مجله کنترل
ISSN 2008-8345
جلد ۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰، صفحه ۸۶-۷۷

تعیین موقعیت بازیکنان فوتبال و استخراج همزمان مسیر آنها در مدل واقعی زمین با استفاده از روش گراف در تصاویر ویدیویی

مهرتاش منافی فرد[۱]، حمید عبادی[۲]، حمید ابریشمی مقدم[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری، گروه فتوگرامتری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، mehrtash64@yahoo.com

[۲] دانشیار، دانشکدهٔ مهندسی نقشه برداری، گروه فتوگرامتری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، ebadi@kntu.ac.ir

[۳] دانشیار، دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، moghadam@eetd.kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت مقاله ۱۳۹۰/۱/۱۲، تاریخ پذیرش مقاله ۱۳۹۰/۳/۲۷)

چکیده: در تجزیه و تحلیل مسابقات فوتبال، تعیین دقیق موقعیت بازیکنها از موارد کلیدی است که اساس آنالیزهای بعدی نظیر ردیابی بازیکنها قرار می گیرد. استخراج مسیر بازیکنها، اطلاعات مفیدی جهت ارزیابی نقاط قوت و ضعف تیم و بازیکنها و تنظیم استراتژی تیمی کارا به منظور بهبود عملکرد تیم در اختیار سرمربی و متخصصین قرار می دهد. از آنجا که با حرکت دوربین، بیننده فریم های قبلی را از دست می دهد، با مرتبط سازی تصاویر به هم و تعیین مسیر بازیکنها روی موزاییک تصویری ایجاد شده می توان مسیر پیوسته بازیکنها را برای بیننده به تصویر کشید. هدف اصلی این مقاله، انتقال موقعیت بازیکنها به فضای مدل زمین و استخراج همزمان مسیر حرکت تمام بازیکنها در فضای تصویر و مدل زمین است. برای این منظور، موقعیت بازیکنها با دو روش مدل گوسی ترکیبی و آدابوست استخراج شده و بعد از حذف نواحی اضافی نظیر دروازه و خطوط، جداسازی بازیکنهای همپوشان، تعیین تیم بازیکنها و انتقال موقعیتها به سیستم مختصات مشترک، ردیابی در دو فضای تصویر و مدل واقعی زمین انجام می شود. در نهایت، دقت دو روش آدابوست و مدل گوسی ترکیبی در تعیین موقعیت بازیکنها روی ۷۸ فریم از ۶ ویدئوی مختلف و دقت ردیابی ارزیابی و مقایسه می شود.

کلمات کلیدی: تصاویر ویدئویی، ردیابی، مدل گوسی ترکیبی، آدابوست، بازیکنان فوتبال.

Player Localization and Tracking in Field Model Space using Graph Representation in Football Broadcast Videos

Mehrtash Manafifard, Hamid Ebadi, Hamid Abrishami Moghaddam

Abstract: Precise player localization is the key step for improved analysis such as player tracking in soccer broadcast videos. Extracting player trajectories provides some essencial information for coaches and sport experts to determine weaknesses and strengths of the players and the team and to evaluate overall strategy of the game. As far as previous scenes are missed by camera motion, continuous player trajectory could be depicted by trajectory extraction on constructed mosaic. The goal of this paper is to transform player position to the field model and extract all trajectories in both image and model spaces. Therefore, players are detected using Gaussian Mixture Model and Gentle Adaboost. After removing extra regions such as goal post and lines, isolating occluded players, player labeling and transforming player positions to the same coordinate system, player tracking is carried out. Finally, the proposed player detection and tracking methods are applied for 78 frames taken from six soccer sequences.

Keywords: Video images, Track, GMM, Adaboost, Football players.

[Downloaded from joc-isice.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1390.5.1.6.1]

۱- مقدمه

با پیشرفت علم و فناوری و کاربردی شدن علوم در سالهای اخیر، بسیاری از کشورهای پیشرفته سعی در به کارگیری علم در آنالیز حرکات ورزشکاران خود به منظور آموزش اصولی افراد از سنین کم و بهبود عملکرد ورزشکاران حرفه ای در مسابقات مهم دارند. آنالیز ویدئوهای ورزشی از کارآمدترین روشها برای این منظور است. از آنجا که فوتبال از پر طرفدارترین ورزشهای دنیاست و برنامه های تلویزیونی مختلف در سراسر دنیا با حضور مربیان و داوران برای تجزیه و تحلیل وقایع اتفاق افتاده و نقاط ضعف و قوت تیمها و داور برگزار می شود، جستجوی روشهای اتوماتیک و دقیق برای آنالیز وقایع در ویدئوهای مسابقات فوتبال از ابزارهای کارآمد برای متخصصین و طرفداران این ورزش پر طرفدار محسوب می شود.

