوند: NaNs و Infs. برای مثال، اگر یکی بر مقادیر بسیار کوچک تقسیم شود (مثلاً در حین تکثیر نشدن از پیش)، می توان‌مقدار رنگ را به اندازه ای بالا برد که بی نهایت تولید شود. NaN ها نیز مکرر هستند و ممکن است در هنگام سایه زدن(داخل رندر) یا در حین عملیات تقسیم بر صفر وارد شوند. هر دو nan و inf در صورت عدم شناسایی و پاکسازی می توانندمشکلاتی را در ترکیب ایجاد کنند، زیرا اکثر الگوریتم های پردازش تصویر نسبت به حضورشان قوی نیستند و معمولاً به روش های غیرمنتظره ای با شکست مواجه می شوند.

کاربا Log Imagery

باوجود مزایای HDR در بسیاری از اپراتورهای ترکیبی، فقط مواردی وجود دارد حتی در جریان های کاری ترکیب سازی مدرن که در آن فضاهای log مانند هنوز مفید هستند. به عنوان مثال، دستکاری‌کنتراست تصاویر HDR بی اهمیت است. کنتراست معمولاً به عنوان یک تصحیح رنگ توصیف می شود که باعث می شود سایه ها تیره تر، و هایلایت ها روشن تر شوند و در اطراف‌یک محور متمرکز شوند. در فضاهای ممیز شناور نامحدود، اگر از عملگر کنتراست خطی + افست (mx+b) استفاده می کنید، انتخاب آفست هایی که پیکسل ها را منفی نمی کنند دشواراست. و جایگزین، یک تابع گاما (توان نمایی)، این پتانسیل را دارد که نقاط برجسته را به مقادیر بسیار بزرگی سوق دهد. این یکی از مواردی است که تبدیل به فضایی مانند log بسیارمفید است. در فضای log، هر دو عملگر خطی و گاما کنتراست عملکرد معقولی دارند. این یکی از دلایلی است که اغلب کارهای رنگی DI برای کار در فضاهای سیاهه مانند ترجیح داده‌می شود. عملیات دیگری که برای انجام در لاگ مفید هستند عبارتند از تطبیق دانه ها، کشیدن کلیدها و بسیاری از عملگرهای اعوجاج فضایی. اما هنگام استفاده از فضاهای رنگی گزارش‌در ترکیب بندی مراقب باشید، زیرا همه تبدیل های گزارش، طیف کاملی از مقادیر کد خطی صحنه را حفظ نمی کنند. بسیاری از این تبدیل ها مقادیر بالای رنگ هایلایت خاص، زیر یک‌رنگ سایه خاص را برش می دهند و اغلب همه مقادیر منفی را برش می دهند. در نهایت، کامپوزیت باید صفحاتی برای DI تولید کند که تحت انواع تصحیحات رنگ حفظ شوند. برای جزئیات‌بیشتر به بخش "بازرسی انتقادی از تصاویر" مراجعه کنید. اما هنگام استفاده از فضاهای رنگی گزارش در ترکیب بندی مراقب باشید، زیرا همه تبدیل های گزارش، طیف کاملی از مقادیرکد خطی صحنه را حفظ نمی کنند. بسیاری از این تبدیل ها مقادیر بالای رنگ هایلایت خاص، زیر یک رنگ سایه خاص را برش می دهند و اغلب همه مقادیر منفی را برش می دهند. درنهایت، کامپوزیت باید صفحاتی برای DI تولید کند که تحت انواع تصحیحات رنگ حفظ شوند. برای جزئیات بیشتر به بخش "بازرسی انتقادی از تصاویر" مراجعه کنید. اما هنگام استفاده‌از فضاهای رنگی گزارش در ترکیب بندی مراقب باشید، زیرا همه تبدیل های گزارش، طیف کاملی از مقادیر کد خطی صحنه را حفظ نمی کنند. بسیاری از این تبدیل ها مقادیر بالای رنگ‌هایلایت خاص، زیر یک رنگ سایه خاص را برش می دهند و اغلب همه مقادیر منفی را برش می دهند. در نهایت، کامپوزیت باید صفحاتی برای DI تولید کند که تحت انواع تصحیحات رنگ‌حفظ شوند. برای جزئیات بیشتر به بخش "بازرسی انتقادی از تصاویر" مراجعه کنید.

زمان‌بندی صفحه / خنثی سازی

هنگام‌کار با عکاسی از صفحه، اغلب مفید است که برای هر صفحه تصحیحات رنگی ساده ایجاد کنید تا نورپردازی در یک دنباله‌خنثی شود. در طول عکسبرداری، به ناچار جابه جایی رنگ در عکس ها وجود خواهد داشت (مانند حرکت خورشید در پشت‌ابر، حرکت نورها به مکان های مختلف و غیره). استفاده از صفحات خنثی شده در نورپردازی و ترکیب منجر به افزایش کارایی‌می شود زیرا دکل های سبک و استانداردهای توالی بهتر دنبال می شوند. در بیشتر گردش ها، خنثی سازی صفحه در بالای‌نمودار ترکیبی انجام می شود، عناصر «خنثی» ارائه شده در آن ترکیب می شوند، و سپس قبل از اینکه فایل نوشته شود،خنثی سازی لغو می شود. این رویکرد اغلب "معکوس کردن" نامیده می شود و مزیت آن این است که تحویل خروجی مستقل‌از فرآیند خنثی سازی رنگ با صفحه ورودی سازگار است. تصحیحات رنگی که برای خنثی سازی صفحه استفاده می شودباید برگشت پذیر باشند و به این ترتیب معمولاً یا به صورت افست های ساده در فضای ثبت دوربین یا به عنوان دستاوردهای‌ساده به صورت خطی استفاده می شوند. معمولاً از انجام عملیات پیچیده تر مانند کنتراست، اشباع و غیره اجتناب‌می شود زیرا این نوع اصلاحات خطی بودن صفحه را شکسته و احتمالاً ترکیب را دشوارتر می کند (با فرض اینکه خطی‌سازی در ابتدا انجام شده است).

مهم‌است که بین عدد زمان لازم برای خنثی سازی صفحه و ظاهر پیچیده تر که در DI ساخته می شوند، تمایز قائل شویم. در DI، مجموعه کامل عملگرهای تصحیح رنگ را می توان استفاده کرد (کنتراست، کلیدها، اولیه، ثانویه، و غیره)، زیرا نیازی به معکوس‌کردن این فرآیند نیست. با این حال، اعداد خنثی سازی رنگ مورد نیاز برای نورپردازی و ترکیب باید معکوس باشند و به‌این ترتیب معمولاً به تنظیمات ساده تعادل رنگ محدود می شوند. مراقب باشید که اگر در اصلاح رنگ خنثی شده پخت می‌کنید، باید این محدوده گسترده را در سراسر فرآیندهای ترکیب و تحویل پایین دست حفظ کنید. به عنوان مثال، اگر بسته ترکیبی‌شما از یک تبدیل log-convert در ورودی استفاده می کند، و سپس از زمان بندی رنگ استفاده می کنید،

پیش‌ضرب

.شروع‌می شود، مفهوم شفافیت را اضافه می کند و سپس با آن "پیش ضرب" می شود. این در واقع درست نیست RGB یک‌رپ بد غیرقابل توجیه دریافت می کند، همانطور که از نام آن مشخص است که با رنگ Premultiplication **از پیش ضرب‌شده، نمایش طبیعی رنگ و شفافیت است RGB**و خروجی بومی رندرها است. یک مدل ذهنی خوب برای RGBA از پیش ضرب شده این است که کانال های RGB نشان دهنده میزان نوری است که از داخل ناحیه پیکسل ساطع می شود،و آلفا نشان دهنده این است که یک پیکسل چقدر نور را در پشت آن مسدود می کند. از آنجایی که آلفا کسری از انسدادرا نشان می دهد، برای حفظ صحت فیزیکی مقادیر آلفا باید بین 0 و 1 باشد. کانال های RGB چنین محدودیتی ندارندو می توانند از -بی نهایت تا بی نهایت متغیر باشند.

علاوه‌بر این، هیچ مشکلی با RGBهای بزرگتر از آلفا وجود ندارد (یک تصور غلط رایج). حتی زمانی که آلفا صفر است، یک RGB مثبت کاملاً معقول است - مربوط به نوری است که از یک پیکسل ساطع می شود بدون اینکه چیزی در پشت آن مسدودشود. در واقع، این وضعیت در رندرهای FX تابشی مانند آتش رایج است.

