

کاربرد کنترل کننده بینا در تنظیم خودکار تصویر هندسی تلویزیون با بهره گیری از یک دوربین کالیبره نشده

علی پیروی

دانشگاه فردوسی مشهد

alipeiravi@yahoo.com

سعید طوسی زاده

دانشگاه فردوسی مشهد

s.toosi@oxygen.ie

چکیده

بسیاری از مسائل اتوماسیون راه حل‌های مختلفی دارند. اما، در برخی از مسائل، اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز تنها از طریق سیستم بینایی امکان پذیر می باشد. خصوصیات هندسی تصویر تلویزیون از این جمله است و تنها می تواند از طریق یک ساختار کنترل حلقه- بسته بینا اندازه گیری و تنظیم شود. با بهره گیری از سیستم بینایی، تنظیم مشخصات هندسی تصویر تلویزیون در خط تولید می تواند به صورت خودکار انجام گیرد. در حال حاضر تنظیم مشخصات هندسی تصویر در کارخانجات تولید تلویزیون به صورت دستی توسط اپراتور انجام می شود که زمانبر و غیر دقیق می باشد. در این مقاله نتایج تحقیقات تجربی بر روی سیستم تنظیم خودکار تلویزیون بیان می گردد که در آن از یک دوربین کالیبره نشده به منظور اندازه گیری خصوصیات تصویر تلویزیون استفاده شده است. با بهره گیری از یک ساختار حلقه- بسته، سیگنال‌های تنظیم توسط کامپیوتر ایجاد شده و برای ذخیره در *EEPROM* به تلویزیون ارسال می گردد. برای اندازه گیری پارامترهای هندسی تصویر تلویزیون از ابزارهای پردازش تصویر استفاده شده است که بر

روی تصاویر خروجی دوربین پردازش می کنند. برای تنظیم و پایداری پارامترهای مذکور استراتژی های کنترلی بکار رفته اند. روش ارائه شده قابلیت بهبود و پیاده سازی به صورت بلادرنگ را دارا می باشد.

واژه های کلیدی: سیستم خود- تنظیم تلویزیون، مشخصات هندسی تصویر، دوربین کالیبره نشده، کنترل تصویر- پایه.

۱- مقدمه

پیشرفت ها در فن آوری ساخت تلویزیون امکان تغییر خصوصیات تصویر با اصلاح چند مقدار دیجیتال را جایگزین تنظیم پتانسیومترها نموده است. این مقادیر در یک *EEPROM* ذخیره شده و از طریق یک رابط سریال داخلی که اصطلاحاً *Bus I²C* نام دارد قابل تغییر می باشند [۱].

برخی از مزایای این فن آوری جدید به قرار زیر است:

- کاهش تعداد المان هایی که باید مونتاژ شوند و نتیجتاً افزایش قابلیت اطمینان سیستم.
- کاهش زمان لازم برای انجام تنظیمات پارامترهای تصویر.

• بهبود کیفیت تصویر تلویزیون.

موارد مذکور سبب افزایش راندمان و کاهش هزینه های تولید تلویزیون می گردد. توصیفی از عملکرد داخلی این فن آوری در تلویزیون های دیجیتال و تعریف برخی از اصطلاحات مربوط به تصویر توسط *L.I. Suckle* ارائه شده است [۲].

تنظیم مشخصات هندسی تصویر یک نمایشگر *CRT* نوعاً در دو مرحله انجام می پذیرد. در مرحله اول، که عموماً پروسه *ITC*^۱ نامیده می شود، اپراتور حلقه های خلوص رنگ^۲ و سیم پیچ انحراف دهنده *CRT* را تنظیم می کند. در مرحله دوم، اپراتور تنظیم مدار نمایشگر را از طریق پتانسیومترهای مختلف بر روی برد آن انجام می دهد [۳]. ما در این مقاله مرحله دوم تنظیم هندسی تصویر برای تلویزیون های دیجیتال را در نظر می گیریم. در ابتدا به نظر می رسد تنظیم پارامترهای هندسی توسط اپراتور وظیفه ساده ای است. ولی این عمل در زمان طولانی دشوار خواهد بود. نگاه کردن به صفحه تلویزیون به منظور تنظیم از یک فاصله کوتاه برای چشم بسیار مضر بوده و بعلاوه اشعه *X* تولید شده در نزدیکی *CRT* برای سلامت انسان بسیار خطرناک است. از طرف دیگر انسان قادر به تنظیم دقیق برخی از پارامترهای هندسی تصویر تلویزیون نمی باشد و تنظیم این پارامترها کاملاً به مهارت و سلیقه فرد وابسته است (مثل مشخصه های *S-Correction* و *RGB*).

