

مروری بر فناوری دامنه دینامیکی بالا (HDR)، قابلیت‌ها، مزایا، کاربرد و استانداردها در گیرنده‌های تلویزیونی

حمیدرضا دامغانی^۱، هلیا سادات حسینیان^۲

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی برق- مخابرات، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۱ مرکز تحقیقات و مجموعه آزمایشگاه‌های همکار استاندارد شرکت صنایع گلدیران، تهران، ایران

H.damghani@goldiran.ir

^۲ کارشناس ارشد مهندسی برق قدرت - مدیریت انرژی، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

^۲ مرکز تحقیقات و مجموعه آزمایشگاه‌های همکار استاندارد شرکت صنایع گلدیران، تهران، ایران

H.hosseinian@goldiran.ir

چکیده

در دنیای تلویزیون‌های پیشرفته و جدید موجود در بازار، زمانی که بخواهیم با یک قابلیت جدید منطبق شویم، قابلیت‌های جدیدتری پیش روی ما قرار می‌گیرند. تلویزیون‌های سه‌بعدی^۱، ۴K^۲، OLED^۳، کوانتوم دات^۴ یا صفحه‌نمایش‌های دارای انحنا^۵ از این جمله هستند. در تازه‌ترین فناوری‌های مورد استفاده در تلویزیون‌ها می‌توان به قابلیت HDR^۶ که به معنای دامنه (محدوده) دینامیکی بالا است، اشاره کرد. قابلیت HDR هیچ ربطی به تعداد پیکسل^۷ بیشتر ندارد و به این معنی است که از طریق تغییر نور و میزان روشنایی و تاریکی تصویر، خروجی بهتری را پیش روی کاربر قرار می‌دهد. اگرچه در نگاه اول، این قابلیت بسیار کاربردی به نظر می‌رسد، اما مانند دیگر فناوری‌های نوپای حاضر در بازار، موانع مختلفی از قیمت بالا تا نبود منابع ویدیویی سازگار با این قابلیت بر سر راه حضور آن وجود دارند. در این مقاله به بررسی قابلیت‌های این فناوری و نیز مزایا، کاربردها و استانداردهای مربوط به آن با رویکرد توجه به سمت گیرنده‌های تلویزیونی خواهیم پرداخت.

کلمات کلیدی: (HDR) High Dynamic Range، PQ، ۴K، HLG، دالبی ویژن

مقدمه -۱

^۱ Three Dimensional television (3DTV)

^۲ Kilo

^۳ Organic light-emitting diode

^۴ Quantum dots (QD)

^۵ Curved screen

^۶ High Dynamic Range

^۷ Pixel

در چند سال گذشته، میزان روشنایی تلویزیون‌ها در حدود ۱۰۰ نیت^۸ (واحد اندازه‌گیری روشنایی که براساس روشنایی یک شمع در مترمربع است) باقی مانده بود، این رقم از زمان عرضه تلویزیون‌های CRT^۹ تاکنون به استاندارد اصلی تلویزیون‌ها تبدیل شده است. در حالی که با این میزان از روشنایی بسیاری از جزئیات مربوط به رنگ‌ها و نقاط تاریک فیلم‌ها و ویدئوها قابل مشاهده نیست. این محدوده از روشنایی را SDR^{۱۰} یا دامنه دینامیکی استاندارد نام‌گذاری کردند. با پیشرفت فناوری راهی برای رسیدن به تصاویر واقعی و زنده در تلویزیون‌ها پیدا شد. فناوری HDR با پشت سر گذاشتن کمبودهای استاندارد قبلی در میزان روشنایی و نمایش رنگ‌ها میزان بالاتری از جزئیات و نقاط تاریک و روشن تصاویر را ضبط و پخش می‌کند. استاندارد لازم برای نمایش تصاویر HDR روشنایی ۱۰۰۰ نیت است. به همین دلیل این قابلیت را در مقایسه با استاندارد قبلی، HDR یا دامنه دینامیکی بالا نامیدند. در فناوری HDR که از عملکرد پیچیده چشم انسان الگو گرفته شده، میزان نور و رنگ خروجی از تلویزیون به گونه‌ای تنظیم شده تا ریزترین و جزئی‌ترین اختلاف رنگی دیده شود. با رسیدن به دامنه گسترده‌تری از روشنایی و درخشندگی، رنگ‌های سیاه و سفید واقعی‌تر و طبیعی‌تری را خواهیم دید. ضمن اینکه تفکیک‌پذیری میان این دو رنگ با دقت بالاتری انجام می‌شود [1,2]. مواقع بسیاری پیش می‌آید که چشم منظره‌ای را اسکن می‌کند و به سیستم عصبی می‌فرستد اما وقتی همان منظره را با دوربین ضبط کنیم، خلاف آن‌چه با چشم دیده‌ایم را در قاب تصویر می‌بینیم. تصویر آن‌طور که با چشم دیده شده است، پویا نیست و عمق و جزئیات آن چنان که باید و شاید خود را در تصویر نشان نمی‌دهند. در واقع کیفیت بالای تصاویر HDR باعث شده تا بسیاری این فرمت تصویری را آینده صنعت سرگرمی جهان بنامند، آینده‌ای که پیش‌بینی می‌شود، خیلی نزدیک‌تر از تصور ما باشد. برای اینکه بدانیم ماهیت فناوری HDR چیست، باید اندکی به مرسومات چند سال گذشته در زمینه تلویزیون دقت کنیم. هنوز از زمانی که تلویزیون‌های لامپی بزرگ با تلویزیون‌های تخت نظیر انواع LCD^{۱۱} جایگزین شده‌اند مدت زیادی نگذشته است. فقط چند سالی گذشت تا انقلاب LED^{۱۲} جایگزین LCD های اولیه شد و آرام‌آرام حضور تلویزیون‌های ۳ بعدی همه جا را فرا گرفت. کاربران در زمانی کوتاه با قابلیت‌های دیگری مثل صفحه نمایش‌های منحنی روبرو شدند و افزایش وضوح و ظهور تلویزیون‌های فوق کیفیت بالا^{۱۳} یا 4K بر پیچیده‌گی‌های انتخاب یک تلویزیون افزود. در نهایت در یکی دو سال گذشته مدل‌های OLED نیز به نوبه خود این انتخاب را پیچیده‌تر کردند. در کمتر از دو سال گذشته مفهوم دیگری به نام HDR به تلویزیون‌های پیشرفته افزوده شده که با وجود آنکه برای کاربران آشنا با مبحث تصویر و به خصوص عکاسی و فیلم‌برداری مفهوم تازه‌ای به حساب نمی‌آید اما حضور آن در کنار نام یک تلویزیون می‌تواند ابهام برانگیز باشد [1,3,4].