بنابراین‌چگونه باید RGBA غیرقابل ضرب را تفسیر کنیم؟ RGBA تکثیر نشده به راحتی به این صورت قابل درک است: "اگر این‌پیکسل کاملاً مات بود، چقدر نور ساطع می شد؟" این نمایش مطمئناً در زمینه های ترکیبی خاص (مانند هنگام کشیدن‌کلیدهای لوما از عناصر CG) مفید است، اما از آنجایی که تبدیل به RGBA پیش مولد نشده یک تقریب با اتلاف است،عاقلانه است که تبدیل را فقط در صورت لزوم انجام دهیم.

برای‌اطلاعات بیشتر در مورد نمایش های RGBA از پیش ضرب شده در مقابل تکرار نشده، به [Duff 84] و [Blinn 98] مراجعه‌کنید.

3.4.بافت و نقاشی مات

رنگ‌آمیزی بافت و نقاشی مات یک چالش خط لوله رنگ است. در حالت ایده آل، می توان مستقیماً در یک فضای خطی صحنه‌نقاشی کرد و از تجسم های مناسب برای دریافت پیش نمایش واقعی از ظاهر رندر نهایی استفاده کرد. با این حال، اکثربرنامه های کاربردی نقاشی بافت به طور مستقیم در فضاهای رنگی ارجاع شده به نمایشگر کار می کنند، جایی که تصویر نقاشی‌شده مستقیماً روی صفحه نمایش داده می شود. علاوه بر این، مرجع بافت اغلب به عنوان تصاویر ارجاع شده به صفحه‌نمایش (مانند خروجی JPG/TIFF از یک دوربین دیجیتال) به دست می آید. مرجع بافت خطی صحنه فقط در شرایط نادردر دسترس است.

این‌نقشه رنگی مدولاسیون رنگی جزء پراکنده یک سایه زن سطحی را نشان می دهد و در یک فضای ارجاعی نمایشگررنگ شده است. هنگامی که به خطی تبدیل می شود (قبل از نگاشت mipmapping)، مقادیر رنگ حاصل‌بین [0،1] متغیر است و نشان دهنده آلبدوهای سطحی از نظر فیزیکی قابل قبول است.

بنابراین،یک راه حل متداول استفاده از «رندر لحن معکوس» برای تبدیل تصاویر ارجاع شده به صفحه نمایش به فضای ارجاعی‌صحنه فرضی است. از نظر مفهومی، هنرمند بافت در حال نقاشی لحن ارائه شده است*ظاهر* از بافت، نه خود بافت.چند چالش با این تبدیل از فضای ارجاع به نمایش به صحنه ارجاع شده وجود دارد. اولاً، رندر تن ممکن است معکوس نباشد،به خصوص زمانی که فیلمی 3D-LUT برای پیش نمایش تصویر استفاده می شود. دوم، رندرهای سنتی «s شکل» دارای‌بخش های بسیار افقی از منحنی هستند که وقتی معکوس شوند، عملکردهای انتقال بسیار شیب دار را به همراه دارند.این تضاد شدید اثر تقویت تغییرات کوچک در مقادیر کد ورودی را دارد. به عنوان مثال، یک معکوس تند می تواند منجربه وضعیتی شود که در آن یک تغییر مقدار کد واحد در یک بافت نقاشی شده می تواند با یک دلتای یک توقف یا بیشتر ازنور خطی صحنه مطابقت داشته باشد. کار با این حساسیت برای هنرمندان بسیار چالش برانگیز است.

یک‌راه حل مشترک برای هر دوی این مسائل این است که در هدف ما برای معکوس کردن کامل تبدیل صفحه نمایش کمی متواضع‌تر باشیم. با ساده کردن مشکل، در عوض می توانیم هدف خود را ایجاد کنیم*تقریبی* معکوس 1 بعدی، تنظیم شده تا هم‌از نظر عملکرد رنگ و هم از نظر محدوده دینامیکی رفتار خوبی داشته باشد. البته، در نتیجه این ساده سازی، نقاشی بافت واقعاً WYSIWYG نیست. بنابراین، یک "تجسم تفاوت" 3D-LUT باقیمانده برای پیش نمایش دقیق رنگ در ابزار نقاشی بافت‌ایجاد می شود.

اغلب‌مفید است که نقاشی مات و نقاشی بافت را به عنوان دو تغییر رنگ متفاوت در نظر بگیرید. در نقاشی مات، بسیار متداول‌است که هنرمند بخواهد مقادیری را نقاشی کند که در نهایت از محدوده دینامیکی خطی کامل صحنه استفاده کند، حتی‌زمانی که در یک فضای نمایش داده شده کار می کند. بنابراین، وارونگی که اجازه ایجاد مقادیر مشخصی روشن را می دهد،ترجیح داده می شود. در چنین مواردی، ارائهٔ یک پیش نمایش بصری هم در نوردهی معمولی و هم در چند مرحله تاریک تر،اغلب راحت است تا هنرمند حس خوبی نسبت به محدوده دینامیکی در بشقاب خود داشته باشد.

درنقاشی بافت، هنرمند اغلب نقشه های رنگی را نقاشی می کند که وقتی خطی شوند، بازتاب رنگ مواد را کنترل می کنند، به‌عنوان ورودی برای سایه زنی مبتنی بر فیزیکی. در این شرایط، داده های خطی از [0،1]، که نشان دهنده albedos سطح قابل‌قبول فیزیکی است، مورد نیاز است و نیاز به تغییر رنگ دارد که به خوبی این محدودیت ها را کنترل کند. همچنین باید نقشه‌های رنگی رنگ شده را از نقشه های داده (نقشه های دست انداز، نقشه های معمولی، نقشه های ایزو، نقشه های کنترلی‌و غیره) تشخیص داد که نباید به صورت رنگ سنجی پردازش شوند.

نقاشان‌مات معمولاً برای راحتی کار ترجیح می دهند در فضای رنگی نمایش داده شده نقاشی کنند. اما از آنجایی که رندرها به صورت‌بومی صحنه-خطی هستند، از "تبدیل نمایش معکوس" برای ترکیب رنگ های خطی صحنه قابل قبول قبل از رندر استفاده‌می شود.

هنگامی‌که اکتساب بافت در یک محیط کنترل شده انجام می شود، می توان با استفاده از جریان های کاری خام دوربین، تبدیل های‌بافت خطی صحنه ایجاد کرد. ابزارهای خط فرمان مانند dcraw به خطوط لوله رنگی اجازه می دهند که یک نمایش‌خطی منطقی از رنگ سطح را به تصویر می کشند. استفاده از فیلترهای پلاریزه و نورپردازی سافت باکس در حین اکتساب‌باعث افزایش وفاداری بافت مرجع می شود.

یکی‌دیگر از محورهای تغییر در بافت، زمان انجام تبدیل به صحنه خطی است. رویکردی که ما از آن دفاع می کنیم خطی سازی است*قبل* برای تولید بافت mipmap. مزیت اصلی این رویکرد این است که انرژی خطی صحنه در تمام سطوح mipmap حفظ‌می شود، که امکان نمونه گیری با بالاترین دقت و کمترین مصنوعات مربوط به فضای رنگی را فراهم می کند. علاوه بر این،عدم اجازه تبدیل فضای رنگی در زمان سایه زنی، مانع از انجام ریاضیات رنگی بد (غیر خطی) سایه زن می شود. نقطه ضعف‌این است که الزامات ذخیره سازی برای داده های خطی شده به طور بالقوه افزایش می یابد. به عنوان مثال، حتی اگر یک‌بافت با دقت 8 بیت در یک فضای ارجاع شده توسط نمایشگر رنگ آمیزی شود، پس از خطی سازی به صحنه خطی، عمق‌بیت افزایش یافته است. هنگامی که با بافت های نقاشی شده 16 بیتی سروکار دارید، این موضوع کمتر نگران کننده است.

3.5.بازرسی انتقادی از تصاویر

یک‌واقعیت ناگوار در تولید فیلم این است که نمایش معمولی هنرمند به اندازه محیط تماشای تئاتر نهایی وفاداری ندارد. اغلب‌تماشاگران تئاتر جزئیات رنگ بیشتری را نسبت به هنرمند اصلی می بینند. علاوه بر این، در حالی که هنرمندان معمولاً تصاویر را با فرض یک نوردهی خاص می سازند، در طول DI ممکن است که تصاویر از نظر سبکی رنگ در جهت پیش بینی‌نشده تصحیح شوند.[21] بنابراین بسیار مهم است که تصاویر را تحت انواع تصحیحات رنگی "بدترین حالت" بررسی‌کنید تا مطمئن شوید که تصاویر تولید شده توسط کامپیوتر تا حد امکان قوی هستند.