در این مقاله روشی جدید برای اتوماسیون فرآیند تنظیم جهت افزایش دقت و یکنواختی تنظیم پارامترهای تصویر تلویزیون ارائه می دهیم. این سیستم اتوماسیون به سیستم خود-تنظیم^۳ شهرت دارد. یک چنین اتوماسیونی می تواند نرخ تولید و کیفیت نمایشگرهایی که خروجی یک کارخانه تلویزیون می باشند را به اندازه قابل توجهی افزایش دهد. *Engeldrum* بحثی را در رابطه با مدل کیفیت تصویر و مفهوم دایره کیفیت تصویر (*IQC*) مطرح می کند [۴]. سیستم تنظیم خودکار تصویر تلویزیون می تواند از معیارهای کیفیت تصویر حاصل از دستگاههای اندازه گیری^۴ و نظر سنجی انسان^۵ [۴] در انجام

تنظیمات بهره برد. از عمده ترین کارهای انجام شده اخیر در زمینه بهبود تنظیمات هندسی تصویر می توان به کار *P. Meade* و *J.R. Webb* اشاره نمود که در آن به منظور تصحیح همگرایی مربوط به *CRT* مانیتور از روش شناسایی لبه زیر پیکسل^۶ استفاده شده است [۵]. ایشان از این آشکار سازی لبه با دقت بالا به منظور تصحیح همگرایی رنگها استفاده کرده اند. شرکت *DynaColor* نیز اخیراً گزارشی از نتایج تحقیقات خود را در زمینه اندازه گیری پارامترهای *ITC* نمایشگر *CRT* ارائه نموده است [۶].

آخرین دستاوردهای علمی و عملی در این زمینه که در قالب اختراع در ایالات متحده آمریکا در سال های اخیر به ثبت رسیده اند، تماماً به منظور ساده کردن یا اتوماسیون امر تنظیم مشخصات هندسی تصویر در جهت بهبود کیفیت تصویر نمایشگرهای *CRT* مطرح گردیده اند. این سیستم ها را می توان به دو دسته کلی تقسیم نمود. دسته اول سیستم هایی هستند که توسط چند واحد بینایی اطلاعات مورد نیاز سیستم را از محیط اطراف کسب می نمایند [۷، ۸، ۹ و ۱۰]. این گروه از سیستم ها با بهره گیری از دو یا چند زاویه دید حاصل از دوربین های موجود و با اطلاع از موقعیت نسبی آنها، در برابر تغییرات موقعیت نسبی *CRT* مقاوم می باشند. در مقابل هزینه ناشی از تعدد دوربین ها، تجهیزات وابسته، حجم افزوده اطلاعات تصاویر دریافتی و افزایش میزان پردازش از مشکلات این دسته از سیستم ها به حساب می آید. دسته دوم سیستم هایی هستند که تنها بواسطه یک واحد بینایی اطلاعات مورد نیاز را از محیط اطراف بدست می آورند [۱۱ و ۱۲]. در این سیستم ها از مدل های دو بعدی و سه بعدی *CRT* به منظور تبدیل دستگاههای مختصات استفاده شده است. با بررسی سیستم های ارائه شده در این دسته، به دلیل محدودیت زاویه دید به یک واحد بینایی، نیاز به یک دسته اطلاعات اولیه از نمایشگر مثل مدل سه بعدی *CRT* مورد نظر و همچنین وجود یک سیستم حمل خط مونتاژ بسیار دقیق با جابجایی جزئی، ضروری به نظر می رسد [۱۰] و به عنوان ضعف عمده این دسته از سیستم ها مطرح می گردد. در این مقاله راه حل