در سالهای اخیر تجزیه و تحلیل ویدئوهای ورزشی مختلف نظیر شنا، شیرجه، والیبال، گلف و فوتبال مورد توجه محققین قرار گرفته است. در مقاله [19] سه هدف اصلی (خلاصه سازی محتوای ویدئو، اضافه کردن اطلاعات به ویدئوی فوتبال و آنالیزهای سطح بالا) برای تحلیل ویدئوهای فوتبال مطرح شده و مروری به تحقیقات انجام گرفته در زمینه این سه هدف صورت گرفته است. خلاصه سازی، بخشهای مهم ویدئوی فوتبال را استخراج می کند. این مرحله به صورت غیر آنی انجام می گیرد و اغلب نیاز به دقت بالایی ندارد. اما در اضافه کردن اطلاعات (فواصل، خط آفساید وغیره) دقت متوسطی مورد نیاز است و اغلب آشکارسازی بازیکنها، کالیبراسیون دوربین، استخراج خطوط از مراحل مورد نیاز می باشند. به منظور آنالیزهای سطح بالا که ردیابی بازیکنها در این سطح طبقه بندی شده است اطلاعات دقیقتر نظیر اطلاعات تاکتیکی و نقاط قوت و ضعف تیمها وغیره از ویدئو استخراج می شود و نیاز به دقتهای بالا مخصوصا در تعیین موقعیت بازیکنها و توپ است. اغلب تحقیقات صورت گرفته جهت تحلیلهای سطح بالا در زمینه ردیابی بازیکنها و توپ و ایجاد سیستمهای تشخیص آنی وقایع انجام گرفته اند. مقاله [18] به بحث کالیبراسیون دوربین در فریمهای وسط زمین که خطوط کافی و بافت کافی وجود ندارد پرداخته است و با فرض ثابت بودن موقعیت دوربین و با تنها دو نقطه، دوربین را کالیبره کرده است. روش به کاربرده شده برای آشکارسازی زمین در این مقاله نیاز به تعریف یکسری پارامترها دارد. نویسندگان مقاله [20] ردیابی سه بعدی توپ و حل مشکل همپوشانی که از مشکلات رایج در ردیابی توپ است را در تصاویر حاصل از چند دوربین ثابت مطرح کرده اند که این مسئله کاربرد روش را محدود کرده است. به علاوه، مقالات زیادی بحث آشکارسازی بازیکنها و زمین را مطرح کرده اند که اغلب هیستوگرام ها در فضای HSV [23] و یا مدل گوسی ترکیبی [7,16] به کار برده شده است. به طور کلی روش مدل گوسی ترکیبی به دلیل اینکه نیاز به تعریف حدود آستانه خاصی ندارد روش بهتری است. در مقاله [21] از k-means برای آشکارسازی بازیکنها استفاده شده و تاثیر دقت تشخیص پاها در مرحله ردیابی بازیکن مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج ارائه شده توسط نویسندگان مقاله ذکر شده، از دست دادن زانو به پایین خطایی بین ۳-۲ متر و از دست دادن کل پا خطایی بیش از ۵ متر در تعیین موقعیت بازیکن ایجاد کرده است. در این مقاله هم مشابه مقالات دیگر خطا برحسب متر برای موقعیت همه بازیکنها (چه پا از دست برود و چه نرود) ارائه نشده است تا بتوانیم مقایسه ای بین دقت روش به کار برده در این تحقیق که سعی در جبران پاها کرده است با مقالات دیگر داشته باشیم و این مسئله از دیدگاه ما ضعف روشهای موجود در جبران پای بازیکنهاست که منجر به خطاهای زیاد شده است. روشهای قدیمی تر [4] از رنگ لباس بازیکنها یا اطلاعات اندازه و لبه برای آشکارسازی بازیکنها استفاده کرده اند. مسئله ردیابی در ویدئوهای مسابقات فوتبال به دلیل حرکات سریع و ناگهانی بازیکنها و دوربین، کیفیت پایین تصاویر ناشی از نویز و حرکات دوربین که گاه منجر به از دست دادن بازیکن می شود و تعداد زیاد بازیکن ها که در جهات مختلف در حرکتند و در بسیاری موارد با هم همپوشانی دارند با دشواری های خاص خود روبروست. در تحقیقات قبلی روش های مختلفی به منظور ردیابی بازیکنها در ویدئوهای ورزشی مختلف به کار برده شده اند. در مقالات [1-4]، از روش تناظریابی قالب ها[1] برای ردیابی بازیکنها استفاده شده است. بعضی محققین از فیلتر کالمن به همراه مشخصه های کلیدی نظیر ویژگی های ظاهری یا نمایش گرافی برای ردیابی استفاده کرده اند [5,6]. در ویدئوی فوتبال به دلیل حرکات غیر خطی و تغییر مسیر ناگهانی بازیکنها، فیلتر کالمن به تنهایی جوابگوی مسئله ردیابی نبوده و از فیلتر کالمن اغلب برای ردیابی توپ استفاده شده است. در مواردی روشهایی نظیر MHT[2] [7]، Mean-shift [8] و TSV[3] [9] استفاده شده اند. MHT در ردیابی چند شیء (ورزشکاران، افراد پیاده و غیره) که تعداد و محل اهداف در طول زمان متغیر است و برای مواقعی که مدل حرکتی شیء غیر قابل پیش بینی است طراحی شده است. برای این منظور مسیرهای محتمل مختلف به صورت درختی در نظر گرفته شده و محتمل ترین مسیر انتخاب گردیده است. اما در روش Mean-shift بر اساس هیستوگرام رنگ شیء در فریم قبل یک تصویر بر اساس احتمال تعلق پیکسل به شیء ایجاد و پیک (محتملترین موقعیت شیء) جستجو می شود. این روش با تکرار و بر اساس معیار تشابه عمل می کند و در صورتی که رنگ شیء تغییر نکند روشی مقاوم است. روش فیلتر ذره ای[4] نیز از روشهای متداول ردیابی است و توسط محققین مختلف در ترکیب با روشهای دیگر به کار رفته است [10-13]. اخیرا در تحقیق دیگری [14] از روش متروپولیس هستینگ[5] به همراه روش تبرید تدریجی[6] برای ردیابی بازیکنهای فوتبال استفاده شده است که این روش

[1] Template matching
[2] Multiple hypothesis tracking
[3] Tempotal spatio velocity
[4] Particle Filter
[5] Metropolis Hasting(MH)
[6] Simulated Annealing

[Downloaded from joc-isice.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1390.5.1.6.1]

با پیچیدگیهای محاسباتی و تعریف توابع توزیع پیشنهادی در الگوریتم متروپولیس هستینگ روبروست. روش گراف نیز از روشهای ردیابی بازیکنهاست که برای ردیابی بازیکن و توپ مورد استفاده قرار می گیرد. این روش در بخش پنجم تشریح خواهد شد. در تحقیق [5] در شرایط دوربین ثابت و در مقاله [15] در شرایط تصویر برداری با چند دوربین این روش به کار برده شده است. روش گرافی نیز اغلب به صورت ترکیبی با روش های دیگر به کار برده می شود.