حداقل،هنرمندانی که به صورت خطی صحنه کار می کنند (یعنی فندک و آهنگساز) باید آرزو داشته باشند که تصاویر خود را در طیف وسیعی از نوردهی به عنوان بخشی‌از جریان کار تولید منظم خود مشاهده کنند. این به هنرمندان این امکان را می دهد تا حس واقعی محدوده دینامیکی در تصاویر خود داشته باشند و عناصر تولیدشده توسط رایانه را با دقت مشابهی مطابقت دهند. در ترکیب، همچنین مصلحت است که تصاویر را به فضای رنگی، کوانتیزاسیون، و گیره ای که به DI تحویل‌داده می شود، تبدیل کنیم تا نحوه مقاومت تصاویر در درجه های رنگی شدید را آزمایش کنیم. توصیه می کنیم با جابه جایی های قابل توجه فضای ثبت، و همچنین‌افزایش کنتراست و اشباع، بازی کنید تا تمام بخش های تصویر به شیوه ای ثابت اعتبار داشته باشند. این امر مخصوصاً برای تطبیق بین نماها و سکانس هابسیار مهم است، زیرا ساختن عکس های منفرد و سازگار با خود بسیار آسان است. با این حال وقتی یک طرفه به آن نگاه کنید از هم می پاشید. مهم ترین‌بازرسی جزئیات سایه است. "توقف" کامپوزیت های نهایی، سایه ها باید رنگ و چگالی ثابتی داشته باشند، هم در بین عکس و هم در داخل عکس، از قسمت های‌مسطح و مشکی تصویر باید اجتناب شود - تا مبادا دوباره در DI ظاهر شوند - و دانه/ نویز باید بین تصویر مطابقت داشته باشد. اکشن زنده و تصاویر کامپیوتری.با بازرسی نقاط برجسته، باید تأیید کرد که شدت، رنگ، وضوح و ظاهر شعله ور شدن آنها به طور مشابهی سازگار است. قسمت های مسطح و سیاه تصویربراید اجتناب شود - مبادا دوباره در DI ظاهر شوند - و دانه/ نویز باید بین اکشن زنده و تصاویر تولید شده توسط رایانه مطابقت داشته باشد. با بازرسی نقاط برجسته،باید تأیید کرد که شدت، رنگ، وضوح و ظاهر شعله ور شدن آنها به طور مشابهی سازگار است. قسمت های مسطح و سیاه تصویر باید اجتناب شود - مبادا دوباره‌در DI ظاهر شوند - و دانه/ نویز باید بین اکشن زنده و تصاویر تولید شده توسط رایانه مطابقت داشته باشد. با بازرسی نقاط برجسته، باید تأیید کرد که شدت، رنگ،وضوح و ظاهر شعله ور شدن آنها به طور مشابهی سازگار است.

هیستوگرام‌ها ابزار مفیدی برای تجزیه و تحلیل صحت تصویر هستند و اغلب به ردیابی قانونی کمک می کنند که آیا پس پردازش‌روی یک تصویر اعمال شده است. به عنوان مثال، قاب های ثبت شده از دوربین های عکس متحرک خاص اغلب از فضای‌کدگذاری اعداد صحیح استفاده کامل نمی کنند. این را می توان در هیستوگرام تشخیص داد و برای ردیابی فضای رنگی تصویردر زمانی که اصل ناشناخته است مفید است. استفاده از فیلترهای تیز کننده (قابل تشخیص از زیرشاخه و بیش از حد باقیمانده‌آنها) نیز در هیستوگرام قابل مشاهده است. می توان تشخیص داد که آیا کوانتیزاسیون تصویر رخ داده است یا خیر،که به صورت قله ها و دره های "شانه مانند" در هیستوگرام ظاهر می شود. ما دریافته ایم که ابزار ارزشمندی برای استفاده‌از هیستوگرام های محاسبه شده بر روی تصاویر تبدیل شده با HSV به عنوان یک بررسی نهایی کیفیت است.

مصنوعات‌تصویر دیگری مانند aliasing وجود دارند که در تصاویر متحرک به بهترین وجه قابل بررسی هستند. به عنوان مثال،استفاده از فیلترهای درون یابی (مانند درون یابی نزدیکترین همسایه یا درون یابی دوخطی) اغلب در تصاویر ثابت غیرقابل‌اعتراض است، اما در تبدیل هایی که به آرامی متحرک می شوند (به ویژه در نزدیکی خطوط افقی) باعث ایجاد مصنوعات‌می شوند. همیشه مراقب الگوهای موير و سایر مصنوعات با فرکانس بالا باشید، به ویژه هنگامی که چنین فیلترهایی‌روی تصاویر با جزئیات فرکانس بالا اعمال شده است (مثلاً: الگوهای پارچه/موج). اگر تمام تصاویر دیجیتال به طورایده آل نمونه برداری می شدند، این مشکلی نبود. با این حال، سازندگان دوربین تمایل دارند که تصاویر بیش از حد واضح‌باشند[22] و دگرگونی های حرکتی چنین مصنوعاتی را برجسته می کند.

برای‌تحویل استریو، بررسی کیفیت هر دو چشم به صورت جداگانه و همچنین با هم در یک محیط تماشای استریو مناسب بسیار مهم‌است. مصنوعات استریو زیادی وجود دارند که فقط در نمایشگرهای سه بعدی واقعی قابل مشاهده هستند و گرفتن این مواردر مراحل اولیه مقرون به صرفه است.

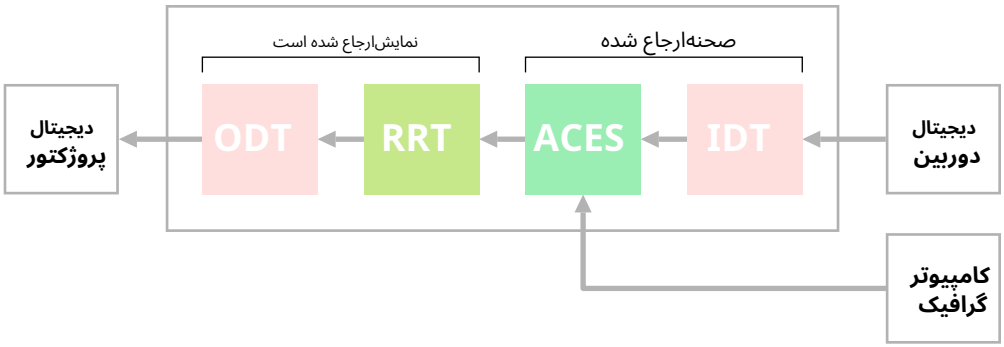
---

[21] قانون مورفی تقریب مرتبه اول خوبی برای تصحیح رنگ DI است.

[22] لعنت بر Nyquist، سازندگان دوربین های دیجیتال تصویر متحرک به شدت از بازسازی های "نرم" اجتناب می کنند. همیشه در مواردادعاهای وضوح دوربین بدون نمودارهای وضوح تصویر شک داشته باشید.

3.6. ACES

آکادمی‌علوم و هنرهای تصویر متحرک یکپارچه سازی جریان های کاری ممیز شناور خطی صحنه را پیشنهاد کرده است که به بسیاری‌از رویکردهای ذکر شده در این سند پایبند است. در صورت موفقیت، پروژه ACES امکان تبادل بدون ابهام تصاویر ممیزشناور را فراهم می کند. در هسته آن است**فضای رمزگذاری رنگ آکادمی**، تماس گرفت **ACES**به طور خلاصه این فضای‌رنگی یک محدوده دینامیک بالا، فضای صحنه-خطی، با خاکستری میانی به 0.18 و طیف رنگی بسیار گسترده است. وقتی‌روی دیسک ذخیره می شود، فایل های Aces در یک نسخه محدود از فرمت OpenEXR ذخیره می شوند.



گردش‌کار ACES در تلاشی برای استاندارد کردن تبادل خطی شناور در صنعت تصاویر متحرک، فضای کاری‌ارجاع شده به صحنه و تبدیل مشاهده مرجع را تعریف می کند.

