



آشکار سازی بازیکنان در تصاویر فوتبال

کاوه کنگرلو^۱ احسان اله کبیر^۲

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی برق

kangarloo@iauctb.ac.ir

۲- دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی برق

kabir@modares.ac.ir

چکیده:

در تجزیه و تحلیل تصاویر ویدئوی مسابقات فوتبال که به منظور بررسی رفتار تیمی و استراتژی بازی انجام میگیرد، عموماً تصاویر برداشت شده از نمای دور مورد توجه قرار میگیرند. در اینگونه تصاویر حرکات دوربین و اندازه کوچک بازیکنان و تباین پایین رنگها در تصاویر ضبط شده از مهمترین عواملی هستند که باعث میشوند بازیکنان بدقت از تصویر پس زمینه تفکیک داده نشوند. در این مقاله روشی ارائه میشود که به کمک آن میتوان در تصاویر برداشت شده از نمای دور، بازیکنان را به دقت از تصویر پس زمینه تفکیک داد. در ادامه ابتدا مروری بر سابقه تحقیقات انجام گرفته در این زمینه خواهیم داشت سپس با بررسی مشکلات موجود، راهکار مناسب ارائه میشوند. در انتها نیز نتایج آزمایشها مورد بحث و بررسی قرار گرفته اند.

کلمات کلیدی: فوتبال، چمن، ناحیه بندی، بازیکنان، موجک روشنایی، خوشه یابی

۱- مقدمه

بررسی حرکات ورزشکاران از روی تصویر یکی از موضوعاتی است که در آن تشخیص و شناسایی بازیکنان نقش اساسی را بازی میکنند. تجزیه و تحلیل خودکار

حرکات ورزشکار در ژیمیناستیک، بسکتبال [۱]، تنیس، بیسبال [۲]، وزنه برداری، کشتی، کریکت [۳]، و پرتاب نیزه نمونه هایی از آن است. در موارد ذکر شده عموماً استفاده از مدل های میله ای و یا روش های مبتنی بر مدل های سه بعدی حجمی، تکنیک هایی هستند که به منظور آشکار سازی و مدلسازی حرکات بازیکنان انجام میشود. در مواردی که بالا بدان اشاره شد دوربینها بگونه ای در اطراف ورزشکار مستقر میشوند که بر اساس تصاویر برداشت شده بتوان از تکنیک های مبتنی بر مدل استفاده نمود.

چنانچه تجزیه و تحلیل تصاویر به منظور بررسی رفتار تیمی بازیکنان و یا استراتژی بازی باشد در اینصورت معمولاً تصاویر برداشت شده از نمای دور^۱ مورد توجه قرار میگیرد. در چنین تصاویری بخاطر اندازه کوچک تصاویر بازیکنان، روش های مبتنی بر مدل و یا منحنی پیرامونی^۲ کارآیی چندانی نخواهند داشت. در اینجا معمولاً رنگ، بافت، موقعیت مکانی و یا ویژگی های توصیف کننده پارامترهای حرکتی نقاط، مهمترین ویژگی هایی هستند که میتوان از آنها برای آشکار سازی استفاده کرد.

^۱ Far field

^۲ Contour

بعنوان نمونه در تحقیقی که به منظور تشخیص و ردگیری بازیکنان در زمین بسکتبال صورت گرفته از تصویر سیاه^۱ بازیکنان استفاده شده است [۱]. در اینجا ابتدا با استفاده از روش تفاضل از فریم مرجع، تصویر بازیکنان از قسمت پس زمینه جدا شده و سپس نتیجه حاصله بر اساس دو بلاب^۲ توصیف میشود. در هر یک از این قسمت‌ها میانگین موقعیت مکانی و رنگ نقاط موجود در آن و همچنین اندازه بلاب مربوطه محاسبه و با بررسی ویژگیهای مذکور در تصاویر متوالی آشکارسازی و ردگیری صورت میگیرد (شکل (۱)).



شکل (۱): توصیف بازیکنان بر اساس ۲ لکه و استفاده از آن در ردگیری بازیکنان در زمین بسکتبال [۱]

تصویر چپ) جداسازی بازیکنان از تصویر پس زمینه تصویر راست) نحوه مدلسازی هر یک از بازیکنان بر اساس ۲ بلاب

در تحقیق مشابه دیگری، از ویژگیهای رنگ پوشش بازیکنان استفاده شده است. در اینجا نیز هر یک از بازیکنان به دو بلاب رنگی عمود بر هم مدل شده و در نهایت بر اساس ویژگیهای رنگ تعریف شده آشکارسازی و ردگیری میشوند [۴].