۲- فناوری HDR چیست و چگونه کار می‌کند؟

۲-۱- تعریف فناوری HDR و بیان قابلیت‌های مربوط

همان گونه که اشاره شد، نام HDR در واقع به معنای محدوده (دامنه) دینامیکی بالا است. این فناوری قادر است تا با انجام عملیاتی این محدوده دینامیکی را در تصاویر بالا ببرد و بر کیفیت نهایی آن بیفزاید. HDR رنگ‌ها را غلیظ‌تر، سفید را روشن‌تر و مشکی را تیره‌تر به نمایش می‌گذارد. این موضوع به این معنا نیست که تصاویر غیر واقعی نشان داده می‌شوند، بلکه کاملاً برعکس است. HDR تصاویری را می‌سازد که هر چه بیشتر به واقعیت نزدیک‌تر باشد. در واقع کنتراست^{۱۴} و غلظت رنگ دو چیزی هستند که پس از شنیدن نام HDR به ذهن ما می‌رسد. با توجه به اینکه این گزینه را پیش از این در دوربین

^۸ Nit (nt)

^۹ Cathode Ray Tube

^{۱۰} Standard Dynamic Range

^{۱۱} Liquid Crystal Display

^{۱۲} Light Emitting Diode

^{۱۳} Ultra-high-definition (UHD)

^{۱۴} Contrast

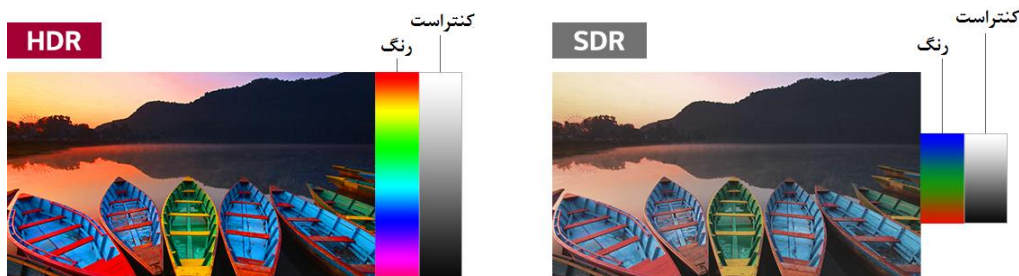
گوشی‌های هوشمند نیز مشاهده می‌شده است، احتمالاً واژه HDR به گوش بسیاری از کاربران آشنا به نظر می‌رسد. در زمینه عکسبرداری، HDR کاربردهای فراوانی دارد و جزئیات را در قسمت‌های تاریک و پرنور عکس مورد نظر کاربران، برجسته‌تر نشان می‌دهد. این عمل معمولاً از طریق گرفتن چند عکس متفاوت در شرایط نوردهی مختلف و در نهایت ترکیب آنها اتفاق می‌افتد. تنها مشکل در اینجا آن است عکس‌هایی که در این فرآیند تولید می‌شوند، اصطلاح آبرنگی بوده و زنده به نظر نمی‌رسند. در خصوص ویدئوهای تولیدشده در قالب فرآیند HDR، این موضوع کاملاً متفاوت است. این تصاویر کاملاً زنده بوده و بیشترین شباهت را به آنچه در دنیای واقعی مشاهده می‌کنید، خواهند داشت. HDR در ویدئوها به تولید کنتراست غیرواقعی یا اعمال فیلترهایی که تأثیرات نامطلوب دارند، منجر نخواهد شد، بلکه از فناوری‌های جدیدی در پوشش وسعت رنگ بیشتر استفاده می‌کند. به همین دلیل، کاربران به تلویزیون ویژه‌ای برای مشاهده ویدئوهای HDR نیاز خواهید داشت و البته منابع ویدئویی سازگار با این قابلیت نیز باید در دسترس قرار گیرند. در بهترین حالت، رنگ‌هایی با دقت بالاتر و عمق بیشتر پیش روی کاربر قرار خواهند گرفت و اثرات^{۱۵} نورپردازی نیز زنده‌تر به نظر خواهند رسید. شکل ۱ عکس منظره‌ای را نشان می‌دهد که با استفاده از فناوری HDR و بدون آن تصویربرداری شده است [1,2,5,6,7].