¹ Integrated Tube Components

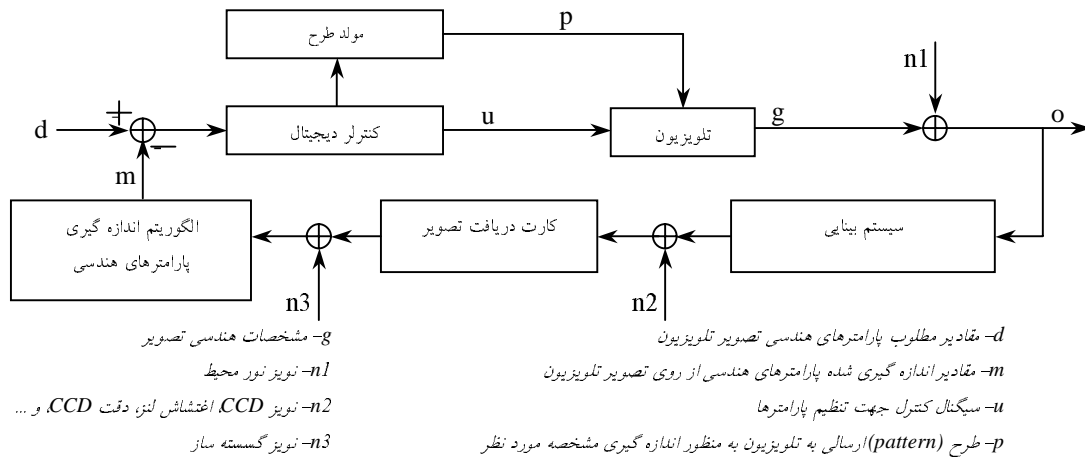
² color purity rings

³ auto-alignment

⁴ Objective Image Quality

⁵ Subjective Image Quality

⁶ sub-pixel edge detection



شکل ۱: نمایش بلوک دیاگرام سیستم حلقه- بسته برای تنظیم خودکار مشخصات هندسی تصویر تلویزیون

۳- توصیف سیستم

سیستم خود- تنظیم تلویزیون مورد بحث ما شامل یک دوربین ویدئوی *Panasonic* رنگی با حساسیت 768×576 و یک کامپیوتر *AMD-K6II 450MHz* مجهز به دو کارت گرافیک می باشد، که یکی به عنوان مولد طرح و دیگری برای ارتباط سیستم با کاربر می باشد. همچنین یک کارت دریافت ویدئو (*Pinnacle PC-TV*) با حداکثر حساسیت 768×576 برای ورود تصویر به کامپیوتر بر روی آن نصب گردیده است. کامپیوتر از طریق کارت گرافیک مربوطه طرحی مناسب بر روی صفحه تلویزیون ایجاد می نماید، سپس دوربین تصویر آن را توسط کارت دریافت تصویر به الگوریتم اندازه گیری بر روی کامپیوتر اجرا می شود ارسال می دارد. کنترلر دیجیتال که نیز بر روی کامپیوتر اجرا می شود از مقادیر اندازه گیری شده و مطلوب متناظر، سیگنال کنترل تنظیم را تولید می کند و یک فرستنده مادون قرمز که به پورت موازی کامپیوتر متصل است سیگنال تنظیم مناسب را به تلویزیون می فرستد. این فرآیند تکرار می شود تا تنظیم قابل قبولی برای پارامترهای هندسی تصویر حاصل آید. این فرآیند تکرار به طور متوسط بر روی این سیستم حدود چهار مرتبه انجام می شود که تقریباً ۹۰ ثانیه زمان می برد.

۴- مشکلات موجود در طراحی سیستم

مشکلاتی که در طراحی سیستم تنظیم خودکار پارامترهای هندسی تصویر *CRT* با آن مواجه هستیم عبارتند از:

جدیدی برای تنظیم مشخصات هندسی تصویر تلویزیون ارائه می شود که در آن از یک واحد بینایی کالیبره نشده برای ساده سازی و کاهش هزینه های سیستم استفاده می گردد.