در تحقیق مشابه دیگری نیز از ویژگیهای رنگ پوشش بازیکنان استفاده شده است [۵]. در اینجا دوربین در کنار زمین نصب شده و با استفاده از مدل‌های مخلوط گوسی^۳ رنگ نقاط تصویر به سه مولفه مدل میشوند. یکی از آنها معرف بخش پس زمینه تصویر و دو مولفه دیگر نیز بیانگر بازیکنان هر یک از تیمها خواهد بود. با تفکیک نقاط مربوط به هر یک از خوشه‌ها، آشکارسازی بازیکنان صورت میگیرد.

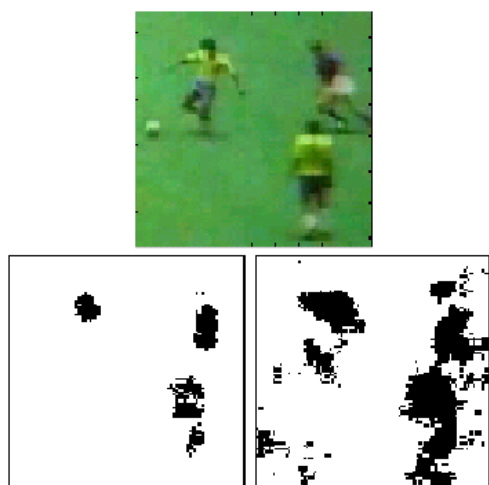
در تحقیق دیگری که برای تشخیص و ردگیری بازیکنان فوتبال صورت گرفته از ترکیب فضاهای رنگ استفاده شده است [۶]. در اینجا ابتدا رنگ هر نقطه از تصویر در ۱۴ فضای رنگ متفاوت بیان شده سپس با جداسازی تصویر تعدادی از بازیکنان، میانگین و پراکندگی رنگ نقاط پوشش آنها بعنوان ویژگیهای توصیف کننده هر یک از بازیکنان در نظر گرفته میشود. در ادامه با بررسی شباهت رنگ تصاویر بازیکنان با مقادیر محاسبه شده، بازیکنان هر تیم تشخیص داده میشوند.

تحقیق مشابه دیگری برای آشکارسازی و ردگیری بازیکنان در زمین هندبال صورت گرفته است [۷]. در این تحقیق برای توصیف بازیکنان از ویژگیهای حرکت، رنگ و الگوهای تصویری استفاده شده است. با توجه به اینکه تصاویر از دو دوربین ثابت که بر روی سقف نصب شده اند بدست می آیند بنابراین با استفاده از روش تفاضل از تصویر مرجع، تصویر پس زمینه تشخیص داده شده و آشکارسازی اولیه صورت میگیرد. در ادامه برای بهبود دقت در تفکیک بازیکنان، از اطلاعات رنگ و حالت بازیکنان نیز کمک گرفته شده است. برای این منظور هیستوگرام رنگ تصاویر بازیکنان محاسبه شده و با بررسی شباهت آنها در تصاویر متوالی، ویرایش اولیه صورت میگیرد. از طرفی با اعمال تبدیل والش بر مبنای ۱۴ الگوی از پیش تعریف شده بر روی هر یک از مولفه های رنگ، ۴۲ ویژگی بدست می آید که با محاسبه اختلاف ویژگیهای مربوط به هر یک از بازیکنان در فریم قبلی، شباهت آنها از این طریق نیز تخمین زده شده و با دقت بالاتری آشکارسازی انجام میشود.

در تحقیق دیگری تشخیص و شناسایی بازیکنان بر اساس مقایسه هیستوگرام رنگ پوشش آنها انجام شده است [۸]. در اینجا برای جداسازی چمن پس زمینه از آستانه گیری بر روی مولفه *hue* استفاده شده است. پس از مشخص شدن محدوده بازیکنان در تصویر، هیستوگرام ۱۰ تکه ای هر یک از مولفه های رنگ محاسبه و پس از مقایسه شباهت آنها با نواحی متناظر در فریمهای قبلی، هر یک از

^۱ Silhouette
^۲ Blob
^۳ Gaussian Mixture Model

است که باعث بروز خطا در آشکارسازی یا تشخیص تیم بازیکنان میشود.