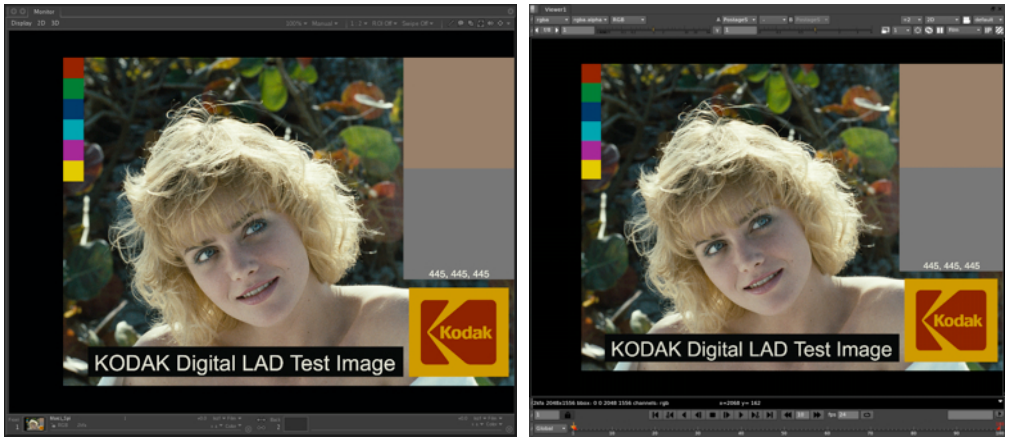
آکادمی‌همچنین تبدیل مشاهده لازم برای مشاهده فایل های ACES را تعریف می کند. نمای تبدیل از نظر مفهومی به دو بخش‌تقسیم می شود. اول،**تبدیل رندر مرجع (RRT)** تقویت کنتراست محلی را اعمال می کند و تصاویر خطی صحنه را برای‌نمایش خطی رندر می کند. سپس، بخش دوم تبدیل نمای به نام تبدیل دستگاه خروجی (ODT) برای ارائه نگاشت گستره‌و نگاشت تن بیشتر به دستگاه خروجی هدف استفاده می شود. بخش RRT در همه نمایشگرها ثابت است، اما ODT ازدستگاه نمایش خروجی به دستگاه نمایشگر خروجی متفاوت است. ODT ها برای مشخصات نمایشگر رایج مانند Rec ، sRGB ارائه می شوند. 709، X'Y'Z، DCI-P3، و غیره.

درسمت ورودی، یک سری تبدیل های دستگاه ورودی منتشر شده (IDT) برای دستگاه های خاص دریافت تصویر، رنگ سنجی‌ورودی را به صحنه خطی (ACES) تبدیل می کند. اسکن فیلم یک مورد خاص است، که در آن آکادمی یک استانداردرمزگذاری چگالی جدید، رمزگذاری تراکم آکادمی (ADX) را تعریف کرده است، که معمولاً در یک فایل DPX ذخیره می‌شود. هر دو طعم 10 و 16 بیتی ADX ارائه شده است که برای محدوده های مختلف چگالی منفی کدگذاری می کند. تبدیل‌ورودی آکادمی برای نگاتیوهای فیلم مختص سهام نیست، بلکه بر یک خطی سازی ورودی کلی فیلم متکی است.

درگردش کار ACES، هدف این است که تغییرات هنری با دستکاری داده های ace، همانطور که از طریق RRT + ODT مشاهده‌می شود، ایجاد شود. همه تبدیل ها (اعم از ورودی و خروجی) برای ACES دارای یک پیاده سازی مرجع هستند که با استفاده‌از زبان تبدیل رنگ (CTL) تعریف شده است. ارائه شده توسط Industrial Light & Magic. CTL یک زبان تفسیر شده‌از نظر روحی شبیه به زبان های سایه زن است که معمولاً در رندرها استفاده می شود، اما با تمرکز بر تبدیل رنگ ها. CTL یکAPI تصحیح رنگ غنی از جمله درون یابی داده های پراکنده ارائه می دهد. CTL به طور مستقل در هر پیکسل اجرا می شود،و بنابراین برای پخت در LUT های 1D/3D مناسب است - اجازه می دهد تا عملکرد "پخت" را در زمان واقعی انجام دهید.با این حال، متأسفانه، تبدیل های CTL در حال حاضر به صورت بومی در اکثر پلتفرم ها پشتیبانی نمی شوند، بنابراین روش‌فعلی این است که منطق آنها را در عملیات های خاص پلتفرم و/یا 3D-LUT ها آماده کنیم.

3.7. OpenColorIO

:دوهدف عمده دارد OpenColorIO .حمایت می شود Sony Picture Imageworks یک خط لوله رنگ منبع باز است‌که توسط نویسنده ایجاد شده و توسط)OCIO(OpenColorIO**تغییر رنگ ثابت**، و **نمایش تصویر ثابت**، در خطوط‌لوله رنگ سینمایی چندکاربردی.



درسمت چپ یک تصویر log" DPX" وجود دارد که در یک برنامه ترکیبی بارگذاری شده است. در سمت راست،یک نمایش OpenEXR خطی صحنه از همان تصویر در یک برنامه دیگر بارگذاری شده است. هر دو برنامه‌از OpenColorIO برای ارائه‌ نمایش تصویر منطبق و تبدیل فضای رنگی، ارجاع به یک پیکربندی رنگ تعریف‌شده خارجی استفاده می کنند.

هدف‌طراحی پشت OCIO جدا کردن API خط لوله رنگ از تبدیل های رنگی خاص انتخاب شده است و به سرپرستان اجازه می دهدتا خطوط لوله رنگ را از یک مکان به طور دقیق مدیریت (و آزمایش) کنند. بر خلاف سایر راه حل های مدیریت رنگ مانندOpenColorIO، ICC به طور بومی برای مدیریت تصاویر ارجاع شده به صحنه و نمایش ارجاع شده طراحی شده است. همه‌تبدیل های رنگ در زمان اجرا بارگذاری می شوند، از یک پیکربندی رنگ خارجی به هر برنامه فردی. OCIO نمی سازدهر فرضیات‌در مورد تصویرسازی؛ همه تغییر رنگ ها «انتخاب» هستند. این متفاوت از مدیریت رنگ است که اغلب در برنامه هاتعبیه شده است، جایی که ردیابی تبدیل های LUT/گاما خاص که به طور خودکار بدون آگاهی کاربر اعمال می شوند، اغلب‌دشوار است.

فایل های‌پیکربندی رنگ OCIO همه تبدیل هایی را که ممکن است استفاده شود، تعریف می کنند. برای مثال، اگر از فضای رنگی‌دوربین خاصی استفاده می کنید، می توان تبدیل از کدگذاری رنگ دوربین به صحنه-خطی را تعریف کرد. همچنین می توانیدتبدیل های نمایشگر (برای نمایشگرهای متعدد) را به روشی مشابه مشخص کنید. تبدیل های OCIO می توانند بر انواع‌بلوک های ساختمان داخلی، از جمله تمام عملیات های ریاضی رایج و اکثر قالب های جدول جستجوی رایج، تکیه کنند. OCIO همچنین از هر دو مسیر CPU و GPU پشتیبانی کامل دارد، علاوه بر آن از CDL ها و ظاهر هر شات پشتیبانی می کند.

پروژهOCIO همچنین شامل برخی از تنظیمات رنگ واقعی برای تولیدات فیلم است، مانند مواردی که در آن استفاده می شود*ابری با احتمال کوفته قلقلی* و *مرد عنکبوتی*، کاربران را قادر می سازد تا با خطوط لوله رنگ معتبر آزمایش کنند. OCIO همچنین‌با پیکربندی سازگار با تلاش ACES آکادمی عرضه می شود که امکان آزمایش با این خط لوله رنگ نسل بعدی را در برنامه‌های موجود فراهم می کند.

دربسیاری از استودیوهای اصلی جلوه های بصری و انیمیشن استفاده می شود، و همچنین در انواع نرم افزارهای تجاری پشتیبانی‌می شود. دیدن OpenColorIO[opencolorio.org](opencolorio.org) برای اطلاعات به روز در مورد نرم افزارهای پشتیبانی شده و دانلودکد منبع برای استفاده در خانه.

4.ضمیمه

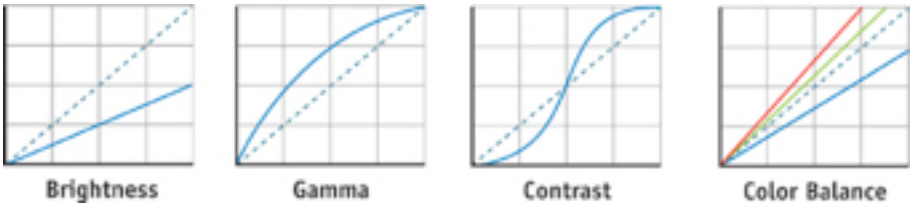
این‌صفحه عمداً خالی مانده است.