شکل ۱- تصویر سمت راست با استفاده از HDR و سمت چپ بدون استفاده از HDR

۲-۲- چگونگی کارکرد فناوری HDR

مدتی است که این فناوری علاوه بر دوربین‌های حرفه‌ای، در قسمت دوربین‌های هوشمند نیز قرار گرفته است. کارکرد این قابلیت به این صورت است که وقتی کاربر عکسی را با روشن بودن HDR به ثبت می‌رساند، در واقع سه تصویر از سوژه مورد نظر کاربر با میزان روشنایی‌های متفاوت ثبت خواهد شد. پس از آن این سه تصویر با هم تلفیق می‌شوند و از هر تصویر بخشی که کیفیت مناسبی دارد در نسخه نهایی قرار می‌گیرد. در نتیجه کاربر با تصویری با کیفیت بالاتر روبه‌رو خواهید شد. علت کم‌شدن سرعت عکس‌برداری در این حالت هم به همین دلیل است. شکل ۲ طیف رنگ و کنتراست را در فناوری HDR نشان می‌دهد [2,5,6,7,8].



شکل ۲- طیف رنگ و کنتراست را در فناوری HDR

۳- مشخصات استفاده از فناوری HDR

۳-۱- چه مواقعی از فناوری HDR استفاده مینماییم؟

همان طور که اشاره شد، قابلیت به کاربران در ثبت تصاویر با کیفیت تر کمک خواهد کرد. در ادامه به بررسی موقعیت‌های استفاده از فناوری HDR می‌پردازیم:

- ۱- **مناظر طبیعی:** عکاسی از مناظر طبیعی یکی از موقعیت‌هایی است که روشن بودن حالت HDR به کیفیت تصویر خروجی بسیار کمک خواهد کرد. گرفتن عکس از مناظر طبیعی به دلیل تضاد رنگی موجود بین زمین و آسمان برای دوربین مشکل خواهد بود و شاید نتواند تصویر مناسبی را به ثبت برساند. اما با روشن بودن HDR، دیگر اثری از تاریک شدن زمین و روشن بودن آسمان در عکس نخواهد بود.
- ۲- **عکس و تصویر پرتزه در نور آفتاب:** یکی از عوامل اصلی برای این که بتوانیم یک عکس یا تصویر با کیفیت را به ثبت برسانیم این است که از نور مناسب استفاده کنیم. اما گاهی نور بیش از حد مانند نور خورشید می‌تواند باعث به وجود آمدن سایه، انعکاس نور و مشکلات دیگری شود. استفاده از فناوری HDR تمامی این مشکلات را حل می‌کند و باعث می‌شود سوژه مورد نظر با بالاترین کیفیت در تصویر قرار بگیرد.
- ۳- **عکاسی و فیلم برداری در نور کم و یا با نور پس زمینه زیاد:** در هر دو مورد سوژه مورد نظر تیره به ثبت می‌رسد و این باز به همان تضاد رنگی مربوط می‌شود. اما با استفاده از فناوری HDR کاربر قادر خواهید بود از حداکثر توانایی در جذب نور بهره ببرید. شکل ۳ همزمان یک تصویر یکسان را با استفاده از فناوری HDR و SDR نمایش می‌دهد [2,9].



شکل ۳- نمونه تصویر HDR در سمت راست و SDR در سمت چپ

۳-۲- چه مواقعی از فناوری HDR استفاده مینماییم؟

گاهی اوقات استفاده از فناوری HDR بر روی کیفیت عکس، تصویر و فیلم تاثیر منفی می‌گذارد. در ادامه به بررسی موقعیت‌هایی خواهیم پرداخت که این حالت‌ها رخ می‌دهد:

- ۱- **سوژه متحرک:** اگر هر یک از سوژه‌های موجود، در حال حرکت باشند و کاربر با حالت HDR بخواهد عکس و فیلم بگیرد، نتیجه آن تصویری تار و نامفهوم خواهد بود. بنابراین هیچ‌گاه با HDR روشن، از یک سوژه متحرک عکس برداری و فیلم برداری نتیجه مناسب را نخواهد داشت.
- ۲- **صحنه‌هایی با کنتراست بالا:** معمولاً عکس و فیلم برداری از صحنه‌هایی که کنتراست بالایی دارند با روشن بودن حالت HDR جلوه و زیبایی اصلی‌شان را از دست می‌دهند. پس عکس برداری و فیلم برداری از صحنه‌های با کنتراست بالا در حالت HDR نتیجه مناسب را نخواهد داشت.
- ۳- **صحنه‌های خیلی روشن یا خیلی تاریک:** برای عکس برداری و فیلم برداری از سوژه‌هایی با این مشخصات بهتر است HDR را خاموش نگاه دارید، چراکه در غیر این صورت تصویر آن طور که باید، نمایش داده نمی‌شود [2,9].

۴- استانداردهای فناوری HDR

جدا از موارد گفته شده استانداردهایی برای محتوای HDR نیز در نظر گرفته شده که شناخته شده ترین آنها شامل HDR10 و دالبی ویژن^{۱۶} می شوند.



شکل ۴- لوگوی استاندارد های HDR10 و دالبی ویژن

برخی دیگر از استانداردهای محتوا برای HDR شامل HLG^{۱۷} و HDR پیشرفته^{۱۸} معرفی شده توسط شرکت رنگارنگ^{۱۹} است که کمتر از دو عنوان اول شناخته شده هستند. همچنین استاندارد های HDR10+، PQ^{۲۰}، SL-HDR1 و Slog-3 نیز وجود دارند که البته به اندازه HDR10 و دالبی ویژن شناخته شده نیستند ولی در ادامه بطور مختصر به معرفی و مقایسه ی برخی از آنها خواهیم پرداخت [1,5,10].