۲- طرح پیشنهادی

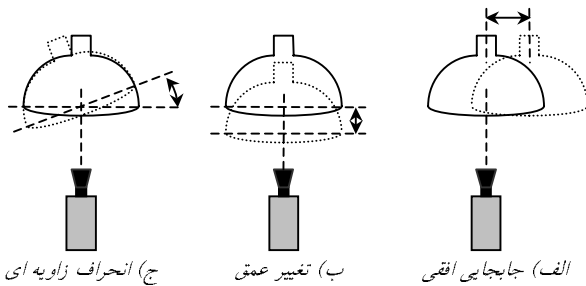
در این مقاله نتایج پیاده سازی یک سیستم کنترل بینا با ساختار تصویر- پایه^۱ [۱۳] را ارائه می دهیم که اندازه گیری های آن از طریق معیارهای نسبی تصویر یک دوربین کالیبره نشده بدست می آیند. این سیستم کنترل بینا می تواند به عنوان یک سیستم خود- تنظیم تلویزیون مورد استفاده قرار گیرد. در ادامه چگونگی ساخت این سیستم خود- تنظیم تلویزیون را مطرح خواهیم کرد. شکل ۱ طرح پیشنهادی را نشان می دهد.

در این سیستم، مولد طرح^۲ برای اندازه گیری خصوصیات هندسی، طرحی مناسب روی صفحه تلویزیون ایجاد می کند. سیستم بینایی واقع در حلقه فیدبک تصاویر صفحه تلویزیون را به کارت دریافت تصویر ارسال می نماید. به این ترتیب ورودی الگوریتم اندازه گیری شاخصهای هندسی تصویر تشکیل می شود. پس از مقایسه مقادیر اندازه گیری شده و مطلوب پارامترهای هندسی تصویر، کنترلر متناسب با خطای موجود، سیگنالهای کنترلی جهت تنظیم مشخصات هندسی ارسال می کند. این فرآیند تکرار می شود تا خطای پارامترهای تصویر تلویزیون از یک مقدار معین قابل قبول کمتر شود.

¹ image-based structure

² pattern generator

ساختار خط تولید تلویزیون به گونه ایست که اگر از یک دوربین ثابت استفاده کنیم، تغییرات موقعیت نسبی تلویزیون- دوربین تنها در راستای افقی ظاهر می شود. جابجایی در راستای عمودی در حداقل ممکن است و می توان از آن صرف نظر کرد. انواع تغییرات عمده در موقعیت نسبی بین تلویزیون و دوربین شامل انحراف زاویه ای، تغییر عمق و جابجایی افقی می باشند (شکل ۲).



شکل ۲: انواع تغییر وضعیت بین یک دوربین ثابت و تلویزیون بر روی خط تولید

تعریف پارامترهای تنظیم و طراحی الگوریتم های تنظیم باید در برابر اغتشاش ناشی از تغییر موقعیت مقاوم باشند. برای تنظیم تلویزیون های متوالی بر روی خط تولید، تغییرات موقعیت نسبی بین تلویزیون ها و دوربین، ما را به سمت استفاده از روش کنترل تصویر- پایه سوق می دهد. به این ترتیب، پارامترهای تنظیم متناسب با اندازه صفحه تصویر تلویزیون انتخاب می شوند. تعریف برخی از پارامترهای عمودی و طرح ایجاد شده متناظر با آنها بر روی صفحه تلویزیون در شکل ۳ مشاهده می شود.

واضح است که خطای حاصل از تغییر موقعیت، تأثیر قابل توجهی بر روی اندازه گیری پارامترهای تنظیم تعریف شده نمی گذارد. چون پارامترهای هندسی افقی معمولاً کمتر از پارامترهای عمودی می باشند، مجموعه مشابه کوچکتری از پارامترها برای جهت افقی در نظر گرفته می شود. پارامترهای تنظیم تعریف شده به اندازه و مکان نسبی صفحه تلویزیون در تصویر دوربین وابسته است. بنابراین نیاز به توسعه الگوریتمی داریم که قادر به آشکارسازی صفحه تصویر تلویزیون در تصویر دریافتی از دوربین باشد.