شکل (۳): نتیجه آستانه گیری بر روی مولفه خلوص رنگ و تاثیر تغییر مقدار آستانه بر نتیجه ناحیه بندی

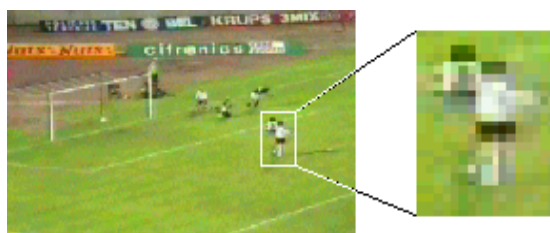
بالا) تصویر اصلی، پایین راست و چپ) به ترتیب نتیجه آستانه گیری بر روی مولفه خلوص رنگ به ازای مقادیر آستانه ۰/۲۵ و ۰/۳

هدف اصلی این مقاله، ارائه راهکاری مناسب برای رفع مشکلات ذکر شده در بالا است. با توجه به سابقه فعالیتهای انجام گرفته در این زمینه و همچنین بررسی تکنیکهای موجود، در ادامه روشی ارائه میشود که به کمک آن میتوان تصاویر بازیکنان را به دقت از تصویر پس زمینه تفکیک داد.

این روش از دو بخش جداسازی چمن و آشکارسازی بازیکنان تشکیل شده است. جداسازی ناحیه چمن با محاسبه ویژگیهای رنگ و موجک روشنایی و سپس طبقه بندی نقاط تصویر به ناحیه چمن و غیر چمن صورت میگیرد. در ادامه جهت آشکارسازی بازیکنان، تکنیکی ارائه شده که آنرا تکنیک بلوکهای همپوشان نامگذاری نموده ایم. با بررسی ویژگی موجک روشنایی در بلاکهای انتخابی و خوشه یابی بلوکها به بخشهای پیش زمینه و پس زمینه، آشکارسازی صورت میگیرد. در ادامه به ترتیب به توضیح پیرامون راهکارهای پیشنهاد شده و در انتها نیز نتایج آزمایشها ارائه شده اند.

بازیکنان آشکارسازی میشود. لازم به ذکر است که در این تحقیق، در مدت زمانی هر ۱۰ فریم، میبایستی موقعیت سر بازیکنان توسط کاربر مشخص شود تا آشکارسازی با دقت صورت گیرد.

همانطور که در بالا نیز بدان اشاره شد در تصاویر برداشت شده از نمای دور اندازه بازیکنان بیش از 30×30 پیکسل نیست. گذشته از اندازه کوچک بازیکنان چنانچه منابع تصاویر مورد بررسی، تصاویر ضبط شده بر روی لوحهای فشرده باشد در اینصورت تباین پایین و در هم آمیخته شدن رنگها که بهنگام فشرده سازی در تصاویر بوجود می آید نیز عوامل دیگری هستند که باعث میشوند در برخی از فریمها، بعضا قسمتهایی از تصاویر بازیکنان تشخیص داده نشده و یا اصلا رویت نشوند (شکل (۲)).



شکل (۲): نمونه ای از تصاویر ضبط شده بر روی لوح فشرده با درجه تفکیک 180×240

بر این اساس روشهای مبتنی بر آستانه گیری نیز راهکار مناسبی برای تفکیک ناحیه چمن و آشکارسازی بازیکنان در تصویر بنظر نمی رسند. در شکل (۳) نتیجه آستانه گیری بر روی مولفه خلوص رنگ در فضای رنگ HSI نشان داده شده است. همانگونه که از شکل نیز نمایان است، تباین پایین و در هم آمیخته شدن رنگها باعث میشوند تا نتوان تصاویر بازیکنان را بصورت یکپارچه ناحیه بندی کرد. پراکندگی نواحی مجزایی که در اثر آستانه گیری بدست می آید، مسئله مهمی است که استفاده از اینگونه روشها را با مشکل مواجه میسازد.