4.1.جداول جستجو

جداول‌جستجو (LUTs) تکنیکی برای بهینه سازی ارزیابی توابعی هستند که محاسبه آن ها پرهزینه و در حافظه پنهان ارزان است.با پیش محاسبه ارزیابی یک تابع بر روی دامنه ای از ورودی های رایج، عملیات گران زمان اجرا را می توان با جستجوی جدول‌ارزان قیمت جایگزین کرد. اگر جستجوهای جدول را بتوان سریعتر از محاسبه نتایج از ابتدا انجام داد، استفاده از جدول جستجوعملکرد قابل توجهی را به همراه خواهد داشت. برای درخواست های داده ای که بین نمونه های جدول قرار می گیرند، یک‌الگوریتم درون یابی می تواند تقریب های معقولی را با میانگین گیری نمونه های نزدیک ایجاد کند. LUT ها همچنین زمانی مفیدهستند که بخواهیم محاسبه یک تبدیل را از کاربرد آن جدا کنیم. به عنوان مثال، در خطوط لوله رنگ اغلب مفید است که یک‌سری رنگ تبدیل به یک جدول جستجوی واحد شود.

1-D LUTs

یک‌جدول جستجو با ابعاد آن مشخص می شود، یعنی تعداد شاخص های لازم برای نمایه سازی یک مقدار خروجی. ساده ترین‌LUT ها توسط یک متغیر نمایه می شوند و بنابراین به عنوان LUT های یک بعدی (یا 1-D) شناخته می شوند.



این‌نمودارها اپراتورهای ساده تصحیح رنگ را نشان می دهند که می توانند در قالب نمایش های LUT یک بعدی آماده شوند. توجه‌داشته باشید که تبدیل های خاص نشان داده شده در بالا فقط برای استفاده در تصاویر ارجاع داده شده به نمایش مناسب هستند.هنگام کار با تصاویر ارجاع شده به صحنه یا تصاویر «log»، شکل های جایگزین مورد نیاز است. برای مثال، ضرب اسکالر نشان داده شده‌در گرافیک های روشنایی/توازن رنگ به بهترین وجه در فضای گزارش به عنوان افست های افزایشی (نشان داده نشده) استفاده می شود.

یک‌عملگر رنگی تحلیلی،)x(f را در نظر بگیرید که روی یک تصویر 8 بیتی در مقیاس خاکستری اعمال می شود. پیاده سازی ساده‌لوحانه این خواهد بود که در تصویر قدم برداریم و هر پیکسل عملکرد را ارزیابی کند. با این حال، ممکن است مشاهده شودکه مهم نیست تابع چقدر پیچیده است، می تواند تنها به یکی از 255 مقدار خروجی (مرتبط با هر ورودی منحصر به فرد) ارزیابی‌شود. بنابراین، یک پیاده سازی جایگزین، جدول بندی نتیجه تابع برای هر مقدار ورودی ممکن، سپس تبدیل هر پیکسل درزمان اجرا با جستجوی راه حل ذخیره شده است. با فرض اینکه جستجوهای جدول اعداد صحیح کارآمد هستند (آنها هستند) ،و تصویر شطرنجی شده بیش از 255 پیکسل کل دارد (احتمالاً اینطور است)، استفاده از LUT منجر به افزایش سرعت قابل توجهی‌خواهد شد.

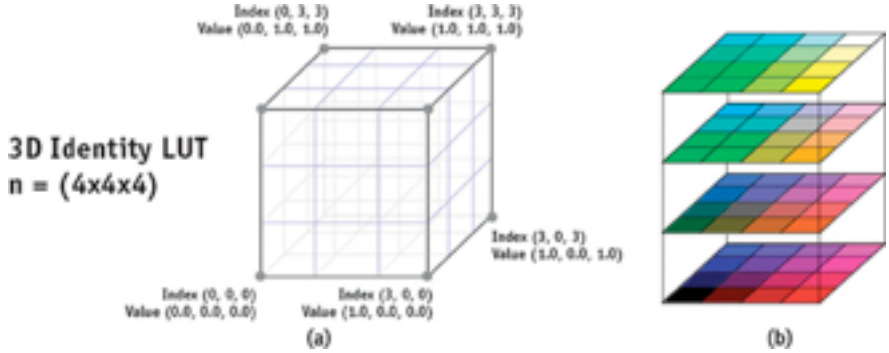
همه‌عملگرهای رنگی که می توانند روی یک متغیر ورودی واحد پارامتری شوند، می توانند با استفاده از LUT های 1 بعدی، از جمله‌عملگرهای روشنایی، گاما و کنتراست، شتاب بگیرند. با اختصاص یک 1-D LUT به هر کانال رنگی به صورت جداگانه، می‌توانیم عملیات پیچیده تری مانند تعادل رنگ را اجرا کنیم. برای کسانی که با نرم افزار پردازش تصویر فتوشاپ آشنا هستند،تمام عملیات "Curves" و "Levels" را می توان با LUT های 1-D تسریع کرد.

متأسفانه،بسیاری از اپراتورهای رنگ مفید را نمی توان روی یک متغیر واحد پارامتر کرد و بنابراین پیاده سازی با استفاده از یکLUT تک بعدی غیرممکن است. به عنوان مثال، "اپراتور روشنایی" را در نظر بگیرید که پیکسل های رنگی را به معادل خاکستری‌آنها تبدیل می کند. از آنجایی که هر مقدار خروجی به عنوان میانگین وزنی سه کانال ورودی به دست می آید، یکی‌از آنها برای بیان چنین عملگر با استفاده از یک LUT 1-D به سختی فشار می آورد. تمام اپراتورهای دیگری که به چنین کانالی"مطالعه متقابل" متکی هستند به همان اندازه غیرقابل بیان هستند.

های‌سه بعدی LUT

جداول‌جستجوی سه بعدی راه حل واضحی را برای محدودیت ذاتی LUTهای تک بعدی ارائه می دهند و به داده های‌جدولی اجازه می دهند بر روی سه پارامتر مستقل نمایه شوند.

درحالی که یک LUT 1-D فقط به 4 عنصر برای نمونه برداری از 4 مکان در هر محور نیاز دارد، LUT 3-D مربوطه به 43 = 64 عنصرنیاز دارد. مراقب این ابعاد اضافه باشید. LUTهای سه بعدی بسیار سریع به عنوان تابعی از نرخ نمونه برداری خطی آنها رشدمی کنند. به عنوان یک مفهوم مستقیم از اندازه های کوچکتر LUT، درون یابی با کیفیت بالا برای LUT های سه بعدی اهمیت‌بیشتری پیدا می کند.



عملگرهای‌رنگی پیچیده را می توان با استفاده از LUT های سه بعدی بیان کرد، زیرا نگاشت ورودی-خروجی کاملاً دلخواه مجازاست. به همین دلیل، LUT های سه بعدی مدت هاست که توسط جامعه رنگ سنجی مورد استقبال قرار گرفته اند و یکی‌از ابزارهای ارجح در نگاشت گاموت هستند (Kang 1997). در واقع، LUT های سه بعدی در پروفایل های ICC برای مدل‌سازی رفتارهای پیچیده دستگاه لازم برای بازتولید تصویر رنگی دقیق استفاده می شوند (ICC 2004).

اکثرعملگرهای رنگی با استفاده از LUTهای سه بعدی قابل بیان هستند. عملگرهای ساده (مانند گاما، روشنایی و کنتراست) برای‌رمزگذاری بی اهمیت هستند. تبدیل های پیچیده تر، مانند تغییرات رنگ و اشباع نیز امکان پذیر است. مهمتر از همه، عملیات‌رنگی معمولی سیستم های درجه بندی رنگ حرفه ای قابل بیان است (مانند تاب برداشتن مستقل بخش های مشخص‌شده توسط کاربر از طیف رنگ).

متأسفانه،در سناریوهای دنیای واقعی، همه تبدیل های رنگی به عنوان نگاشت مستقیم ورودی-خروجی قابل تعریف نیستند.در حالت کلی، LUT های سه بعدی فقط می توانند تبدیل هایی را بیان کنند که از ویژگی های زیر پیروی می کنند:

محاسبات‌یک پیکسل باید مستقل از موقعیت تصویر فضایی باشد. عملگرهای رنگی که تحت تأثیر مقادیر همسایه قرارمی گیرند، مانند بیزی ماتینگ (چوانگ و همکاران 2001) یا ماسک های زباله (Brinkman 1999)، در قالب جدول‌جستجو قابل بیان نیستند.