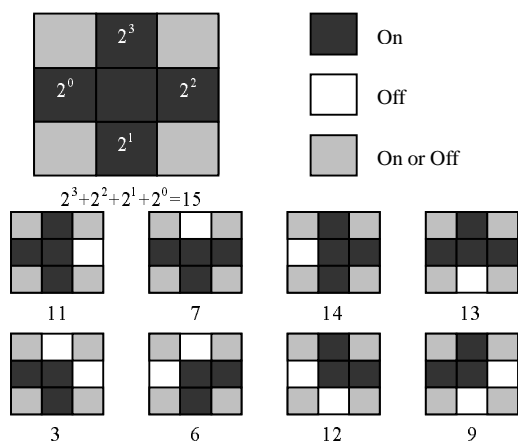
۶- الگوریتم های اندازه گیری

با فرض اینکه موقعیت نسبی دوربین- تلویزیون در طول تنظیم

- تأثیر متقابل مشخصه های هندسی بر روی یکدیگر، یک سیستم چند ورودی و چند خروجی از مشخصه های هندسی تصویر بوجود می آورد، که عمل تنظیم را دشوار می سازد.
- تخت نبودن سطح صفحه تصویر برخی تلویزیون ها یک رابطه غیر خطی بین ورودیها - سیگنال های تنظیم- و خروجیها - مشخصه های هندسی تصویر- بوجود می آورد.
- وجود نویز ناشی از نور محیط، CCD دوربین، کارت دریافت تصویر، و ... عمل اندازه گیری مشخصه های هندسی را دچار مشکل می کند.
- عدم ثابت بودن موقعیت نسبی دوربین و تلویزیون و ایده آل نبودن لنز دوربین [۱۴]، اغتشاش هایی را در سیستم حلقه بسته وارد می کند.
- عدم یکسان بودن خصوصیات دینامیکی و استاتیکی CRT و تجهیزات دیگر موجود در سری تلویزیونهای تولیدی، یک سیستم متغیر با زمان معرفی نموده و عدم قطعیتی در مدل سیستم وارد می نماید.
- علاوه بر مشکلات فوق، سنکرون کردن فریم های دوربین با تصویر تلویزیون باید مورد توجه قرار گیرد و سیستم طراحی شده باید قادر باشد در مدت زمان کوتاهی مشخصات هندسی تصویر تلویزیون را با دقت مناسبی تنظیم نماید، که این خود بیانگر نیاز به توسعه و اعمال الگوریتم های بلادرنگ در فرآیند تولید سیگنالهای کنترل جهت تنظیم پارامترها می باشد.

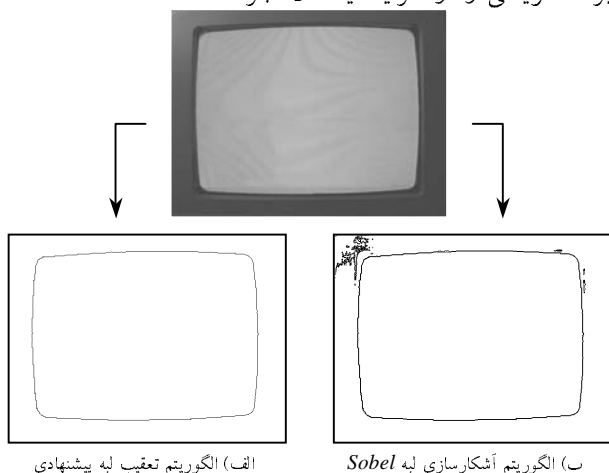
۵- تعریف پارامترهای تنظیم

یک نکته مهم در طراحی سیستم خود- تنظیم تعریف یک مجموعه مناسب از پارامترهای تنظیم بر اساس مشخصات هندسی تصویر تلویزیون می باشد. فرض کنید مشخصات هندسی تصویر تلویزیون فضایی را تشکیل دهد به گونه ای که هر بعد در این فضا منطبق با یک شاخص هندسی باشد. انتخاب پارامترهای تنظیم باید به گونه ای باشد که نسبت به تغییرات موقعیت تلویزیون- دوربین کمترین حساسیت را داشته، و همچنین نقطه یکتایی را در فضای مشخصات هندسی تصویر تلویزیون مشخص کند. به بیان دیگر، باید تناظر یک به یکی بین نقاط فضای پارامترهای تنظیم و فضای مشخصات هندسی تصویر تلویزیون وجود داشته باشد.