همین امر باعث میشود تا به هنگام جداسازی ناحیه چمن، به اشتباه قسمتهایی از تصویر بازیکنان بعنوان چمن برچسب خورده و یا اینکه بخشهایی از ناحیه چمن، همراه تصویر بازیکنان منظور گردد. این نیز خود مسئله مهمی

۲- ناحیه بندی تصویر به چمن و غیر چمن

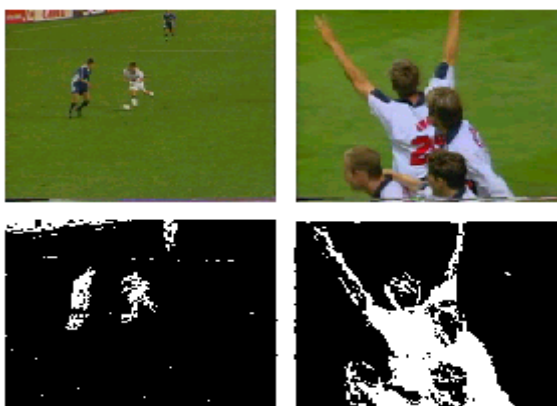
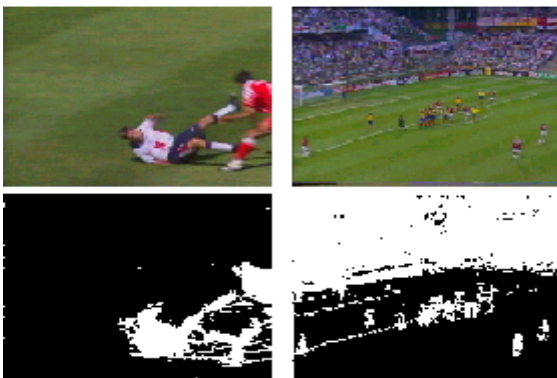
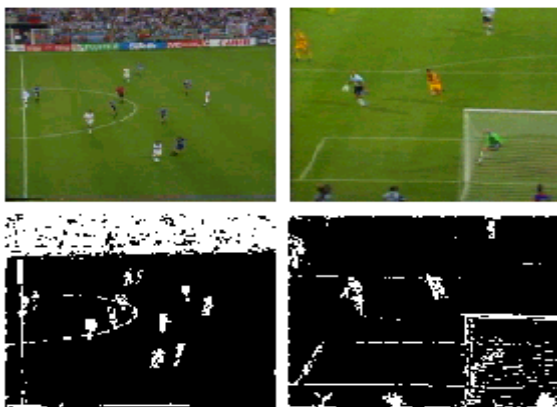
از آنجاییکه ناحیه چمن سبز رنگ و تقریباً هموار است بنابراین از رنگ و بافت تصویر میتوان بعنوان ویژگیهای مناسب برای توصیف ناحیه چمن استفاده نمود. در روشی که سابقاً توسط مولفین ارائه شده از مولفه *hue* بعنوان ویژگی رنگ و از مقادیر موجک روشنایی در راستای افقی، عمودی و قطری بعنوان ویژگیهای بافتی توصیف کننده هر یک از نقاط تصویر استفاده شده است. با بکارگیری شبکه پرسپترون^۱ طبقه بندی نقاط به چمن و غیر چمن صورت میگیرد [۹ و ۱۰].

به منظور بررسی کارایی تکنیک پیشنهادی از بین ۴۰ قطعه ویدئویی مسابقات فوتبال که از بازیهای مختلف و در شرایط مختلف نورپردازی برداشت شده بودند، ۸۰۰ نمونه چمن و غیر چمن انتخاب و روش مذکور بر روی آنها اجرا شد. نتایج آزمایشها بیانگر آن بود که میزان بازشناسی صحیح نمونه های چمن و غیر چمن به ترتیب ۱۰۰٪ و ۹۹٪ بوده است. بر این اساس تصمیم بر آن داشتیم تا به منظور آشکارسازی بازیکنان نیز این تکنیک را برای تشخیص ناحیه چمن بکار ببریم. در شکل (۴) نمونه هایی از نتایج اجرای روش مذکور بر روی تعدادی از تصاویر فوتبال آورده شده است.

۳- آشکارسازی بازیکنان

همانگونه که قبلاً نیز بیان شد در تصاویر برداشت شده از نمای دور، اندازه بازیکنان بیش از چند ده پیکسل نیست. از اینرو استفاده از اطلاعاتی همچون لبه و یا بافت کمک چندانی به آشکارسازی و تفکیک بازیکنان از تصویر پس زمینه نخواهد کرد.

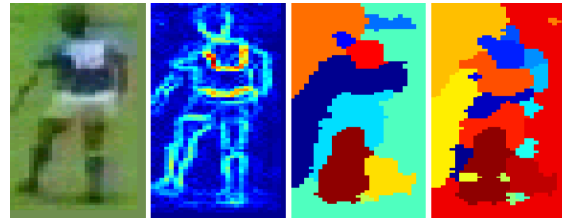
با توجه به اندازه کوچک تصویر بازیکنان معمولاً محاسبه ویژگیهای بافتی توام با خطا است. نواحی مجاور به دقت از یکدیگر تفکیک نشده اند و لبه های تصویر وضوح



شکل (۴): نمونه ای از تصاویر فوتبال که تکنیک پیشنهادی برای تفکیک نقاط تصویر به چمن و غیر چمن بر روی آن اجرا شده است.