مطالعات نویسندگان این مقاله در تحقیقات قبلی نشان می دهد که اغلب مقالات ردیابی بازیکنهای فوتبال را در فضای تصویر انجام داده اند و کمتر به مشکل همپوشانی بین بازیکنها در تصویر برداری با تک دوربین متحرک که از مشکلات رایج در مسابقات فوتبال است توجه جدی شده است. آنالیز ویدئوهای اخذ شده از تک دوربین متحرک با مشکل حل همپوشانی ها و تاری تصویر روبروست و از آنجا که استفاده از چند دوربین همزمان سازی شده همیشه مقدور نبوده است و بسیاری تصاویر موجود از تک دوربین (دوربینی که جریان اصلی بازی را دنبال می کند) اخذ شده اند، اهمیت ضرورت تحقیق برای استخراج اطلاعات از این تصاویر اجتناب ناپذیر است. مقالات [15,9,2,1] از معدود مقالاتی هستند که ردیابی را در فضای مدل انجام داده اند که مقاله [15] ردیابی را با چند دوربین و مقالات [9,2,1] ردیابی را با تک دوربین مطرح کرده اند. تمام مقالات مطالعه شده نظیر [15,10,5,2,1] در تعیین موقعیت دقیق بازیکنهای همپوشان در فضای مدل که محل بازیکنها برخلاف فضای تصویر برهم منطبق نیست با مشکل مواجه می شوند. در مقاله [2] مراحل پیاده سازی شده در این مقاله (آشکارسازی زمین، آشکارسازی بازیکنها، تعیین تیم، حل مسئله همپوشانی و ردیابی) به روشهای کاملا متفاوتی پیاده سازی شده اند. روش آشکارسازی زمین در مقاله ذکر شده نیاز به تعیین یکسری پارامترها دارد و وقتی بازیکن آشکارسازی نشده است این مرحله با پارامترهای متفاوت انجام گرفته است. همچنین در مقاله [2] موقعیت تمام بازیکنهای همپوشان یکسان در نظر گرفته شده اند. در نظر گرفتن موقعیت یکسان برای بازیکنهای همپوشان با توجه به وجود همپوشانیهای متعدد در یک فریم که گاه بین چند بازیکن اتفاق می افتد، منجر به خطای موقعیت در حد چندین متر در فضای زمین می شود (دقت تعیین موقعیت بازیکنها در مقاله [2] همانند اکثر مقالات برحسب متر بررسی نشده است). از آنجا که جداسازی بازیکنهای همپوشان در آنالیزهای بعدی می تواند بسیار مهم و کارا باشد، در روش پیشنهادی در مقاله ما به جداسازی بازیکنهای همپوشان توجه جدی شده است و این نکته، امتیاز برجسته ای برای این تحقیق محسوب می شود. مقایسه نتایج آشکارسازی در روش پیشنهادی با نتایج [2] و [14] در بخش ارزیابی نتایج آورده شده است.

در این مقاله محل پای بازیکن در فضای تصویر و مدل تخمین زده شده است و هدف اصلی ردیابی بازیکنها در سیستم مختصات تصویر و مدل است تا تصویر فیزیکی واقعی تری برای بیننده ایجاد شود و اندازه گیری ها بتوانند در محیط واقعی انجام شوند. اختلاف مدل مذکور با زمین واقعی تنها در یک عنصر مقیاس است که با ضرب فواصل روی مدل در مقیاس، فاصله واقعی روی زمین به دست می آید. همچنین به منظور افزایش دقت تعیین موقعیت بازیکن، دو روش مدل گوسی ترکیبی[1] و آدابوست[2] پیاده سازی و مقایسه شده اند. در مواردی که بازیکن از دست رفته است از درونیابی برای مشخص کردن محل بازیکن از دست رفته استفاده شده است. به علاوه، اکثر تشخیص های غلط طی مرحله ردیابی حذف شده اند و مواردی که الگوریتم قادر به تشخیص برچسب بازیکن نبوده است با تعریف همسایگی ها بازیکنها برچسب دهی شده اند. همچنین یکی از نکات متمایز روش پیشنهادی حل مشکل همپوشانی بازیکنها قبل از ردیابی با گراف است که منجر به محدود کردن همسایگی ها و ردیابی دقیقتر شده است. روش پیشنهادی برای حل مشکل همپوشانی روی تعداد زیاد بازیکنهای همپوشان آزمایش شده و قادر است تقریبا همه همپوشانی ها را تشخیص دهد، از هم تفکیک کند و دو مرحله تعیین تیم بازیکنها و برچسب دهی را همزمان انجام دهد. این کار در مقالات دیگر یا در دو مرحله جدا انجام شده است [14,9,8,5] یا با توجه به روش مورد استفاده نظیر تطبیق قالبها [4,2] مرحله برچسب دهی حذف شده است. همچنین در تحقیقات قبلی، الگوریتمهای آشکارسازی بازیکنها با معیارهایی که توانایی آشکارسازی بازیکنها را بررسی می کنند ارزیابی شده اند و توجهی به دقت تعیین موقعیت و قدرت آشکارسازی پای بازیکن توسط الگوریتم که در بسیاری فریمها ممکن است آشکارسازی نشود نشده است [۱۵،۱۴،۱۰،۹۸،۴،۲]. ولی در اینجا دقت تعیین موقعیت برحسب متر در سیستم واقعی برای دو روش پیشنهادی ارزیابی شده است. علاوه بر این، روش آدابوست که اغلب برای آشکارسازی صورت به کار برده شده برای تعیین موقعیت بازیکنها در فریمهای ویدئویی آزمایش شده است.

در ادامه و در بخش بعدی مقاله به آشکارسازی بازیکنها با دو روش آدابوست و مدل گوسی ترکیبی پرداخته شده است. در بخش سوم این مقاله ایجاد موزاییک تصویری و مرتبط سازی تصاویر به مدل توضیح داده شده است. در بخش چهارم برچسب دهی و حل مشکل همپوشانی بازیکنها مطرح شده است. در بخش پنجم پیاده سازی ردیابی بازیکنها به روش گراف شرح داده شده است. در بخش ششم نتایج ارزیابی شده اند و در پایان نتایج و پیشنهادات مطرح شده اند.

۲- آشکارسازی بازیکنان در تصاویر ویدئویی

در اینجا بازیکنها از پس زمینه به دو روش مدل گوسی ترکیبی و آدابوست تفکیک شده اند و روشی که بازیکنها را با دقت بیشتر تعیین موقعیت کند در قسمت های بعد برای ردیابی بازیکنها استفاده شده است.