۴-۱- معرفی استانداردهای HDR10 و دالبی ویژن

هرگاه صحبت از تلویزیون ها و محتوای HDR باشد، باید دو استاندارد مهم و اصلی HDR10 و دالبی ویژن را مدنظر قرار دهیم. این دو استانداردهای معمول برای هر دو طرف سازندگان دستگاه تلویزیون و تولیدکنندگان محتوای این صنعت می باشند؛ اگر کاربر به خرید تلویزیون برود، هیچ گاه نام HDR10 را بر لیست قابلیت های تلویزیون نمی بیند. زیرا که هر سازنده، این استاندارد را به نامی متفاوت بکار می برد. اگر ببینید که یک تلویزیون به طور کلی از فناوری HDR پشتیبانی می کند، می توانید تصور کنید که منظور فروشنده HDR10 است. چون این یک استاندارد آزاد است، سازندگان محتوا می توانند بدون پرداخت هزینه های مجوز^{۲۱} از آن استفاده کنند. شکل ۵ نشان می دهد که به طور کلی، HDR10 عمومی برای فراداده های ایستا^{۲۲}، یک میانگین تنها از این سطح رنگ و روشنایی برای کل برنامه است.



شکل ۵- مقایسه سطح رنگ و روشنایی HDR10 و دالبی ویژن

^{۱۶} Dolby Vision

^{۱۷} Hybrid Log Gamma

^{۱۸} Advanced HDR

^{۱۹} Technicolor

^{۲۰} Perceptual Quantizer

^{۲۱} License

^{۲۲} Static metadata

برخلاف استاندارد HDR10، دالبی ویژن، استاندارد اختصاصی فناوری HDR است که در ازای پرداخت هزینه، می تواند قابلیت های بیشتری ارائه دهد. دالبی ویژن از طیف روشنایی رنگ بسیار گسترده تری (۱۰۰۰۰ نیت) در مقایسه با HDR10 (۱۰۰۰ نیت) پشتیبانی می کند. همچنین دالبی ویژن دارای عمق رنگ ۱۲ بیت و HDR10 دارای عمق رنگ کمتر ۱۰ بیتی است. به این معنی که دالبی ویژن می تواند از ۶۸ میلیارد رنگ استفاده کند و HDR10 تنها اندکی بیش از ۱ میلیارد رنگ در اختیار دارد. تلویزیون های غیر HDR فعلی و در بهترین حالت توانایی نمایش تنها ۱۶ میلیون رنگ را دارند [1,2,5,10].

۲-۴ تفاوت میان استانداردهای HDR10 و دالبی ویژن و معرفی استاندارد HLG

هر فریم^{۲۳} دالبی ویژن، دارای فراداده ای^{۲۴} است که مشخص می نماید که هر فریم جداگانه چگونه نمایش داده شود. فراداده ای HDR10، از یک فریم به فریم بعدی تغییر نمی کند و لذا دستورات آن برای تمام فریم ها یکسان هستند. به این ترتیب در تمام قسمت های فیلم میزان شفافیت^{۲۵} به اندازه بکار بردن دالبی ویژن یکسان نخواهد بود، به خصوص اگر ویدئو صحنه های تاریک و روشن متنوعی داشته باشد. با توجه به این توضیح، استاندارد دالبی ویژن برای بهترین خروجی، نیازمند پخش محتوای HDR از طریق پخش کننده محتوا و نمایشگری منطبق با آن است. بررسی های اقتصادی سمت گیرنده نیز نشان می دهد که از آنجایی که تولیدکنندگان مجبور به خرید چیپست^{۲۶} مخصوص استاندارد دالبی ویژن و پرداخت برای به دست آوردن گواهی های لازم و هزینه های صدور پروانه های اختصاصی هستند، مجبورند که این هزینه ها را در هنگام فروش محصول به کاربران تحمیل کنند. بنابراین کاربرد این فناوری هزینه ای مزاد بر گیرنده های تلویزیونی خواهد داشت. به عنوان مثال، یک تلویزیون ۵۵ اینچی^{۲۷} با استاندارد HDR10 تولید شرکت ال جی الکترونیکس در حدود ۸۰۰ دلار قیمت دارد. تلویزیون مشابهی که از هر دو استاندارد HDR10 و دالبی ویژن پشتیبانی کند نزدیک به ۱۳۰۰ دلار قیمت خواهد داشت. در مجموع دالبی ویژن بهترین تجربه در تماشای فیلم و ویدئو را برای کاربران به همراه خواهد داشت و در نظر اکثر افراد بهتر از HDR10 است. بنابراین برای کاربران مهم است که بدانند کدام تولیدکنندگان از کدام استاندارد پشتیبانی می کنند. کاربران می توانند تلویزیون هایی را پیدا کنند که با هر دو استاندارد کار می کنند، اما تلویزیون هایی هم وجود دارد که تنها از یکی از آن ها پشتیبانی می کنند. تلویزیون های HDR ساخت شرکت هایی نظیر ویزیو^{۲۸} و ال جی^{۲۹} از هر دو استاندارد HDR10 و دالبی ویژن پشتیبانی می کنند. تمام تلویزیون ها نمی توانند تنها پس از دریافت چند بروزرسانی از HDR10 پشتیبانی کنند. شرکت های تولیدکننده تلویزیون نظیر سونی^{۳۰}، سامسونگ^{۳۱}، هایسنس^{۳۲}، شارپ^{۳۳} و سایر تولیدکنندگان، تنها از HDR10 در تلویزیون های خود پشتیبانی می کنند. خوشبختانه، تقریباً تمام تلویزیون های HDR عملکردی بهتر از تلویزیون های ۱۰۸۰p^{۳۴} یا ۴K معمول دارند، این دو استاندارد به ادامه راه در کنار یکدیگر ادامه خواهند داد. همان گونه که اشاره شد، یکی از استانداردهای آینده HDR با عنوان HLG شناخته می شود.