^۱ Multi Layer Perceptron

چندانی ندارند. بنابراین استفاده از تکنیک‌هایی همانند الگوریتم آبگیر^۱ و یا منحنی پیرامونی که در آنها ناحیه بندی بر اساس لبه های تصویر صورت میگیرد کارایی چندانی نخواهند داشت (شکل (۵)).



شکل (۵): نتیجه ناحیه بندی نمونه ای از تصویر بازیکنان بر اساس روش آبگیر به ترتیب به ۱۰ و ۲۰ ناحیه مجزا

با توجه به مشکلات عنوان شده در بالا ناحیه بندی تصویر به چمن و غیر چمن نیز به تنهایی برای آشکارسازی بازیکنان کفایت نمیکند. در شکل (۶) نتیجه الگوریتم پیشنهادی که بر روی تصویری نمونه اجرا گردیده آورده شده است. همانگونه که مشاهده میشود بخشهای مجزایی که به هنگام ناحیه بندی تصویر بازیکنان از چمن پس زمینه بوجود می آید مشکل اساسی برای تفکیک یکپارچه و آشکارسازی بازیکنان است.



شکل (۶): بخشهای مجزایی که به هنگام ناحیه بندی تصویر بازیکنان از چمن پس زمینه بوجود می آید مشکل اساسی برای تفکیک یکپارچه و آشکارسازی بازیکنان است.

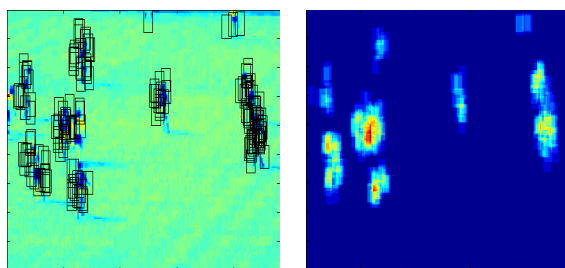
هدف اصلی در این قسمت آن است که بتوانیم نواحی همجوار را متناسب با میزان شباهتی که با یکدیگر دارند چگونه ای ترکیب کنیم که در نهایت آنچه بدست می آید بیانگر تصویر بازیکنان باشد. به بیانی می‌خواهیم با ادغام نواحی مجزایی که از تصویر در دست داریم، بازیکنان را آشکارسازی نمایم.

از آنجاییکه سطح پوشیده شده از چمن بصورت ناحیه ای هموار و یکنواخت مشاهده میشود بنابراین میتوان از تغییرات روشنایی تصویر بعنوان عاملی برای تشخیص و ناحیه بندی تصویر بازیکنان استفاده کرد.

برای این منظور در داخل محدوده چمن و بر روی قسمتهایی که بعنوان پیش زمینه تشخیص داده شده اند بلاک‌هایی انتخاب شده و میانگین ویژگیهای موجک روشنایی در راستای افقی، عمودی و قطری (که در مرحله ناحیه بندی تصویر به چمن و غیر چمن محاسبه شده بودند) بعنوان ویژگیهای بافتی نقاط تصویر در داخل این بلاکها در نظر گرفته میشوند. چنانچه ویژگیهای مذکور به دو خوشه، خوشه یابی شوند آنچه بدست می آید بیانگر بلوک‌هایی است که بافت نقاط داخل آنها یکنواخت و غیر یکنواخت است. بلاک‌هایی که بافت یکنواخت دارند متعلق به چمن و دسته دیگر بر روی تصویر بازیکنان قرار گرفته است. چنانچه بلاکهای مذکور به تعداد کافی انتخاب شوند در اینصورت نواحی غیر چمن به بطور یکپارچه تفکیک خواهند شد (شکل (۷)).