[1] Gaussian mixture model(GMM)
[2] Gentle Adaboost

[Downloaded from joc-isice.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1390.5.1.6.1]

۲-۱ آشکارسازی بازیکنان با استفاده از روش طبقه بندی آدابوست و ساختار آبشاری[1]

روشهای آدابوست و ساختار آبشاری به منظور آشکارسازی صورت در تصاویر پیشنهاد شدند [17] و نتایج قابل قبولی در مقالات مختلف برای آشکارسازی صورت با این روش ارائه شده اند. در اینجا این روش روی فریمهای ویدئوی فوتبال برای آشکارسازی بازیکنها به کار برده می شود. ایراد آدابوست وقت گیر بودن فرآیند آموزش الگوریتم و نیاز به تعداد نمونه های آموزشی زیاد است. همچنین آدابوست در آموزش دیدن کند است ولی در آشکارسازی سریع عمل می کند و کارایی آن به نمونه های آموزشی و طبقه بندی کننده های ضعیف[2] بستگی دارد. طبقه بندی کننده های ضعیف مختلف با انتخاب ویژگیهای هار مختلف با حدود آستانه و سایز های مختلف تعریف می شوند. با این روش تعداد زیاد طبقه بندی کننده ضعیف قابل تعریفند. در هر تکرار، خطا به ازای طبقه بندی کننده های ضعیف محاسبه می شود و طبقه بندی کننده ضعیفی که کمترین خطا را دارد انتخاب می گردد. اختلاف قسمت سیاه و سفید ویژگیهای هار با f_j در الگوریتم شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که در الگوریتم شکل ۱ مشاهده می شود، اساس روش آدابوست این است که در هر دور نمونه ها مجدد وزندهی شوند و نمونه هایی که در دور قبل توسط طبقه بندی کننده ضعیف انتخابی درست تشخیص داده شده بودند وزن کمتر و نمونه هایی که اشتباه تشخیص داده شده بودند وزن بیشتر بگیرند. علاوه بر اینها ساختار آبشاری به منظور کم کردن حجم و زمان محاسبات و آشکارسازی های نادرست پیشنهاد شد که هر مرحله آن شامل تعدادی از طبقه بندی کننده های ضعیفی است که با آدابوست آموزش می بینند. در هر مرحله از ساختار آبشاری نمونه هایی که منفی تشخیص داده شدند حذف و نمونه هایی که مثبت تشخیص داده شدند به مرحله بعدی فرستاده می شوند. نمونه هایی که از تمام مراحل ساختار آبشاری بگذرند به عنوان شیء مورد نظر طبقه بندی می شوند. در نهایت طبقه بندی کننده آموزش دیده کل تصویر ورودی را اسکن می کند تا بازیکنها را آشکار کند.

به منظور افزایش دقت و کاهش تعداد نمونه های آموزشی مورد نیاز ابتدا زمین بازی در فضای رنگ YCbCr و با تشخیص پوش محدب[3] زمین از تماشاگرها جدا شده است. سپس بازیکنها با آدابوست و ساختار آبشاری آشکارسازی شده اند. در نهایت عملیات مورفولوژی برای اتصال نواحی بازیکن که از هم جدا تشخیص داده شده اند استفاده شده است. در شکل ۱ الگوریتم مورد استفاده و در شکل ۲ ویژگیهای هار مورد استفاده و در اشکال ۳ تا ۶ نتایج حاصل از اعمال طبقه بندی کننده روی یکی از فریم های ورودی نشان داده شده است.

۱- جمع آوری نمونه های آموزشی مثبت و منفی x_i و برچسب دهی به آنها y_i

$$(x_1,y_1),....,(x_m,y_m)$$
$$x_i \in X, y_i \in Y = \{-1,1\}$$

۲- وزندهی اولیه به نمونه های جمع آوری شده

$$D_1(i) = \frac{1}{m}, i = 1,...,m$$

که m تعداد نمونه هاست.

۳- به ازای $t = 1:T$

الف) برای هر ویژگی j (ویژگی هار)[4] یک طبقه بندی کننده h_j مشخص می شود. سپس طبقه بندی کننده ضعیف (h_t) که خطا را با توجه به وزن نمونه ها مینیمم کند انتخاب می گردد.

$$h_j(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } P_j f_j(x) < P_j \theta_j \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

$$\varepsilon_j = \sum_{i=1}^{m} D_t(i)[y_i \neq h_j(x_i)]$$

$$h_t = \arg\min_{h_j \in H} \varepsilon_j$$

$$h_t : X \to \{-1,+1\}$$

p_j مشخص کننده جهت نامساوی، θ_j حد آستانه برای ویژگی کاندید و $f_j(x)$ مقدار ویژگی در پنجره مورد نظر هستند.

ب) اگر خطا از 0.5 کمتر بود وزنها را به روز می کنیم:

$$\alpha_t = \frac{1}{2}\ln\frac{1-\epsilon_t}{\epsilon_t}$$

$$D_{t+1}(i) = \frac{D_t(i)e^{-\alpha_t y_i h_t(x_i)}}{Z_t}$$

Z_t ضریب نرمالیزاسیون است.

۴- طبقه بندی کننده نهایی

$$H(x) = sign(\sum_{t=1}^{T} \alpha_t h_t(x))$$

شکل۱: الگوریتم آدابوست [17]

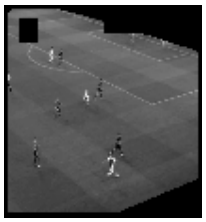


شکل۲: ویژگیهای هار مورد استفاده برای تشخیص بازیکنها پیشنهاد شده توسط Viola

[1] Cascade of classifiers
[2] Weak classifier
[3] Convex hull
[4] Haar feature

[Downloaded from joc-isice.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1390.5.1.6.1]


شکل ۳: تصویر اولیه


شکل ۴: حذف پس زمینه و آرمها


شکل ۵: جدا کردن بازیکنها با آدابوست


شکل ۶: بازیکنها (رنگها و شماره ها برای نمایش بهتر نواحی مربوط به بازیکنهای مختلف استفاده شده اند)