^{۲۳} Frame

^{۲۴} Metadata

^{۲۵} Transparency

^{۲۶} Chipset

^{۲۷} inch

^{۲۸} Vizio

^{۲۹} LG Electronics

^{۳۰} Sony

^{۳۱} Samsung

^{۳۲} Hisense

^{۳۳} Sharp

^{۳۴} Progressive

این سیستم که توسط BBC^{۳۵} و NHK^{۳۶} مورد استفاده قرار گرفته است شرایط را برای جریان^{۳۷} محتوا با کیفیت HDR فراهم می کند و بدین ترتیب برخلاف دو استاندارد قبلی، کیفیت آن وابسته به فراداده نیست. گامای هیبرید ورودی یا HLG نوع دیگری از محدوده دینامیکی بالا (HDR) است که مشابه HDR10 و Dolby Vision است. همه سه کیفیت وضوح بهتر برای تلویزیون های سازگار را نسبت به محدوده دینامیکی استاندارد وعده داده اند، همانند تلویزیون ها و فیلم هایی که احتمالا اکنون تماشا می کنید. تصاویر HDR بر روی تلویزیون HDR خوب دارای نکات روشن، تاثیر بیشتر و رنگ بهتر است. چیزی که آن را متفاوت می کند، آن است که در حالی که HDR10 و Dolby Vision به جریان (Amazon Video، Netflix)، و غیره، دیسک (4K Blu-ray) و یا بازی های ویدئویی محدود می شوند، HLG برای پخش کابل، ماهواره و تلویزیون زنده طراحی شده است. این ویژگی هنوز در مرحله تست قرار دارد و به عنوان نمونه می توان به فعالیت شرکت ال جی الکترونیکس در گنجاندن آن در تمامی OLED های سال ۲۰۱۷ این شرکت و بروزرسانی شرکت سونی برای افزودن این ویژگی به تمامی تلویزیون های HDR خود اشاره کرد [10,11,12].

۴-۳- معرفی استاندارد PQ و مقایسه با HLG

PQ، توسط SMPTE^{۳۸} به عنوان SMPTE ST 2084 منتشر شده است، که یک تابع انتقال است که اجازه برای نمایش محدوده دینامیکی بالا (HDR) با سطح روشنایی تا $10,000 \text{ cd/m}^2$ را می دهد. فضای رنگ PQ.۲۰۲۰ یک تابع انتقال الکترو نوری غیر خطی (EOTF) است. در ۱۸ آوریل ۲۰۱۶، انجمن HD دستورالعمل های صنعت را برای فاز UHD اعلام کرد که از توابع انتقال Hybrid Log-Gamma (HLG) و PQ با عمق کمی ۱۰ بیت استفاده می کند. برخلاف سیستم HLG، سیستم PQ به طور خودکار با SDR HDTV سازگار نیست. نسخه های سازگار با نسخه پستی سیستم PQ وجود دارد، اما این سیستم ها بر اساس یک لایه پایه SDR و سپس ابر داده اضافی برای ارائه پیشرفت HDR می باشد. در نهایت، سه اصطلاح وجود دارد که باید در تلاش برای توضیح تفاوت بین سیستم های PQ و HLG استفاده شود: OETF^{۳۹}: تابع انتقال الکترونیک الکترونیک. این ارتباط غیر خطی بین افت نور در سنسور دوربین و سیگنال الکترونیکی دیجیتال تولید شده توسط دوربین است. EOTF^{۴۰}: تابع انتقال الکترونیک الکترونیک. این رابطه غیر خطی بین سیگنال الکترونیکی دیجیتالی دریافت شده توسط صفحه نمایش و نور منتشر شده از صفحه نمایش است. OOTF^{۴۱}: عملکرد انتقال نوری نوری. این رابطه کلی بین نور سقوط بر روی حسگر تصویر و نور از صفحه نمایش است [10,11,12].

۴-۴- معرفی استاندارد SL-HDR1

Philips SL-HDR1 یک استاندارد HDR است که به طور مشترک توسط STMicroelectronics، Technicolor R&D France و International B.V توسعه داده شده است. در اوت ۲۰۱۶ به عنوان ETSI TS 103 433 استاندارد شد. SL-HDR1 با استفاده از استاتیک (SMPTE ST 2086) و متادیتای پویا (با استفاده از فرمت های

^{۳۵} British Broadcasting Corporation

^{۳۶} Nippon Hoso Kyokai (Japan Broadcasting Corporation)

^{۳۷} Streaming

^{۳۸} Society of Motion Picture and Television Engineers

^{۳۹} Opto-Electronic Transfer Function

^{۴۰} Electro-Optical Transfer Function

^{۴۱} Optical-Optical Transfer Function

SMPTE ST 2094-20 برای بازسازی یک سیگنال HDR از یک جریان ویدیویی SDR، که می‌تواند با استفاده از توزیع SDR شبکه‌ها و خدمات در حال حاضر در محل بکار رود. SL-HDR1 اجازه می‌دهد تا HDR به تفسیر کردن در دستگاه‌های HDR و ارائه SDR با استفاده از یک جریان ویدیویی تک لایه در دستگاه‌های SDR بپردازد. ابرداده بازسازی HDR را می‌توان به HEVC یا AVC با استفاده از یک پیام اطلاعات تکمیلی (SEI)^{۴۳} اضافه کرد [10,11,12].