شکل (۷): ایده ناحیه بندی تصویر بازیکنان بر اساس انتخاب بلوکهای تصادفی در تصویر و خوشه یابی میانگین ویژگیهای موجک آنها



بالا) تصویر اصلی،

پایین چپ) اجرای یک مرحله از الگوریتم پیشنهادی با انتخاب ۲۰۰۰ بلوک،

راست) نتیجه همپوشانی بلوکهای انتخابی و توصیف احتمال وجود بازیکنان بر اساس میزان تفاوت از تصویر پس زمینه

۲- نتایج آزمایشها

در این تحقیق بلوکهای مذکور به ابعاد ۱۶x۸ انتخاب شده است. پس از آنکه بلاکی بطور تصادفی در داخل ناحیه چمن مشخص شد میانگین ضرایب تبدیل موجک روشنایی در سه راستای افقی، عمودی و قطری در هر یک از بلاکهای مورد نظر محاسبه میشوند. در ادامه ویژگیهای مذکور برای تمامی بلاکهای انتخابی بر اساس خوشه یابی فازی به ۲ خوشه، خوشه یابی شده و آنهایی که مقادیر کوچکی دارند بعنوان ناحیه چمن (پس زمینه) و خوشه دیگر نیز بعنوان بلوکهای منطبق بر تصویر بازیکنان بر چسب خواهند خورد.

برای محاسبه ویژگیها کافی است تصاویر پایه ای که در مرحله قبل (جداسازی ناحیه چمن) حاصل شده بودند را در اختیار گرفته و با محاسبه میانگین متغیرهای مورد نظر در بلوکهای انتخابی، ویژگیهای مربوطه را محاسبه و الگوریتم مذکور را به اجرا در آورد.

اگر این عمل در چندین مرحله صورت گیرد در اینصورت میتوان با جمع تصاویر مذکور تصویری بدست آورد که به نوعی بیانگر چگالی احتمال تصویر بازیکنان باشد. بدین معنا که هر چه نواحی موجود در تصویر، غیر یکنواخت تر باشند احتمال آنکه به هنگام خوشه یابی بعنوان پیش زمینه بر چسب خورند بیشتر خواهد بود. از اینرو میتوان گفت که تصویر حاصله در نواحی مربوط به تصویر بازیکنان متمایز تر از سایر قسمتها مشاهده میشود.

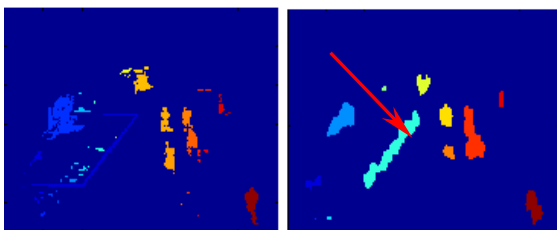
در این خصوص با توجه به آزمایشهای صورت گرفته تصمیم بر آن گرفته شد تا در ۱۰ مرحله و هر مرحله با انتخاب ۷۵۰ بلوک تصادفی، ناحیه بندی صورت گیرد. به این ترتیب در انتها با جمع کردن تصاویر حاصله تصویری بدست می آید که به کمک آن میتوان به نوعی حضور بازیکنان را بصورت احتمالی نمایش داد.

در ادامه میتوان با آستانه گیری، تصویر بازیکنان را از چمن پس زمینه تفکیک داد. مقدار آستانه عامل مهمی است که نتیجه آشکارسازی را تحت تاثیر خود قرار میدهد. با توجه به آزمایشهای اولیه ای که بر روی تعدادی

از تصاویر انتخابی داشتیم، این مقدار را ۰/۷ حداکثر روشنایی تصویر انباشته نهایی در نظر گرفتیم. برای بررسی دقیق عملکرد روش پیشنهادی، از داخل همان ۴۰ قطعه ویدیویی که از مسابقات مختلف فوتبال تصویر برداری شده بودند، بطور تصادفی ۲۰ تصویر انتخاب شد. بر روی تصاویر انتخابی، الگوریتم مذکور اجرا و میزان دقت در تشخیص صحیح بازیکنان مورد بررسی قرار گرفته شد. با توجه به آزمایشهای انجام گرفته مشخص گردید که خطای حاصله عموماً بعلت همپوشانی بازیکنان، نواقص چمن، سایه های بلند و بعضاً خطوط زمین هستند. اینگونه خطاها جمعاً در ۶٪ مواقع مشاهده شدند (شکل (۸)).



شکل (۸): نمونه ای از خطاهای ایجاد شده بهنگام تشخیص بازیکنان در روش بلوکهای همپوشان



بالا (تصویر اصلی، پایین چپ) نتیجه جداسازی ناحیه چمن راست) نتیجه اجرای الگوریتم بلوکهای همپوشان

نتیجه اجرای الگوریتم پیشنهادی بر روی تعدادی از تصاویر نمونه در شکل (۹) آورده شده است. نتایج حاصل از آزمایشها نیز در جدول (۱) آورده شده است. با توجه به آزمایشهای بعمل آمده بر روی تعداد زیادی از تصاویر فوتبال بنظر میرسد که این روش، تکنیک مناسبی برای آشکارسازی بازیکنان در تصاویر نمای دور باشد.