شکل ۴: پنجره 3x3 وزن داده شده و حالت‌های مختلف آن

مقدار نسبت داده شده به هر الگو با توجه به چهار پیکسل وزن دار 2^n به سادگی قابل محاسبه است. اگر پیکسل متناظر با پیکسل‌های وزن دار در یک پنجره 3x3 از تصویر اصلی، علی‌رغم پیکسل مرکزی آن روشن باشند، با جمع وزن‌های مربوط به پیکسهای روشن، مقدار پنجره در آن موقعیت از تصویر بدست می‌آید. چون وزن‌ها توانهایی از ۲ می‌باشند، بجای عمل زمانبر ضرب از عمل ساده شیف استفاده کرده ایم. برتری کارایی الگوریتم ارائه شده در مقایسه با الگوریتم آشکارسازی لبه *Sobel* [۱۵] که ساده و نسبتاً سریع می‌باشد، در شکل ۵ مشاهده می‌شود. الگوریتمی که پیشنهاد داده ایم علاوه بر حذف نویز نور محیط، سرعتی معادل ۹ برابر الگوریتم *Sobel* دارد. هر دو الگوریتم به صورت بهینه توسط زبان ++C برنامه نویسی و در شرایط یکسان اجرا شده اند.



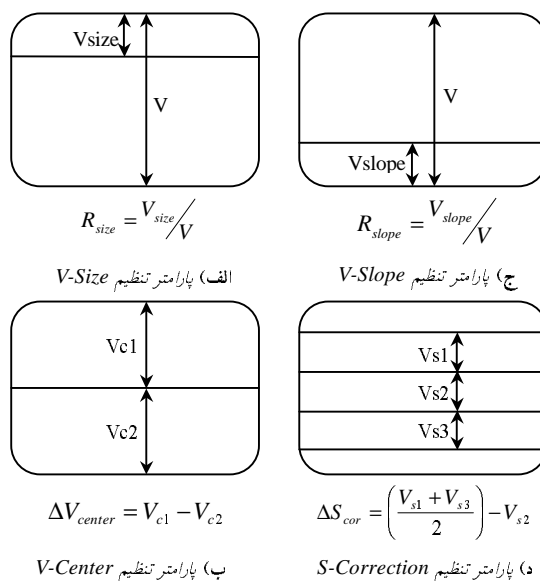
الف) الگوریتم تعقیب لبه پیشنهادی

ب) الگوریتم آشکارسازی لبه *Sobel*

شکل ۵: نتایج اعمال الگوریتم تعقیب لبه پیشنهادی ما و الگوریتم

آشکارسازی لبه *Sobel*

برتری دیگر الگوریتم پیشنهادی، تعیین سریع ابعاد صفحه تصویر تلویزیون به طور دقیق می‌باشد. در طول شناسایی مرز



شکل ۳: برخی از پارامترهای تنظیم عمودی مورد استفاده در سیستم

یک دستگاه تلویزیون ثابت باشد، اندازه گیری دقیق مکان و ابعاد صفحه تلویزیون در تصویر دریافتی ضروری است. این اندازه گیری یک معیار اساسی در تخمین پارامترهای تنظیم تعریف شده می‌باشد. به این منظور، ابتدا تمام نقاط صفحه *CRT* تلویزیون را با اعمال یک طرح سفید روشن می‌کنیم. اختلاف سطح روشنایی صفحه تصویر تلویزیون نسبت به محیط اطراف سبب می‌شود تا به راحتی با اعمال یک سطح آستانه، تصویر دودویی مناسبی حاصل آید. قدم بعدی شناسایی صفحه تلویزیون و حذف اطلاعات زائد در خارج از مرزهای صفحه تلویزیون در تصاویر دریافتی است. در این راستا یک الگوریتم جدید سریع طراحی کرده ایم که با استفاده از یک پنجره وزن دار تعقیب لبه صفحه تلویزیون را در تصویر دودویی بدست آمده انجام می‌دهد.

۱-۶- الگوریتم تعقیب لبه

الگوریتم آشکارسازی لبه طراحی شده، از یک پنجره 3x3 استفاده می‌کند که حالت‌های مختلف آن در شکل ۴ مشاهده می‌شود. در شکل، هر الگو با حالتی از پیکسل‌های مرزی یک شکل محدب ارتباط داشته و مقدار نسبت داده شده به آن یکتاست. از الگوهای نمایش داده شده فقط الگوی ۱۵ به مرز ارتباط نداشته و مربوط به نقاط داخلی شکل است. برای اشکال مقعر باید چند الگوی دیگر به مجموعه فوق اضافه شوند.