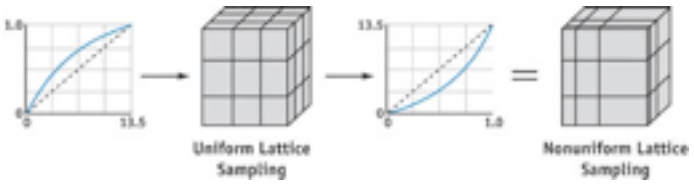
تبدیل‌رنگ باید به طور منطقی پیوسته باشد، زیرا مجموعه داده های نمونه گیری پراکنده برای نمایش تبدیل های ناپیوسته‌مناسب نیستند. اگر درونیابی هموار بر روی شبکه تبدیل نمونه برداری شده نتایج غیرقابل قبولی به همراه داشته‌باشد، جداول جستجو تکنیک شتاب مناسب نیستند.

به‌دلیل درجات آزادی زیاد ارائه شده، هنگام ساخت 3D-LUT باید توجه دقیقی داشت. ایجاد تبدیلی که نتایج دلپذیری را دربرخی از زیرمجموعه های تصویر منبع به همراه داشته باشد، بسیار آسان است، اما پس از اعمال ناپیوستگی در تصاویر جایگزین،ناپیوستگی ها را آشکار می کند. هم تجسم مستقیم شبکه سه بعدی و هم شیب های تصویر در حال اجرا از طریق پردازش‌رنگ باعث می شود چنین ناپیوستگی هایی زودتر کشف شوند.

فضای‌رنگ ورودی باید در یک دامنه کاملاً تعریف شده قرار گیرد. یک عملگر روشنایی تعریف شده "تحلیلی" می تواند نتایج معتبری‌را در کل دامنه اعداد واقعی ایجاد کند. با این حال، همان عملگر موجود در یک جدول جستجو، تنها در یک دامنه محدودمعتبر خواهد بود (به عنوان مثال، شاید فقط در محدوده [0،1]).

استفاده‌از Shaper LUTs

.اصلی‌نگاشت می شود و داده های پیکسل را به محدوده دینامیکی اصلی خود باز می گرداند LUT 1-D در نهایت، تصویر از طریق‌معکوس .)باید در نظر گرفته شود D-اگرچه در طول محاسبه آن، این تبدیل 1(به طور معمول اعمال می شود LUT 3-D رابه یک فضای رنگی عادی و از نظر ادراکی یکنواخت نگاشت می کند. سپس HDR فضای رنگ ورودی LUT های شکل دهنده1 بعدی به دست می آوریم. شکل دهنده ایده آل LUT اندازه سلولی در حدود 3 به دست می آید. با فرض تبدیل نوردهی‌معقول، تقریباً همه نتایج از نظر ادراکی قابل توجه در کمترین سلول ها فشرده می شوند و اکثر مجموعه داده های ما راهدر می دهند. بنابراین ما می خواهیم نمونه های خود را در مکان های مهم بصری قرار دهیم، که معمولاً به انتهای تاریک وسعت‌نزدیک تر هستند. ما این اثر را با پیچاندن تبدیل جدول جستجوی سه بعدی خود با یک جفت ،LUT 32x32x32 های "شکل دهنده" 1 بعدی گسترش داد. فرض کنید سقف خود را روی مقدار پیکسل 100.0 تنظیم کرده ایم. با تقسیم این قسمت‌به مناطق نمونه برداری شده به همان اندازه برای LUT سه بعدی در مجموعه ای منطبق از LUT با قرار دادن جستجویHDR های سه بعدی را می توان برای استفاده در فضاهای رنگی LUT



4.2. ASC-CDL

دنیای‌تصحیح رنگ، به ویژه از آنجایی که شروع به کار می کند، تنوع زیادی دارد. حتی با وجود اینکه استفاده از یک "درجه اولیه " (شامل یک عملیات مقیاس، برخی از انحرافات، و شاید یک تنظیم گاما و اشباع) معمول است)، هر سازنده از نظر تاریخی این‌اصلاحات را به ترتیب متفاوتی اعمال کرده است، که متأسفانه قابلیت حمل درجه بندی را حذف می کند. اطلاعات بنابراین‌انجمن سینماگران آمریکا (ASC) مشخصات تصحیح رنگ را برای ایجاد کمی نظم ایجاد کرده است. مشابه EDL (ویرایش‌لیست تصمیمات) که توسط سیستم های تحریریه استفاده می شود، ASC با فرمت CDL (فهرست تصمیم گیری رنگی) ارائه شد. این مشخصات محاسباتی را برای آنچه در یک تصحیح "اصلی" انتظار می رود، تعریف می کند.

CDL یک‌تصحیح رنگ را با یک سری مراحل / ترتیب ثابت تعریف می کند:

1. مقیاس بندی (3 کانال)
2. افست (3 کانال)
3. توان (نمایش) (3 کانال)
4. اشباع (اسکالر، با هدف روشنایی Rec. 709 ثابت)

داشتن‌یک سفارش ثابت همیشه ایده آل نیست. به عنوان مثال، با توجه به یک CDL، نمی توانید تصویر را تا حد خاکستری غیراشباع‌کنید، و*سپس* تصویر را با استفاده از مقیاس ها و افست ها رنگ کنید. (البته برعکس آن هم ممکن است). اما داشتن‌یک روش بدون ابهام برای مبادله داده های درجه ساده یک پیشرفت بزرگ در قابلیت همکاری است. ASC همچنین یک‌قالب XML برای داده های درجه تعریف کرده است. مقیاس بندی، افست و توان به عنوان 9 عدد (SOP) و اشباع به صورت‌یک عدد (SAT) ارسال می شود.

```
>ColorCorrectionCollection<
>ColorCorrection id="example_correction_01"<
>SOPNode<
>Power< 1.0 1.0 1.0 >/Power< >/SOPNode<
1.1 >/Slope< >Offset< -0.05 -0.01 0.05 >/Offset<
>Slope< 1.11.1

>SatNode<
<Saturation< >/SatNode/> 1.1 <اشباع>

>/ColorCorrection<
>/ColorCorrectionCollection<
```

نمونه‌فایل)Color Correction Collection(.xml ccc که عناصر SOP و Sat را نشان می دهد.

بنابراین‌ASC CDL چیست *نه* تعریف کردن؟ فضای رنگی. همانطور که قبلا ذکر شد، اگر یک افست افزایشی برای داده های لگاریتمی‌رمزگذاری شده اعمال شود، نتیجه بسیار متفاوت از زمانی است که همان افست برای تصاویر صحنه خطی اعمال شود. CDL همچنین نیازی به تعیین اینکه آیا از LUTهای مشاهده ای استفاده شده است یا خیر، نیازی ندارد. این ابهام هم بزرگترین نقطه‌قوت CDL و هم بزرگترین ضعف آن است. این یک ضعف است، زیرا اگر فردی یک فایل CDL را به صورت مجزا دریافت کند،تصحیح رنگ هنوز به خوبی تعریف نشده است. با این حال، این همچنین بزرگترین نقطه قوت CDL است، زیرا CDL ها را قادرمی سازد تا بسیار متنوع باشند - به عنوان بلوک های سازنده در بسیاری از خطوط لوله رنگی عمل می کنند. به عنوان مثال، نویسنده‌با CDLهایی که برای ارسال خنثی سازی صفحه (تغییر ورود به سیستم) بین امکانات استفاده می شوند، و همچنین برای ذخیره سازی‌تصحیحات رنگی ارجاع شده به صفحه نمایش استفاده می شوند، آشنایی دارد.

4.3.فرمت های فایل

OpenEXR

نبود،اما به دلیل کدک های فشرده سازی بدون تلفات کارآمد، پشتیبانی از نوع پیکسل شناور 16 بیتی (نیم) و سایر ویژگی های‌سینمایی، محبوب ترین فرمت در تولید فیلم است. به عنوان ردیابی پنجره داده/پنجره نمایش، چندین لایه، رمزگذاری‌فراداده غنی، و فقدان بار قالب قدیمی HDR اولین فرمت تصویر مناسب برای ذخیره داده های شناور EXR اساساً برای ذخیره تصاویر ممیز شناور و ارجاع به صحنه در نظر گرفته شده است. اگرچه EXR .و انیمیشن مورد استفاده جهانی‌قرار گرفت VFX در سال 1999 ایجاد شد و تقریباً در صنایع ILM یک فرمت تصویر منبع باز است که توسط OpenEXR[23].