جدول (۱): میزان دقت الگوریتم پیشنهادی در تشخیص صحیح

بازیکنان و تفکیک آنان از تصویر پس زمینه

تعداد کل بازیکنان	تعداد بازیکنانی که به درستی آشکارسازی شدند	تعداد نواحی که به اشتباه به عنوان بازیکن بر چسب خورده اند
۷۹	۶۷	۵
	۸۴٪	۶٪

۴- نتیجه گیری

آشکارسازی بازیکنان در تصاویر برداشت شده از نمای دور، اولین گام در جهت بررسی رفتار تیمی و استراتژی بازی است. در این مقاله روشی ارائه گردید که در دو مرحله، آشکارسازی بازیکنان در تصویر صورت میگیرد. در ابتدا با استفاده از ویژگیهای رنگ و موجک روشنایی، ناحیه چمن در تصویر مشخص میشود. سپس با بررسی ویژگیهای مناسب، تصویر بازیکنان به دقت و بطور یکپارچه از تصویر پس زمینه تفکیک داده شوند.

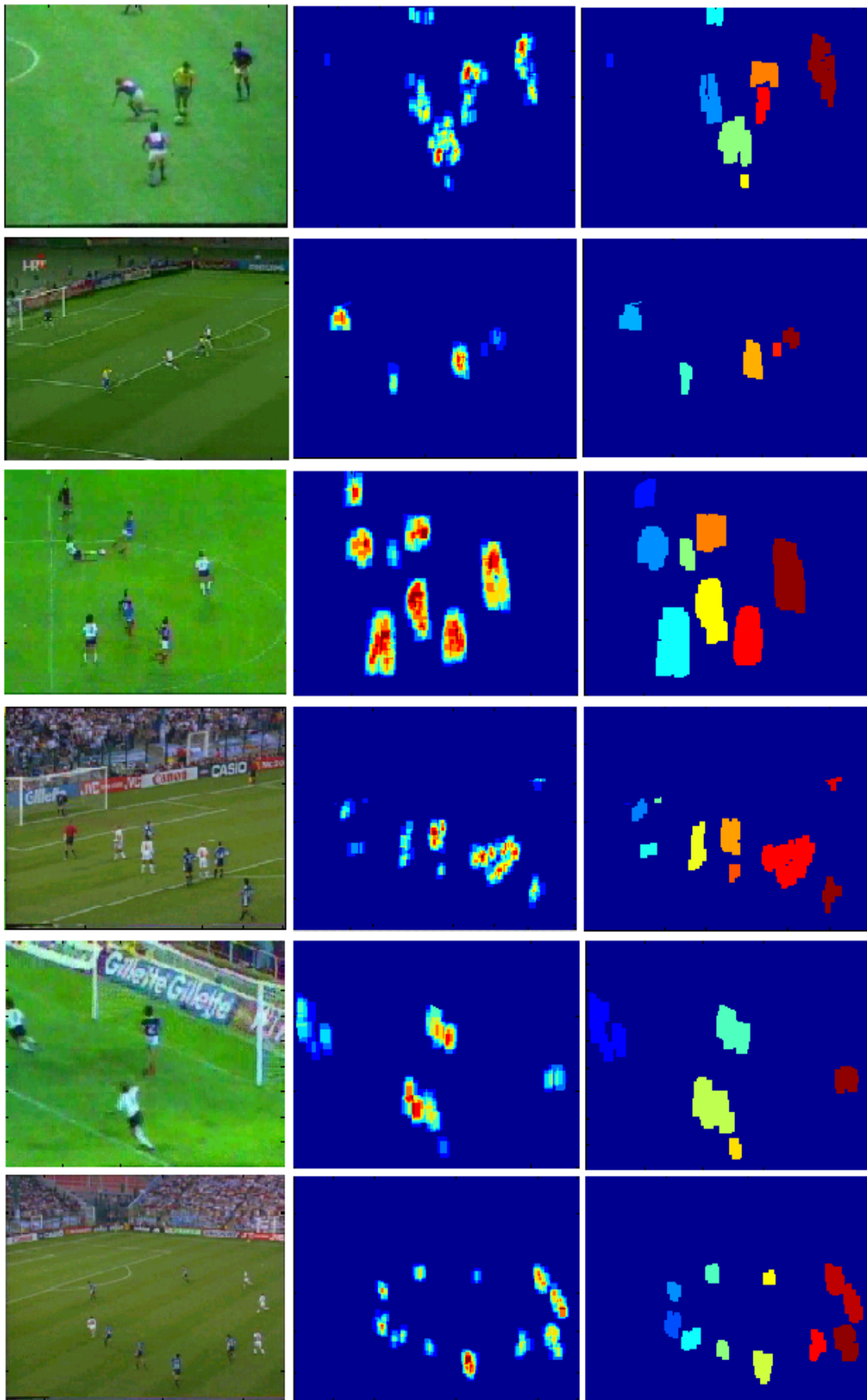
با توجه به حرکات دوربین، کنتراست پایین و در هم آمیخته شدن رنگها بهنگام فشردن سازی و همچنین آزمایشهای انجام گرفته مشخص شد که تکنیکهای عمومی ناحیه بندی همانند آستانه گیری بر روی هیستوگرام، برش گراف، خوشه یابی و یا الگوریتمهای مبتنی بر لبه همانند منحنی پیرامونی و الگوریتم آبگیر کار آیی چندانی در تفکیک دقیق و یکپارچه بازیکنان از تصویر پس زمینه ندارند.