۵- تلویزیون‌های با قابلیت HDR

بر روی این نوع تلویزیون‌ها از فناوری HDR استفاده شده است. این قابلیت در تلویزیون به صورتی عمل می‌کند که به تصاویر خروجی، کنتراست بالا، غلظت رنگی مناسب، افزایش عمق مشکی و سفید همراه روشنایی بیشتر می‌دهد. همچنین تصاویر در واقعی‌ترین حالت خودشان نشان داده خواهند شد. این نسل از تلویزیون‌ها همان‌گونه که نمونه‌ای در شکل ۶ آمده است، تعداد رنگ‌های بیشتری را به نمایش می‌گذارند. این تعداد به بیش از یک میلیارد رنگ هم می‌رسد [3].



شکل ۶- نمونه ای از تلویزیون‌های با قابلیت HDR

۵-۱- نحوه کارکرد تلویزیون با فناوری HDR

تلویزیون‌های HDR طوری طراحی شده‌اند که تصاویر واقعی‌تری با دست‌کاری رنگ‌ها به‌گونه‌ای که بیشتر شبیه به زندگی واقعی به نظر برسد، نشان دهند. تلویزیون‌های HDR با افزایش تفاوت بین نقاط تاریک و روشن و اضافه کردن رنگ بیشتر به تصاویر به‌صورت کلی، می‌توانند چیزی را که دوربین در هنگام فیلم‌برداری می‌دیده به کاربر نشان دهند، گویی که مخاطب در آنجا ایستاده باشد. برای مثال، در ویدیویی که در هنگام ضبط قابلیت HDR در آن فعال بوده باشد، درخت‌ها سبزتر و آسمان آبی‌تر به نظر می‌رسد و جزئیات ابرها هم بیشتر معلوم است چراکه رنگ‌های بیشتری برای اینکه با آن‌ها کار شود، وجود دارد و همچنین کنتراست رنگ بالاتر است. فناوری HDR به‌طور کلی محدوده رنگ نمایشگر تلویزیون را گسترده‌تر می‌کند و تعداد درجه‌های موجود بین یک رنگ تا رنگ بعدی را افزایش می‌دهد. برای مثال یک تلویزیون معمولی ۱۰۸۰p یا 4K را در نظر بگیرید، در این نوع تلویزیون‌ها اگر بخواهیم از رنگ مشکی به سفید برویم ۱۰ سایه مختلف خاکستری را مشاهده می‌کنیم، اما در تلویزیون‌هایی با قابلیت HDR این میزان ۱۰۰۰ درجه مختلف از رنگ خاکستری است. بنا به گفته‌های دکتر ناندو نانداکومار^{۴۳}، معاون ارشد مدیر شرکت ال‌جی الکترونیکس، یک ستاره چشم‌کزن در سیاهی شب، مثال خوبی از نشان دادن اوج توانایی فناوری HDR است. با استفاده از این فناوری، تصویر ستاره سفید و واضح خواهد بود و اطراف آن مشکی بور نبوده و عمق خواهد داشت. خود ستاره هم روشن‌تر خواهد بود چراکه نمایشگرهای HDR بر محدوده پایانی و نهایی رنگ یا نکات برجسته^{۴۴} تمرکز می‌کنند و پیکسل مربوط به این نواحی را روشن‌تر نشان می‌دهند. میزان نور یا روشنایی هر رنگ با واحد نیت یا کاندالا^{۴۵} بر

^{۴۳} Supplemental enhancement information

^{۴۴} Nandhu Nandhakumar

^{۴۴} Highlights

^{۴۵} Candela

مترمربع اندازه گیری می شود. بسته به تلویزیون HDR، نیت (روشنایی) هر پیکسل می تواند مقداری بین ۰/۰۰۰۱ تا ۱۰۰۰۰ یا حتی بیشتر باشد [2,3,11].

۵-۲- معرفی تلویزیون با قابلیت ۴K

آنچه که فرمت های SD، HD و ۴K (یا همان Ultra HD) را توصیف و تعریف می کند وضوح یا تعداد پیکسل های موجود در یک نمایشگر است و پیکسل های در واقع واحدهای ریزی است که هر کدام در حال نمایش یک رنگ هستند و وقتی همه آنها در کنار یکدیگر قرار می گیرند یک تصویر را تشکیل می دهند. یک تلویزیون معمولی تمام HD که این روزها معمولاً در هر خانه ای پیدا می شود، وضوح ۱۰۸۰p دارد یا به عبارت دیگر از تعداد ۱۹۲۰ در ۱۰۸۰ پیکسل تشکیل شده است. به بیان ساده تر، ۱۹۲۰ پیکسل افقی در ۱۰۸۰ ردیف عمودی کنار یکدیگر قرار گرفته اند تا تلویزیون قادر به نمایش تصاویر HD (وضوح بالا) باشد. در مورد نمایشگرهای ۴K، تعداد این پیکسل ها افزایش پیدا می کند. اگر جایی UHD یا ۲۱۶۰p را مشاهده کردید، این همان مفهوم ۴K است. ۳۸۴۰ پیکسل افقی و ۲۱۶۰ پیکسل در ردیف های عمودی تشکیل دهنده یک نمایشگر Ultra HD را می باشند. بیشتر به این سبب نام نمایشگرها را ۴K گذاشته اند که کیفیت تصویر آن چهار برابر بیشتر از تلویزیون های تمام HD است [3,11,12].