۲-۲ آشکارسازی بازیکنها با استفاده از روش مدل گوسی ترکیبی

در این قسمت از روش EM[1] به همراه مدل گوسی ترکیبی برای خوشه بندی مشاهدات استفاده شده است[16]. در این روش فرض بر این است که مشاهدات متعلق به یک تابع پخش متشکل از ترکیب توابع گوسی با پارامترهای مختلف هستند و احتمال تعلق پیکسل x به چمن به صورت ترکیب K تابع گوسی مدل شده است(معادله ۱).

$$p_k(\underline{x}\mid\theta_k)=\frac{1}{2\pi^{\frac{d}{2}}\left|\sum_k^{\frac{1}{2}}\right|}e^{-\frac{1}{2}(\underline{x}-\mu_k)^t\sum_k^{-1}(\underline{x}-\mu_k)}$$

$$p(\underline{x}\mid\theta)=\sum_{k=1}^{K}\alpha_k\,p_k(\underline{x}\mid\theta_k) \qquad (۱)$$

$$\theta=\{\alpha_1,.....,\alpha_k,\theta_1,.....,\theta_k\}$$

$$\theta_k=\{\mu_k,\Sigma_k\}$$

که هر تابع گوسی p_k با میانگین μ_k و کواریانس $\sum_k$، بردار ویژگیهای پیکسل x با $\underline{x}$ و وزن هر کدام از توابع گوسی با α_k نشان داده شده اند که مجموع وزنها یک است. هر گوسی میانگین و ماتریس کواریانس مربوط به خود را دارد که باید تخمین زده شود. بنابراین از روش EM برای تخمین پارامترهای مدل گوسی ترکیبی (میانگین، کواریانس و وزنها) استفاده می شود. در EM عضویت هر پیکسل به هر خوشه با احتمال موخر[2] تعریف می گردد و به تعداد کلاس ها احتمال موخر داریم. به عبارت دیگر هر کلاس با میانگین و کواریانس و تابع احتمال[3] هر کلاس به صورت تابع گوسی تعریف می شود. در مرحله E احتمالات موخر مربوط به تعلق هر پیکسل به هر کلاس محاسبه و در مرحله M میانگین و کواریانس کلاسها با توجه به احتمالات موخر به روز می شوند. این روند تکرار و به این ترتیب تابع درستنمایی بیشینه می گردد. بعد از اتمام تکرار ها هر پیکسل به کلاسی که بیشترین احتمال موخر را دارد منتسب می شود. الگوریتم با مقادیر اولیه $(\mu_k^0\ ,\ \Sigma_k^0\ ,\ \alpha_k^0)$ شروع شده است که این مقادیر اولیه با روش k-means به دست آمده اند. الگوریتم EM شامل مراحل زیر است:

مرحله E: در این مرحله وزن عضویت داده x(i) به خوشه k ام با داشتن پارامترها محاسبه شده است:

$$w_{ik}=p(C=k\mid x(i),\theta)=\frac{p_k(x(i)\mid\theta_k)\alpha_k}{\sum_{m=1}^{k}p_m(x(i)\mid\theta_m)\alpha_m} \qquad (۲)$$

مرحله M: در این مرحله با داشتن $(\mu_k^t,\ \Sigma_k^t,\ \alpha_k^t)$ پارامترها برای تکرار t+1 به صورت زیر به روز شده اند:

$$\alpha_k^{new}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}w_{ik}$$

$$\mu_k^{new}=\frac{1}{\sum_{i=1}^{N}w_{ik}}\sum_{i=1}^{N}w_{ik}.x(i) \qquad (3)$$

$$\Sigma_k^{new}=\frac{1}{\sum_{i=1}^{N}w_{ik}}\sum_{i=1}^{N}w_{ik}.(x(i)-\mu_k^{new})(x(i)-\mu_k^{new})^t$$

اگر میزان تغییر احتمال تعلق پیکسلها به خوشه ها از یک حد آستانه کوچکتر بود الگوریتم متوقف می شود و در غیر این صورت به مرحله E بر می گردد.

در شکل زیر با استفاده از عملیات مورفولوژی روی نتایج و تشخیص پوسته محدب زمین، نواحی پس زمینه حذف شده اند. نتایج حاصل از پیاده سازی روش ذکر شده در شکلهای ۷ و ۸ نشان داده شده است.


شکل۷: جدا کردن بازیکنها با مدل گوسی ترکیبی


شکل ۸: بازیکنها

[1] Expectation Maximization(EM)
[2] Posterior probability
[3] Likelihood function

[Downloaded from joc-isice.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1390.5.1.6.1]

۳- ایجاد موزاییک تصویری و مرتبط‌سازی تصاویر با مدل

در این مرحله برای مرتبط سازی تصاویر به مدل و ایجاد موزاییک تصویری از انتقال افکنشی دو بعدی استفاده شده است. مختصات نقاط کنترل مشترک در فضای تصویر و مدل به عنوان ورودی معرفی شده اند و ماتریسهای انتقال بین تصاویر با یکدیگر و تصاویر با مدل به عنوان خروجی تعریف شده اند. در رابطه ۴ مختصات نقاط در فضای تصویر با x,y و مختصات نقاط روی مدل با X,Y نشان داده شده است و پارامترهای a,b,c با ۴ نقطه مشترک برای ایجاد ارتباط بین دو فضا تعیین شدند. همچنین انتقال را می توان بین تصاویر انجام داد. به علاوه، موزاییک ایجاد شده حاصل از مرتبط سازی تصاویر به یکدیگر در مرحله ردیابی بازیکنها استفاده می شود. در شکلهای ۹ و ۱۰ نتایج مرتبط سازی تصاویر و مدل نشان داده شده است. همچنین بعد از برقراری ارتباط بین فضای تصویر و مدل، خطوط و دروازه می توانند با یکسری نقاط کلیدی روی مدل مشخص شوند و به فضای تصویر انتقال یابند. در این مرحله به منظور تفکیک بازیکنها، پیکسلهای مربوط به این نواحی با توجه به ویژگی های خاص ایندو نظیر رنگ و ضخامت شناسایی و حذف شدند.