در روش پیشنهادی که آنرا تکنیک بلوکهای همپوشان نام نهادیم، با استفاده از ویژگیهای موجک روشنایی در بلوکهای انتخابی و خوشه یابی ویژگیهای استخراج شده، تصویر پیش زمینه ناحیه بندی شده و تصویر بازیکنان بطور یکپارچه از پس زمینه تفکیک داده میشود. در تکنیک پیشنهادی نیازی به بکارگیری رشته ای از تصاویر نیست و با استفاده از آن میتوان بازیکنان را تنها از روی یک فریم آشکارسازی کرد.

مسلماً با استفاده از ویژگیهای توصیف کننده رنگ بازیکنان و یا بکارگیری اطلاعات بین فریمی میتوان نتایج آشکارسازی را بهبود بخشید.

۵- مراجع

1. Zhou, W., Vellaikal, A. and Kuo, J., Rule-Based Video Classification System for Basketball Video Indexing, Proc. of ACM Int. Conf. on Multimedia, pp.213-216, 2000.
2. Hua, W., Han, M. and Gong, Y., Baseball Scene Classification Using Multimedia Features, Proc. of the IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo., Vol. 1, pp.821-824, 2002.
3. Quintic, The Quintic System, www.quintic.com/the_quintic_system.htm
4. Ohno, Y., Miura, J. and Shirai, Y., Tracking Players and Estimation of the 3D Position of a Ball in Soccer Games, Proc. of Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR'00), pp.145-148, 2000.
5. Lashkia, G. and Ochimachi, N., "A Team Play Analysis Support System for Soccer Games", In Proceedings of 16th Int. Conf. on Vision Interface. 2003.
6. Vandenbroucke, N., Macaire, L. and Postaire, J.G., Color Image Segmentation by Supervised Pixel Classification in a Color Texture Feature Space Application to Soccer Image Segmentation, Proc. of IEEE Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR'00), pp.625-628, 2000.
7. Pers, J. and Kovacic, S., A System for Tracking Players in Sports Games by Computer Vision, Journal of Electrotechnical Review, Vol.67, pp.281-288, 2000.
8. Bebie, T. and Bieri, H., A Video-based 3D-Reconstruction of Soccer Games, Journal of Computer Graphics, Vol.19, 2000.
9. Kangarloo, K. and Kabir, E., Grass-Field Segmentation, the First Step Toward Player Tracking, Deep Compression and Content Based Football Image Retrieval, Int. Conf. on Image Analysis and Recognition (ICIAR'04), LNCS Vol.3211, pp.818-824, 2004.
10. Kangarloo, K. and Kabir, E., Sequential Probabilistic Grass-Field Segmentation of Soccer Video Images, Int. Workshop of Combinational Image Analysis (IWCIA'04), LNCS Vol.3322, pp.639-645, 2004.



شکل (۹): نتیجه اجرای تکنیک پیشنهادی بر روی تعدادی از تصاویر نمونه
 به ترتیب از سمت چپ) تصویر اصلی، تصویر تجمیع شده، نتیجه آستانه گیری