۵-۳- تفاوت تلویزیون با قابلیت های ۴K و HDR

طی چند سال سال اخیر، مهم ترین مبحثی که در رابطه با پیشرفت تلویزیون ها می شنویم میزان وضوح^{۴۶} آن ها بود. تفاوت اصلی میان این دو در مورد جزئیات یا وضوح است. در واقع مانند این است که ۴K پیکسل های بیشتری دارد اما HDR همان پیکسل ها را مجبور می کند تا سخت تر کار کنند و جزئیات مخفی بیشتری را کشف کنند. به این یک همکاری دوجانبه و عالی می گویند. به عبارت دیگر، کاربر می تواند در صحنه هایی که سایه وجود دارد، بدون از دست دادن عمق سیاهی، جزئیات بیشتری ببیند. شکل ۷ سمت راست تصویر ۴K و سمت چپ HDR همراه با ۴K را نشان می دهد [3,11].



شکل ۷- نمونه تصویر تلویزیون تصویر ۴K و سمت چپ HDR همراه با ۴K

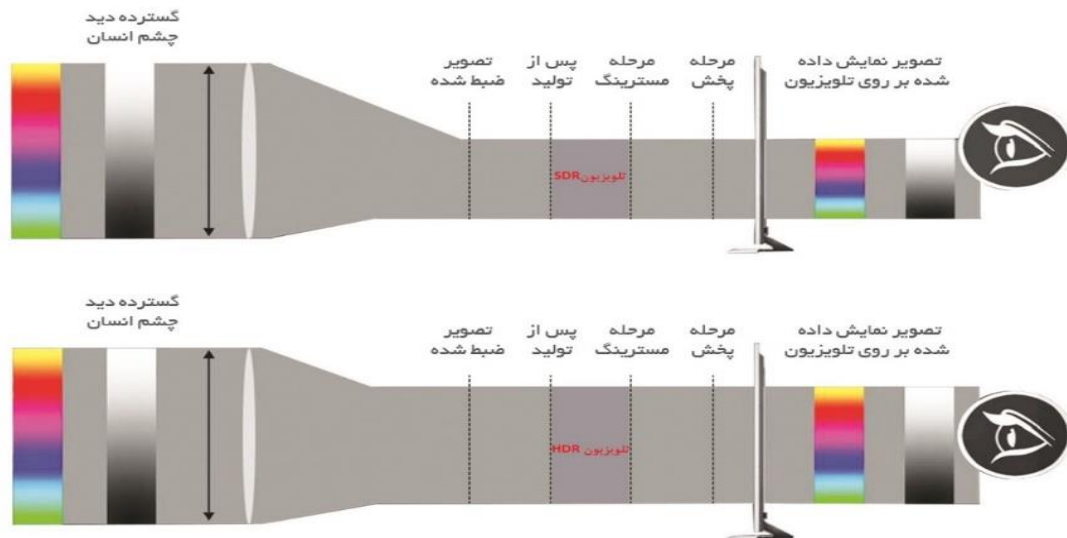
۵-۴- چگونگی افزایش ارزش گیرنده تلویزیون ۴K با افزودن قابلیت HDR

همه مباحث اشاره شده در بالا، در جهت رسیدن به این مطلب است که، واژه ای که کاربر باید با آن درگیر شود ۴K نمی باشد، بلکه HDR باید توجه کاربر را جلب کند. همانطور که از نام آن پیدا است، HDR قرار است نسبت کنتراست تلویزیون را به شدت افزایش دهد. به بیان دیگر، نسبت کنتراست یعنی تفاوت بیان روشن ترین تا تیره ترین رنگ که هر چه این بازه عظیم تر باشد، کیفیت رنگ های مشاهده شده بهتر خواهد بود. وقتی حالت HDR برقرار باشد، همراه با آن ویژگی های دیگری نظیر وسعت رنگ گسترده می آید که سبب تولید رنگ های بسیار طبیعی و زنده می شود. در واقع آنچه در تلویزیون می بینید بسیار به آنچه که واقعیت دارد نزدیک تر و به لحاظ بصری زیباتر می شود. رنگ ها از رو رفته نیستند و اجسام درست همانطور که در دنیای واقعی و با چشم می توان دید حقیقی به نظر می رسند. [3,11].

^{۴۶} Resolution

۶- در حال حاضر چه محتوایی را می توان با HDR دید؟

فناوری HDR بسیار خوب به نظر می رسد، اما قبل از اینکه یک گیرنده تلویزیون HDR، برای استفاده انتخاب کنید، نکات مهمی مطرح است. به عنوان مثال، HDR، فیلم ها و سریال های قدیمی کاربر را با معجزه ای به نسخه های بهتر و باکیفیت تر تبدیل نخواهد کرد؛ برای استفاده از آن باید فیلم های مطابق این قابلیت در اختیار داشته باشید. اما مشکل اصلی در این ارتباط این نیست که چرا تولیدکننده ها تعداد کافی تلویزیون HDR تولید نمی کنند، بلکه مشکل اساسی، محتوای قابل نمایش است که هنوز توسط تولیدکننده محتوا به اندازه کافی تامین نشده است. البته هنوز به اندازه کافی محتوا برای تلویزیون های 4K هم وجود ندارد، چه برسد به HDR و بعید است که این روند تا حداقل 4 تا 5 سال دیگر تغییر اساسی کند. سرویس های جریان ویدئو مثل نت فلیکس^{۴۷} و آمازون پرایم ویدئو^{۴۸} و وودو^{۴۹} کم کم کار خود را در این زمینه شروع کرده اند و مایکروسافت^{۵۰} هم با اکس باکس وان اس^{۵۱} و بازی های انحصاری جدید خود قصد دارد HDR را عمومی سازد اما حجم محتوا به اندازه ای نیست که بتوان حسابی روی آن باز نمود. در هنگام جستجو در محتوا، اگر نشان تجاری HDR یا دالبی ویژن را در کنار فیلم مشاهده نمودید، یعنی آن که می توانید آن برنامه را با قابلیت HDR ببینید. البته محتوای HDR بیشتری در آینده در حال تولید است و تولیدات گیرنده تلویزیون و محتوا به آن سمت حرکت می کنند. شکل ۸ مراحل ضبط، تولید، مسترینگ و پخش تصویر و گستره طیف رنگ را در هر مرحله نمایش می دهد [1,7,13,14,15,16].