$$X = \frac{a_0 x + a_1 y + a_2}{c_0 x + c_1 y + 1}$$
$$Y = \frac{b_0 x + b_1 y + b_2}{c_0 x + c_1 y + 1} \quad (4)$$



شکل ۹: مرتبط سازی تصویر و مدل



شکل ۱۰: مرتبط سازی دو فریم تصویری

٤- حل همزمان برچسب‌دهی و جداسازی بازیکنان همپوشان

در این بخش، جداسازی و تعیین موقعیت بازیکنهایی که با هم همپوشانی دارند به عنوان سخت ترین مرحله در تعیین موقعیت بازیکن ها مورد توجه قرار گرفته است. در روش پیشنهادی از اطلاعات رنگ لباس بازیکن ها برای جدا کردن و برچسب دهی تمام بازیکن ها استفاده شده است. لذا شناسایی فضاهای رنگ و حدود آستانه مناسب برای عناصر این فضاها که رنگ لباس بازیکن ها را از هم متمایز کند در دقت این مرحله بسیار تاثیرگذار است. از آنجا که رنگ های متمایزی برای لباس بسیاری تیمها به کار برده شده است مثلا لباس تیم برزیل یا هلند یا تیم ملی ایران، اگر یک بار فضای رنگ مناسب و حدود آستانه مناسب شناسایی شود قابل استفاده برای تمامی بازی های این تیم ها خواهد بود. پس از آن، نواحی همپوشان بر اساس رنگهای لباس تیم های مختلف موجود در ناحیه مشخص شده و اندازه مستطیل در برگیرنده بازیکن[1] شناسایی شده اند. این مستطیلها در شکل ۱۶ نشان داده شده است. اگر ناحیه به عنوان ناحیه همپوشان مشخص نشده باشد، بر اساس رنگ موجود در مستطیل بازیکن برچسب داده شده است و در غیر این صورت دو بازیکن غیر هم تیمی بر اساس رنگ لباس و اندازه نزدیکترین مستطیل همسایه تفکیک شده اند. در صورتی که دو بازیکن هم تیمی پوشش داشته باشند تنها معیار جداسازی آنها اندازه مستطیل های همسایه است. به علاوه، در این روش دقت آشکارسازی بازیکن در مواقعی که پاهای بازیکن از دست رفته یا نواحی اضافی در مستطیل بازیکن قرار گرفته اند، با بررسی مستطیل هایی که اندازه بزرگتر یا کوچکتر از حد معمول نسبت به مستطیل های دیگر یا مستطیل های همسایه دارند و اصلاح اندازه آنها به کمک رنگ، افزایش داده شده است.

٥- ردیابی بازیکنان به روش گراف

به منظور ردیابی بازیکنها، بعد از انتقال موقعیتهای به دست آمده بازیکنها به روش مدل گوسی ترکیبی به یک سیستم مختصات (تصویر اول یا مدل)، مراحل زیر انجام می گیرد:

الف) تعریف همسایگی: همسایگی بین نقاط با شروط زیر تعریف می شود:

- دو بازیکن با فاصله کمتر از حد مجاز (ماکسیمم سرعت مجاز × اختلاف زمانی فریم دو بازیکن) و اختلاف زمانی معادل اختلاف زمانی بین دو فریم متوالی به عنوان همسایه تعریف شده اند. برای تعریف دقیقتر همسایگی از آنجا که حرکت بازیکن در جهت افقی و رو به دروازه بسیار سریعتر از حرکت بازیکن در جهت قائم یعنی در امتداد عرض زمین است، سرعت مجاز در جهت افقی و قائم به طور جداگانه

[1] Bounding box

[Downloaded from joc-isice.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1390.5.1.6.1]

تعریف می شود. با این کار بسیاری همسایگی های غلط حذف می گردند.

- بعد از انتقال نقاط به سیستم مختصات مدل، فاصله دو نقطه همسایه روی مدل باید کمتر از حداکثر فاصله مجاز در فضای مدل باشد. از آنجا که بعضی بازیکنهای هم تیمی که نزدیک هم هستند در یکی از دو فضا همسایه اند و در فضای دیگر همسایه نیستند، از هر دو فضای تصویر و مدل برای تعریف دقیق تر همسایگی و کاهش تشخیص های غلط استفاده می کنیم. بنابراین نقاطی که جابجایی آنها در هر دو فضا در حد مجاز تعریف شده برای آن فضا بود با هم همسایه اند.
- دو بازیکن برچسب یکسان گرفته باشند (برچسبها: داور، تیم یک، تیم دو، دروازه بان).
- در نمایش گرافی، بازیکن در فریم قبل والد بازیکن و بازیکن در فریم بعد بچه بازیکن در فریم حاضر نامیده می شود. به منظور حذف همسایگی بازیکن با تشخیص های اشتباه، اگر بازیکنی بیش از یک والد (بچه) داشت که یکی از آنها برچسب مشخصی در مرحله برچسب دهی نگرفته بود، همسایگی بازیکن با بازیکن بدون برچسب حذف می شود.
- اگر ناحیه بیش از یک بچه (والد) دارد که یکی از بچه ها (والدها) یک والد (بچه) و بقیه بیش از یک والد (بچه) دارند، همسایگی بین ناحیه و نواحی دارای بیش از یک والد (بچه) حذف می شود. با این کار یکسری همسایگی های غلط حذف می گردند.
- اگر بازیکن هیچ همسایه ای نداشت، از لیست کاندیدهای ردیابی حذف می شود.

تعریف همسایگی ها به هدایت ردیابی مخصوصا وقتی دو بازیکن نزدیک هم در حرکتند و تعداد انتخابها زیاد است کمک کرده است.

گاه اتفاق می افتد که به دلایلی نظیر تاری بازیکن در چند فریم یا ریز بودن بازیکن به دلیل دوری از دوربین و کیفیت بد تصویر یا همپوشانی های حل نشده، بازیکن آشکارسازی نشده است. همانطور که در تصویر چپ شکل ۱۱ نشان داده شده است بازیکن در دو فریم به دلیل حرکت دوربین و تاری از دست رفته است. اگر شرایط زیر برقرار باشد مسیر بازیکن به دلیل از دست رفتن بازیکن به دو قسمت تقسیم شده است که در این گونه مواقع، درونیابی خطی برای تعیین موقعیت بازیکن های از دست رفته بین دو مسیر به کار برده می شود.