صفحه تلویزیون، مختصات برخی از الگوها را برای تخمین دقیق موقعیت صفحه تلویزیون در تصویر دریافتی بکار برده ایم. به عنوان مثال، چون الگوی شماره ۱۱ مرز طرف راست صفحه را مشخص می کند، میانگین موقعیتهای افقی وقوع الگوهای ۱۱ مختصات مرز سمت راست صفحه تلویزیون را نتیجه می دهد. این روش را برای مزرهای دیگر نیز می توان اعمال نمود.

۶-۲- تخمین پارامترهای تنظیم

حال با در اختیار داشتن ابعاد و موقعیت صفحه تلویزیون در تصویر دریافتی می توان پارامترهای تنظیم را بدست آورد. به منظور اندازه گیری پارامترهای تنظیم، ابتدا یک طرح مناسب بر روی صفحه تلویزیون ایجاد می کنیم. طرح ایجاد شده متناسب با پارامتر تنظیم مورد نظر می باشد. موقعیت طرح مورد استفاده بر روی صفحه با استفاده از الگوریتم آشکارسازی لبه حداکثر شیب^۱ تعیین می گردد [۱۵ و ۱۶].

۷- الگوریتم تنظیم پارامترها

بعد از مرحله اندازه گیری، کنترلر دیجیتال وارد عمل شده و سیگنالهای کنترلی بر اساس خطای بین مقادیر مطلوب و اندازه گیری شده پارامترهای تنظیم ایجاد می کند، که این سیگنالها برای تنظیم پارامترهای هندسی تصویر به تلویزیون اعمال می شوند. در طراحی کنترلر دیجیتال از روش کنترل تناسبی استفاده کرده ایم [۱۷ و ۱۸]. بهره حلقه هر یک از پارامترهای تنظیم به ساختار و ماهیت آن پارامتر وابسته است. فرآیند تنظیم و ایجاد سیگنالهای کنترل آنقدر ادامه می یابد که خطای بین مقادیر مطلوب و پارامترهای اندازه گیری شده متناظر از یک سطح قابل قبول کمتر شود. هر پارامتر تنظیم سطح خطای قابل قبول خاص خود را دارد. گسستگی ذاتی دستگاه و فرآیند اندازه گیری سبب ناپایداری سیستم حلقه بسته در برخی شرایط می گردد. به منظور غلبه بر این مشکل، یک مکانیزم تطبیقی برای خطای قابل قبول استفاده کرده ایم. این مکانیزم ناپایداری را تشخیص داده و با افزایش محدوده

خطای قابل قبول، پایداری سیستم را در تنظیم یک پارامتر به صورت مستقل تضمین می کند.

همانطور که پیشتر بیان شد پارامترهای هندسی تصویر تلویزیون به یکدیگر وابسته اند. در سیستم طراحی شده، پارامترهای تنظیم به صورت مستقل مدل شده و از در نظر گرفتن تأثیر متقابل بین پارامترهای تنظیم صرف نظر شده است. از این رو فرآیند تنظیم باید در چند مرحله متوالی اعمال گردد تا همگرایی پارامترهای تنظیم به مقادیر مطلوب حاصل آید. این همگرایی به علت کوچکتر از یک بودن تمام مقادیر ضرائب تأثیر متقابل، تضمین می شود.

۸- جمع بندی نتایج

در این مقاله یک طراحی جدید برای سیستم خود- تنظیم تلویزیون ارائه شده که بر روی یک خط تولید واقعی نصب گردیده است. راه حلهای ارائه شده در حل مشکلات موجود در طرح موثر بوده و در اجرای سیستم به کار گرفته شده است. الگوریتم تنظیم مورد بحث، تنها از اندازه گیریهای نسبی استفاده می کند که نیاز به کالیبراسیون دورین ندارد. به این ترتیب یک دوربین کالیبره نشده می تواند به منظور کسب اطلاعات عدم تنظیم در ساختار حلقه- بسته قرار گیرد. در این مقاله مجموعه ای از پارامترهای تنظیم را به گونه ای تعریف کرده ایم که در کاهش خطای اندازه گیری موثر باشند. همچنین قوانین کنترل دیجیتال تناسبی را همراه با سطوح تطبیقی خطا برای پایداری فرآیند تنظیم مشخصات هندسی تصویر تلویزیون بکار بسته ایم.