شکل ۸- گستره طیف رنگ در مراحل ضبط، تولید، مسترینگ و پخش تصویر HDR و SDR

۷- نتیجه گیری

استفاده از فناوری HDR در موقعیت مناسب می تواند بسیار بر کیفیت تصاویر تاثیر مثبت بگذارد. با توجه به مطالبی که در این مقاله به آن ها اشاره نمودیم، کاربران می توانند بهترین نتیجه را هنگام استفاده از این قابلیت بگیرند. وجود این قابلیت بر روی گیرنده های تلویزیونی می تواند بسیار کاربردی و جذاب باشد. چرا که با وجود وضوح های بالایی که این نوع تلویزیون ها پشتیبانی می نمایند، می توانند تجربه ای عالی از وضوح و کیفیت تصویر را در اختیار کاربران قرار دهند. در سال های اخیر با توجه به حرکت

^{۴۷} Netflix

^{۴۸} Amazon Prime Video

^{۴۹} VUDU

^{۵۰} Microsoft

^{۵۱} Xbox One S

سریع تولیدکنندگان تلویزیون به سمت استفاده از فناوری HDR به عنوان یک قابلیت، بنظر می رسد فراهم آوردندگان محتوا و رسانه های تصویری نیز باید متعاقب آن با سرعت متناسب، نسبت به تهیه محتوای لازم برای این فناوری اقدام نمایند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند مراتب قدردانی و سپاسگزاری خود را از حمایت های شرکت صنایع گلدیران (جناب آقای مهندس علیرضا خزاعی و جناب آقای یانگ نام کیم) و شرکت ال جی الکترونیکس (دفتر ایران) بعمل آورند.

۸- مراجع

- [1] Scott Miller, "2017 Update on High Dynamic Range Television", SMPTE Motion Imaging Journal, Volume: 126, Issue: 7, Sept. 2017.
- [2] J. Ström, J. Samuelsson, K. Dovstam, "Luma adjustment for high dynamic range video", Proc. IEEE DCC, pp. 1-10, 2016.
- [3] Peter H. Putman, "Displays: From Fantasy to Reality in a Century", SMPTE Motion Imaging Journal, Volume: 125, Issue: 6, Aug. 2016.
- [4] Benjamin Huhle, Ossi Pirinen, Sven Fleck, Atanas Gotchev, Wolfgang Strasser, "Why HDR is Important for 3DTV Model Acquisition", 3DTV Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D video, 2008.
- [5] T. Borer, A. Cotton, M. Pindoria, S. Thompson, "Approaches to high dynamic range video", Digital Media Industry & Academic Forum (DMIAF), July 2016.
- [6] High dynamic range television for production and international programme exchange, Report ITU-R BT.2390-0, 2016.
- [7] Rafał K. Mantiuk, K. Myszkowski, H. P. Seidel, "High Dynamic Range Imaging" Wiley Encyclopedia of Electrical And Electronics Engineering, April 18, 2016.
- [8] Study Group Report High Dynamic Range (HDR) Imaging Ecosystem, Society of Motion Picture and Television Engineers, 2015.
- [9] "Image Parameter Values for High Dynamic Range Television for Use in Production and International Programme Exchange" in, Geneva, Switzerland: International Telecommunications Union, July 2016.
- [10] S. Thompson "Conversion of Conventional Video Display for High Dynamic Range Televisions", SMPTE Motion Imaging Journal, Volume: 126, Issue: 3, April 2017.
- [11] M. S. Goldman, O. Baumann, L. Litwic, "The future of 4K ultra high definition TV-examining methods to acquire exchange and distribute content", Proc. NAB Broadcast Eng. Conf., Apr. 2014.
- [12] Yuichi Kusakabe, Yoshitaka Ikeda, Noriyuki Shirai, et al. "Extended Image Dynamic Range System for UHD TV Broadcasting", SMPTE Motion Imaging Journal, Volume: 125, Issue: 4, May-June 2016.
- [13] "D-Cinema Quality-Screen Luminance Level Chromaticity and Uniformity" in, White Plains, NY, 2006.
- [14] E. Reinhard, E. Francois, R. Boitard, Ch. Chamaret, C. Serre, T. Pouli, "High Dynamic Range Video Production, Delivery and Rendering", SMPTE Motion Imaging Journal, Volume: 124, Issue: 4, May/June 2015.
- [15] A. Artusi, T. Richter, T. Ebrahimi, R. K. Mantiuk, "High Dynamic Range Imaging Technology", IEEE Signal Processing Magazine, Volume: 34, Issue: 5, Sept. 2017.
- [16] P. Hanhart et al., "Subjective Quality Evaluation of High Dynamic Range Video and Display for Future TV", SMPTE Motion Imaging J., June 2015.