درتجربه ما، فرمت نیمه داده برای تصاویر رنگی کافی است (کانال های رنگی آنهایی هستند که با استفاده از رندر رنگی مشاهده‌می شوند، نمونه هایی از آن ها شامل رندرهای زیبایی، رنگ های خاص، رنگ پراکنده، AOV های رنگی در هر نور و غیره‌است. برای کانال های داده ای که به دقت بالایی نیاز دارند. نمایش ویژگی های فیزیکی - مانند عمق، نرمال، نقشه های کنترلی،و غیره - شناور کامل 32 بیتی نیز موجود است.

حداکثرمقدار برای float-16 65504.0f است. حداقل مقداری که می توان بدون کاهش دقت عددی نشان داد، e-05f 6.1035است. هنگام برخورد با داده های float-16، یادآوری این نکته مهم است که بیت ها بسیار متفاوت از رمزگذاری های‌عدد صحیح تخصیص داده می شوند. در حالی که رمزگذاری های اعداد صحیح دارای تخصیص یکنواخت بیت ها در کل فضای‌کدگذاری هستند، رمزگذاری های ممیز شناور دقت را در انتهای پایین افزایش می دهند و دقت را در انتهای بالا کاهش‌می دهند. در نتیجه، اگر یک تصویر uint-16 داشته باشد، به یک نمایش float-16 تبدیل شود، و سپس دوباره تبدیل شود،دقت کمتر از 16 بیت حفظ می شود.

.پشتیبانی‌بافر عمیق (تعداد دلخواه نمونه عمق در هر پیکسل) را به قیمت افزایش نیازهای ذخیره سازی اضافه می کند OpenEXR2.0 .را ذخیره کند و بنابراین برای استفاده به عنوان یک قالب بافت رندر مناسب است mipmapped همچنین‌می تواند یک نمایش OpenEXR .از دست رفته است. برای پخش بلادرنگ در نظر گرفته شده است b44 نسبت فشرده‌سازی معقولی را روی عناصر تولید شده توسط کامپیوتر ارائه می دهند و از نظر محاسباتی شدت کمتری دارند. کدکzip از انواع گزینه های فشرده سازی پشتیبانی می کند. در تجربه ما، پیز (موجک) بالاترین نسبت تراکم بدون تلفات را درمواد دانه دار ارائه می دهد، اما از نظر محاسباتی نسبتاً گران است. گزینه های OpenEXR

DPX

،پشتیبانی‌فراداده محدودی دارد، از جمله چند تنظیمات مربوط به رنگ سنجی. اما مراقب این پرچم ها باشید DPX .دارید، تنهاراه برای اطلاع از آنچه دارید، ارتباط با شخصی است که آن را ایجاد کرده است (یا تجزیه و تحلیل دقیق پزشکی قانونی) DPX معمول است که هر تعداد رمزگذاری گزارش دوربین اعداد صحیح را علاوه بر ضبط آماده پخش، ذخیره کند. 709. به طورکلی، اگر شما یک فایل DPX فضای رنگی متعارف ندارد. برای DPX - که مترادف با رنگ سنجی خطی صحنه است - EXR برخلاف .)بیتی محبوبیت خود را افزایش می دهد DPX 16 اگرچه(بدون علامت صحیح 10 بیتی فشرده نشده مرتبط می شودRGB را پشتیبانی می کند، معمولاً با تصاویر float32 انواع پیکسل ها از جمله DPX است که معمولاً در صنعت تصاویرمتحرک استفاده می شود. در حالی که فرمت SMPTE یک فرمت تصویر استاندارد شده DPX

[23]اینجا به شما نگاه می کند، TIFF.

4.4. DCI P3 و X'Y'Z

مشخصات‌ابتکار سینمای دیجیتال (DCI) استانداردی را برای مسترینگ سینمای دیجیتال و نمایشگاه تئاتر، از جمله رنگ سنجی‌تعریف می کند.

یک‌کدگذاری رنگی جدید، X'Y'Z (به نام x-prime، y-prime، z-prime) برای رمزگذاری تصویر مشخص شده است. X'Y'Z یک‌کدگذاری گاما 2.6 با خروجی مرجع CIE-XYZ با نقطه سفید مرجع 48cd/m است.2. از آنجایی که فضای کدگذاری X'Y'Z یک‌منطقه بزرگتر از وسعت بصری را در بر می گیرد، حداقل وسعت نمایش، P3، تعریف می شود. محصولات اولیه P3 نسبت‌به استانداردهای دسکتاپ دارای گستره وسیعی هستند. قرمز خالص sRGB با رنگ نارنجی مایل به قرمز مشخص نسبتاً غیراشباع است، در حالی که قرمز خالص P3 تقریباً در مکان طیفی قرمز "خون" است. نقطه سفید DCI لزوماً نقطه سفیدخلاقانه مورد استفاده در مسترینگ نیست. تولیدات برای تسلط بر هر نقطه سفیدی که ترجیح می دهند آزادند، مشروط براینکه همه رنگ های تسلط یافته در محدوده مجاز DCI قرار گیرند. در واقع، برای ملاحظات هنری، از نقطه سفید (0.314، 0.351) به دلیل رنگ آمیزی مایل به سبز نسبت به منحنی نور روز اجتناب می شود.

هدف‌فضای کدگذاری X'Y'Z به نمایش ارجاع داده می شود، به طوری که ظاهر تمام رنگی تصاویر تئاتر (مانند هر فیلم شبیه سازی3D-LUT) به طور کامل در تصویر X'Y'Z نشان داده می شود. بنابراین، یک تصویر در X'Y'Z کاملاً بدون ابهام است. اساساً نباید هیچ گونه تنوع رنگی بین پروژکتورهای دیجیتال تئاتری که به درستی کالیبره شده اند وجود داشته باشد.

مشخصاتDCI یک رمزگذاری گاما 2.6 را پس از یک سری آزمایش های ادراکی با استفاده از "ناظرهای چشم طلایی" انتخاب کردتا وفاداری عمق بیت را در شرایط تماشای تئاتر به حداکثر برساند. 12 DCI بیت در هر کانال را مشخص می کند، که برای‌جلوگیری از ایجاد باند در حتی سخت ترین شرایط در نظر گرفته شده است. DCI همچنین مجموعه ای از وصله های رنگی‌را مشخص می کند که در کالیبراسیون مفید هستند. (لطفاً برای جزئیات بیشتر به مشخصات DCI مراجعه کنید.) فایل هایX'Y'Z با استفاده از فشرده سازی JPEG-2000، که یک کدک فشرده سازی موجک با تلفات است، کدگذاری می شوند.از فشرده سازی بین قاب استفاده نمی شود، که امکان تمیز کردن رو به جلو و عقب را فراهم می کند. مشخصات DCI همچنین دو رزولوشن به نام های «2K» و «4K» را تعریف می کند. شطرنجی 2K 2048x1080 و شطرنجی x2160 4K4096 است. فیلم های مطابق با DCI باید حداقل یکی از این محورها را پر کنند. مواد با نسبت تصویر 1.85:1 - "مسطح" -معمولاً برای انتشار 2K در 1998x1080 و 2.39:1 - "scope" - برای نسخه 2K در 2048x858 تحویل داده می شود. برای انتشار4K، این اندازه ها را دو برابر کنید. اکثر رمزگذارهای X'Y'Z تیف های 16 بیتی را می پذیرند، بنابراین قرارداد استفاده از محدوده‌کدگذاری 16 بیتی کامل 0-65535 است، و سپس به کمپرسور اجازه می دهیم فقط از 12 بیت مرتبه بالا استفاده کند.

برای‌جزئیات بیشتر در مورد تسلط برای سینمای دیجیتال به [Kennel 07] مراجعه کنید. کاملمشخصات DCI آنلاین‌در دسترس است؛ خواندن برای کسانی که در تئاتر مسترینگ هستند بسیار توصیه می شود.