سیستم طراحی شده را بر روی خط تولید مربوط به تلویزیون رنگی ۱۴ اینچ پارس در کارخانجات قطعات الکترونیک سیرجان نصب کرده ایم. این سیستم با موفقیت وظیفه تنظیم پارامترهای هندسی افقی، عمودی و همچنین سطح سفیدی^۲ تصویر را انجام می دهد. کل فرآیند تنظیم در زمانی کمتر از ۱/۵ دقیقه انجام می گیرد که در ضمن افزایش دقت حدوداً ۵ برابر از روش تنظیم دستی سریعتر است. این نتایج تجربی گواهی بر عملکرد مناسب سیستم در شرایط عملی می باشد.

² white balance

¹ maximum gradient edge detection algorithm

- [16] P. Meade, and J. R. Webb, "Application of sub-pixel edge detection to generate flash correction waveforms," *SID Technology Conference*, 1998.
- [17] M. Sznaier, and O. I. Camps, "Control issues in active vision: open problems and some answers," *Proceedings of the 37th IEEE Conference on Decision and Control* (Tampa: Florida USA), pp. 3238-3243, 1998.
- [18] S. Chroust, M. Vincze, R. Traxl, and P. Krautgartner, "Evaluation of processing architecture and control law on the performance of vision-based control systems," *Proceedings of IEEE/AMC* (Nagoya: Japan), pp. 19-24, 2000.
- [1] M. Lindahl, Z. Samman, and E. Beekers, "A factory automated projection TV digital convergence system," *IEEE International Conference on Consumer Electronics*, Vol. 40, No. 3, pp. 348-349, 1994.
- [2] L. I. Suckle, "Automatic alignment techniques for color television manufacturing," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 34, No. 4, pp. 886-893, 1988.
- [3] G. C. Yerem, "A computer vision system for the automatic inspection of geometric distortions in television displays," MS Thesis, Tennessee University, Knoxville, 2001.
- [4] P. G. Engeldrum, "Image quality modeling: where are we?," *IS&T's 1999 PICS Conference*, pp. 251-255, 1999.
- [5] P. Meade, and J. R. Webb, "Application of sub-pixel edge detection to generate flash correction waveforms," *SID Technology Conference*, 1998.
- [6] C. Chuang, R. Hong, and J. Tsai, "Novel method for CRT display ITC measurement," *Asia SID Technology Conference*, pp. 239-243, 1999.
- [7] E. Buckley, B. Bukal, W. Dawe, P. Farrer, K. G. Nemeth, and A. Noonan, "Test and alignment system for electronic display devices and test fixture for same," *US Patent no. 5,969,756*, Image Processing System, Inc, 1999.
- [8] E. S. Buckley, B. W. C. Lee, B. Bukal, W. G. Dawe, A. G. Noonan, and T. R. Richardson, "Test and alignment system for electronic display devices," *US Patent no. 6,252,626*, Image Processing System, Inc, 2001.
- [9] J. Devine, "Method for adjusting image geometry in a video display monitor," *US Patent no. 5,966,124*, Apple Computer, Inc, 1999.
- [10] D. A. Fridge, "Stereoscopic electro-optical system for automated inspection and/or alignment of imaging devices on a production assembly line," *US Patent no. 5,638,461*, Kollmorgen Instrument Corporation, 1997.
- [11] J. R. Webb, R. C. Simpson, and H. M. Pogoda, "Automatic precision video monitor alignment system," *US Patent no. 5,216,504*, Display Laboratories, Inc, 1993.
- [12] J. R. Webb, and G. A. Kern, "Method and apparatus for transforming coordinate systems in an automated video monitor alignment system," *US Patent no. 5,510,833*, Display Laboratories, Inc, 1996.
- [13] S. Hutchinson, G. D. Hager, and P. I. Corke, "A tutorial on visual servo control," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 12, No. 5, pp. 651-670, 1996.
- [14] Y. Motai, and A. Kosaka, "Smartview: hand-eye robotic calibration for active viewpoint generation and object grasping," *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation* (Seoul: Korea), pp. 2183-2190, 2001.
- [15] J. R. Parker, *Algorithms for image processing and computer vision*, John Wiley and Sons, 1997.