نام‌رنگ	رنگی(x، y)	مقدارکد X'Y'Z (12 بیت)
قرمز-1	0.320،0.680	100 ،2171،2901
سبز-1	0.690،0.265	1222 ،3493،2417
آبی-1	0.060،0.150	3816 ،1416،2014
کالیبراسیون‌سفید	0.351،0.314	3890 ،3960،3794

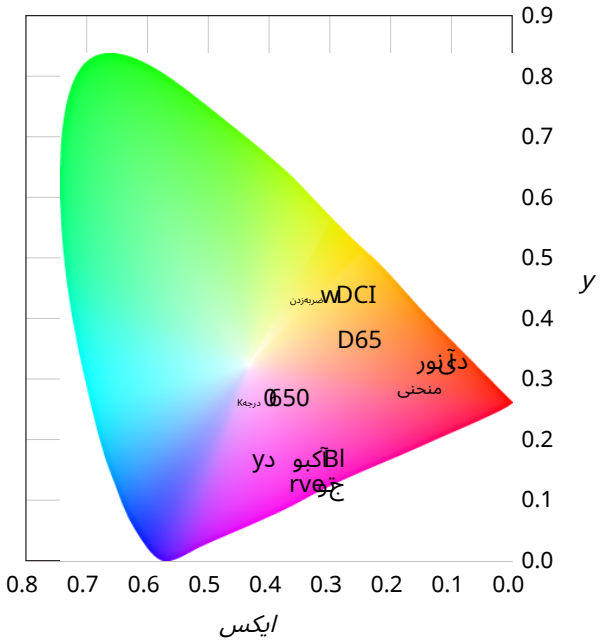
4.5.منحنی های نور روز و بدن سیاه

رنگ های‌نزدیک به سفید اغلب با توجه به آنها ارجاع داده می شوند **دمای رنگ همبسته (CCT)**. این عدد منفرد نشان دهنده‌نسبی قرمز در مقابل آبی بودن رنگ است، همانطور که بر روی منحنی جسم سیاه نمایش داده می شود. دمای پایین رنگ‌قرمزتر (گرمتر) و دمای بالا آبی تر (سردتر) به نظر می رسد. از آنجایی که CCT تنها یک مقیاس مقیاسی از رنگ است، بسیاری‌از رنگ ها با ظاهر متفاوت دارای CCT های مشابه هستند. به طور کلی، رنگ هایی با CCTهای یکسان از نظر میزان سبزی‌که دارند متفاوت هستند.

در**منحنی بدن سیاه** مبتنی بر فیزیک مواد است. همه مواد نور - که به آن "تابش جسم سیاه" گفته می شود - به عنوان تابعی‌از دما ساطع می کنند. اجسام داغتر نور بیشتری ساطع می کنند و با افزایش دما فرکانس نیز افزایش می یابد. نزدیک به‌دمای اتاق، اجسام عمدتاً نور مادون قرمز را ساطع می کنند که ما آن را به عنوان گرما احساس می کنیم. هنگامی که یک جسم‌تا دمای کافی بالا گرم می شود، تابش ساطع شده به اندازه کافی فرکانس افزایش می یابد تا به طیف مرئی که از طول موج‌های قرمز شروع می شود، سرایت کند. به نظر می رسد که جسم "قرمز داغ" می درخشد. از آنجایی که یک جسم حتی بیشتراز این گرم می شود، فرکانس جسم ساطع شده تا زمانی که رنگ های قرمز و آبی در تعادل باشند افزایش می یابد (معروف‌به "سفید داغ")، و سپس افزایش های بیشتر در گرم ترین حالت آبی به نظر می رسد. ترسیم این رنگ ها منحنی جسم‌سیاه را تشکیل می دهد. توجه داشته باشید که در زمینه رندر گرافیک کامپیوتری،

در**منحنی نور روز** مجموعه ای از روشن کننده های استاندارد CIE است که قصد شبیه سازی "رنگ متوسط" نور روز را با CCT های مختلف دارند. رنگ های روی منحنی نور روز اغلب در کالیبراسیون نمایشگر به دلیل ظاهر «سفید خنثی»شان ترجیح‌داده می شوند. به عنوان مثال، Rec. 709 استفاده از روشن کننده D65 را مشخص می کند. سایر روشن کننده های تعریف‌شده در نور روز شامل D55، D50 و D60 هستند.

درحالی که روشنگرهای نور روز تقریباً دارای یک CCT هستند که با نام آنها مطابقت دارد، مهم است که توجه داشته باشید که منحنی‌نور روز موازی، اما متمایز از منحنی جسم سیاه است. بنابراین همیشه باید به یاد داشته باشید که بین 6500K CCT و D65 تمایز قائل شوید.



منحنی‌نور روز و منحنی انتشار جسم سیاه، در حالی که تقریباً موازی هستند، متمایز هستند.

5.قدردانی

تصاویرتوسط **کازونوری تاناکا**.

تشکرویژه از:

• Sony Pictures Imageworks
• راب بروو، برای این فرصت برای مشارکت در یک انجمن عمومی.
• اریک اشتراوس، باب پیتزمن، تیم Katana، و هنرمندان Imageworks.
• همه مشارکت کنندگان در OpenColorIO، از جمله مالکوم هامفریس، بن دیکسون، مارک فیکت، برایان هال، و شان لوپر.
• ریخته گری
• شورای علمی و فنی آکادمی، از جمله ری فینی، الکس فورسایت، و اندی مالتز.
• جاش پاینز، استفان لوکا، الکس و جوزف اسلومکا
• انجمن جلوه های بصری

درباره‌نویسنده

جرمی‌سلان یک ناظر تصویربرداری در Sony Pictures Imageworks است که در زمینه رنگ، نورپردازی و ترکیب بندی تخصص‌دارد. آثار او در ده ها فیلم سینمایی از جمله استفاده شده است*مرد عنکبوتی شگفت انگیز*، *آلیس در سرزمین عجایب*، و *اسمورفها*. جرمی یکی از بنیانگذاران Katana و همچنین بنیانگذار OpenColorIO است. کارهای او در زمینه پردازش‌رنگ قبلاً در Siggraph 2005 Electronic Theater، GPU Gems 2 و دوره Siggraph در سال 2012 نمایش داده شده‌است.*رنگ سینمایی*.

6.مراجع و مطالعه بیشتر

کتاب‌ها

انسل‌آدامز – دوربین، کتاب 1. کوچک، قهوه ای، و شرکت. انسل آدامز –
The Negative, Book 2. Little, Brown, and Company. انسل آدامز –
چاپ،کتاب 3. کوچک، قهوه ای، و شرکت. جیم بلین - گوشه جیم بلین: پیکسل
های‌کثیف. مورگان کافمن. مارک فرچایلد - مدل های ظاهری رنگ ادیسون-
وسلی.
ادجورجانیانی – مدیریت رنگ دیجیتال: راه حل های رمزگذاری سالن پرنتیس گلن کنل – رنگ و
مسترینگ‌برای سینمای دیجیتال. مطبوعات کانونی.
– RWG Huntاندازه گیری رنگ پرس فواره.
چارلزپوینتون – مقدمه ای فنی بر ویدئوی دیجیتال. وایلی.
اریک‌راینهارد و همکاران –تصویربرداری رنگی، اصول و کاربردها. AK Peters, Ltd. گونتر ویسسکی و دبلیو
اس‌استایلز – علم رنگ: مفاهیم و روش ها. وایلی و پسران، شرکت

اوراق

پورترو داف، ترکیب تصاویر دیجیتال. گرافیک کامپیوتری جلد 18. صص 253-259. 1984.

جورجانیانی،اد. مدیریت رنگ برای سینمای دیجیتال: معماری و روش پیشنهادی برای ایجاد، رمزگذاری، ذخیره و نمایش تصاویررنگی در سیستم های سینمای دیجیتال. ارائه شده به شورای علم و فناوری، آکادمی علوم و هنرهای تصاویر متحرک.2005.

برخط

رنگ‌سینمایی - این سند و سایر اسناد مربوط به مدیریت رنگ متحرک را دانلود کنید. بروس لیندبلوم - منبع آنلاین ریاضی تبدیل‌رنگ
چارلزپوینتون - اطلاعات استانداردهای ویدئویی و گاما، برای دانلود موجود است. مشخصات DCI - استانداردهای‌توزیع دیجیتال تئاتر و رنگ سنجی. دی کراو - رایگان، با کیفیت بالا، مبدل خام دوربین

OpenColorIO - چارچوب مدیریت رنگ منبع باز برای جلوه های بصری و انیمیشن تجسم فضای رنگی XYZ (یوتیوب) - کاوش بصری CIE XYZ بازتاب تاریخچه نقشه برداری - مروری به گذشته توسط پل دبوک در مورد نقشه‌برداری بازتاب

بامجوز Sony Pictures Imageworks و نویسنده توسط The Visual Effects Society منتشر شده است.