۱- برچسب دو مسیر یکسان باشد.

۲- زمان فریم های تشکیل دهنده دو مسیر کاملا با هم متفاوت باشند.

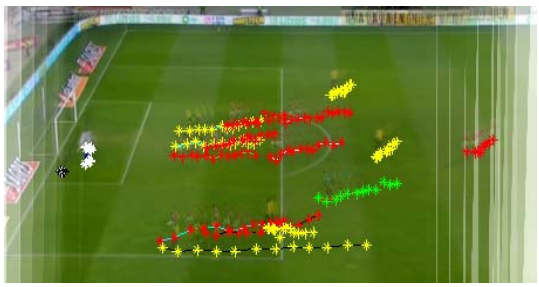
۳- فاصله بین آخر یک مسیر و عنصر اول مسیر دیگر از (ماکسیمم سرعت مجاز × اختلاف زمانی دو نقطه) کوچکتر و اختلاف زمانی دو نقطه از یک بزرگتر باشد.

۴- تعداد فریم هایی که بازیکن آشکارسازی نشده است از ۵ کمتر باشد.

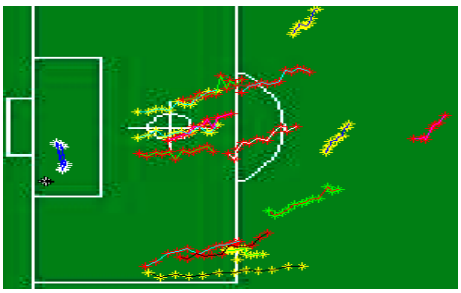


شکل ۱۱: درونیابی برای تعیین موقعیت بازیکن از دست رفته بین دو مسیر روی موزاییک ایجاد شده

ب) ردیابی بر اساس مینیمم فاصله: در اینجا از نمایش گراف برای ردیابی بازیکنها در فریمهای ویدئو استفاده شده است. پس از تعریف همسایگی به طریق ذکر شده، از بازیکن واقع در فریمی که کمترین زمان را دارد، ایجاد مسیر بازیکن مذکور شروع شده است و نزدیکترین بچه بازیکن به عنوان نقطه بعدی مسیر انتخاب می شود. به همین ترتیب مسیر بازیکن ادامه داده شده است تا بچه ای برای ادامه مسیر بازیکن یافت نشود. این کار ادامه داده می شود تا تمام مسیرهای ممکن ایجاد شوند. بعد از ایجاد تمام مسیر های ممکن مسیری که هیچ کدام از بازیکنهای آن برچسب ندارند به عنوان تشخیص های اشتباه متوالی حذف می شود. در شکل ۱۲ مسیر بازیکنها در سیستم مختصات تصویری و در شکل ۱۳ در سیستم مختصات مدل نشان داده شده اند. داور با نقاط سبز، دروازه بان با نقاط سفید، تیم ۱ با نقاط قرمز و تیم ۲ با نقاط زرد نشان داده شده اند. نقاط سیاه نقاطی هستند که برچسب معین نگرفتند و به عنوان تشخیص های اشتباه حذف می گردند. شکستگی های ناگهانی ایجاد شده در مسیر بازیکنها ناشی از خطای تعیین موقعیت بازیکن است که اغلب از دست رفتن پای بازیکن منجر به این خطا شده است. خالی بودن ناحیه جلوی دروازه بان از چمن و پیوستن این ناحیه به پاهای دروازه بان علت خطای زیادی است که در مسیر دروازه بان مشاهده می شود.



شکل ۱۲: ردیابی در فضای تصویر



شکل ۱۳: ردیابی در فضای مدل

[Downloaded from joc-isice.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1390.5.1.6.1]

٦- ارزیابی نتایج

به منظور آشکارسازی بازیکنها به روش آدابوست، ۷۰۳ نمونه مثبت و ۷۱۲ نمونه منفی جمع آوری شد که از این تعداد دو سوم برای آموزش و یک سوم برای ارزیابی استفاده شدند. ساختار آبشاری شامل سه مرحله است که در مرحله اول ۶۴۷، در مرحله دوم ۲۶ و در مرحله سوم ۵ نمونه منفی تشخیص داده و حذف شدند. کارایی روش آدابوست را می توان با آموزش بهتر الگوریتم افزایش داد. در روش توسعه داده شده در این تحقیق اکثرا آشکارسازی خطوط و بازیکنها در آدابوست با مشکل مواجه است و خطوط به عنوان بازیکن تشخیص داده می شوند که منجر به تشخیص های اشتباه زیاد شده است. در مرحله آموزش ۹.۱٪ از نمونه های منفی مثبت تشخیص داده شدند. این روش به دلیل سختی آموزش آن پیشنهاد نمی شود. در آشکارسازی بازیکنها به روش مدل گوسی ترکیبی چند تکه شدن بازیکن کمتر دیده می شود و پیوستگی بیشتر پاها به بدن نسبت به روش آدابوست قابل مشاهده است. این روش برای آشکارسازی بازیکنها مناسب تر، دقیقتر و راحتتر به نظر می رسد. تشخیص های غلط شامل تکه های خطوط باقیمانده در تصویر و نویزهاست که در مقایسه با آدابوست بسیار کمتر است و با آشکارسازی خطوط و حذف نواحی کوچک حذف می شوند. مزیتی که در این تحقیق روش آدابوست به مدل گوسی ترکیبی دارد این است که ویژگیهای موجک هار در آدابوست استفاده می شود که به رنگ سبز حساس نیست ولی عناصر رنگ در مدل گوسی ترکیبی استفاده می شود که به رنگ لباس سبز که همرنگ چمن است حساس است. در ۷۸ فریم، ۸۱ مورد همپوشانی کلی مشاهده شد که روش ذکر شده تقریبا تمامی موارد را به درستی آشکار نمود. نتایج حاصل از تشخیص و حل مشکل همپوشانی بازیکنها با استفاده از دو روش فوق روی فریمهای ویدئوهای مختلف در شکل ۱۴ نشان داده شده است:



شکل ۱۴: مستطیلهای نشان دهنده بازیکنها بعد از مرحله آشکارسازی با دو روش آدابوست (ستون راست) و مدل گوسی ترکیبی(ستون چپ) و جداسازی بازیکنهای همپوشان و جداسازی بازیکنهای همپوشان

میانگین دقت دو روش روی ۷۸ فریم از ۶ ویدئوی مختلف در جدول ۱ آورده شده است. خطاها نسبت به نقطه وسط دو پای بازیکن سنجیده شده اند و از آنجا که تمام فضای بین دو پا که هنگام دویدن این فاصله از ۱ متر هم بیشتر است می تواند به عنوان موقعیت بازیکن در نظر گرفته شود، نتایج حاصل از پیاده سازی روشها با توجه به خطاهای ذکر شده در جدول ۱ قابل اعتماد هستند. معیار های ارزیابی دقت تعیین موقعیت بازیکن به صورت زیر تعریف شده اند که تعداد کل بازیکنها در فریمهای ویدئو های مختلف با N و اختلاف مقدار محاسباتی موقعیت بازیکن با مقدار داده کنترلی با ΔX و ΔY نشان داده شده است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2)}$$

$$RMSEX = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(\Delta X_i^2)} \qquad (۵)$$

$$RMSEY = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(\Delta Y_i^2)}$$

جدول ۱: خطای تعیین موقعیت بازیکن

خطا	RMSEX		RMSEY		RMSE	
روش	مدل گوسی ترکیبی	آدابوست	مدل گوسی ترکیبی	آدابوست	مدل گوسی ترکیبی	آدابوست
میانگین(متر)	0.37	0.46	0.65	0.74	۰.۷۵	۰.۸۷

از دو معیار فراخوان[1] و دقت[2] برای ارزیابی کارایی روشهای آشکارسازی بازیکنها استفاده شده است. برای یک طبقه بندی کننده خوب باید هر دو معیار بالا باشند.

$$recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$precision = \frac{TP}{TP + FP} \qquad (۶)$$

جدول۲: تعریف پارامترها

	نمونه منفی	نمونه مثبت
نمونه مثبت تشخیص داده شده	FP	TP
نمونه منفی تشخیص داده شده	TN	FN

در جدول زیر مقایسه ای بین نتایج به دست آمده در آشکارسازی بازیکنها در این مقاله و مقالات [2,14] نشان داده شده است.

[1] Recall
[2] Precision

[Downloaded from joc-isice.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1390.5.1.6.1]

جدول۳: ارزیابی کارایی روش های آشکارسازی بازیکن و مقایسه کارایی روشهای پیشنهادی و روش مراجع [2,14]

معیار	دقت				
روش	مقاله [14]		مقاله [2]	مدل گوسی ترکیبی	آدابوست
میانگین(%)	88.65	92.38	۸۹.۷۹	۹۴	۸۸

معیار	فراخوان				
روش	مقاله [14]		مقاله [2]	مدل گوسی ترکیبی	آدابوست
میانگین(%)	۹۲.۱۹	۸۸.۸۲	۸۶.۹۷	۹۸	۹۹

خطای تعیین موقعیت یا خطای برچسب دهی بازیکنها در مراحل قبلی منجر به خطاهای تعیین مسیر بازیکنها شده است. مثلا بازیکن به دو تکه تقسیم شده و یک مسیر اضافی ایجاد شده است یا ممکن است بازیکنی درست برچسب دهی نشده یا آشکارسازی نشده باشد. با اینکه در روش پیشنهاد شده خطاهای ذکر شده با توجه به همسایگی ها و با به کارگیری درونیابی تا حدی جبران گردیده اند، ولی در بعضی مواقع این مسیرهای اضافی ایجاد شده اند. همچنین مسیرهای اضافی که متعلق به بازیکنها نبوده اند با توجه به نداشتن برچسب حذف شده اند. نتایج تعیین مسیر بازیکنها در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: دقت ردیابی به روش گراف روی نتایج مدل گوسی ترکیبی

تعداد فریم ها	تعدا کل مسیرها	تعداد مسیرهای اضافی	درصد مسیرهای درست	شماره ویدئو
		مدل و تصویر	مدل و تصویر	
۱۵	۱۰	۲	۹۰	۰
۱۵	۱۲	۱	۱۰۰	۱
۵	۱۸	۰	۱۰۰	۲
۱۵	۱۱	۱	۱۰۰	۳
۴	۱۰	۱	۹۰	۴
۱۲	۱۴	۱	۱۰۰	۵
۱۲	۱۶	۰	۱۰۰	۶

۷- نتیجه گیری

تعیین موقعیت بازیکنها اساس آنالیزهای بعدی به منظور استخراج اتوماتیک اطلاعات از ویدئوی مسابقات فوتبال است. هر قدر این مرحله دقیقتر انجام شود، دقت مراحل بعدی بهبود می یابد. علاوه بر این همپوشانی بازیکنها از مشکلات رایجی است که کمتر به آن پرداخته شده است. در این تحقیق به مشکل همپوشانی بازیکنها پرداخته شد و بازیکنها با دقت قابل قبول تعیین موقعیت و ردیابی شدند. همچنین دقت تعیین موقعیت بازیکنها با دو روش آدابوست و مدل گوسی ترکیبی در سیستم متریک بررسی گردید و مسیر بازیکنها با نمایش بهتری نسبت به کارهای قبلی روی موزاییک تصویری حاصل از مرتبط سازی تصاویر به یکدیگر و مدل زمین بازی ایجاد شده در محیط اتوکد برحسب استانداردهای فیفا نمایش داده شد.

در کارهای آینده به استخراج اطلاعات سه بعدی از ویدئوی فوتبال، ردیابی توپ و آشکارسازی اتوماتیک خطوط به منظور مرتبط سازی اتوماتیک فریم ها پرداخته خواهد شد.

مراجع

[1] H.S.- Yoon, et al. A Soccer Image Sequence Mosaicing and Analysis Method Using Line and Advertisement Board Detection. ETRI Journal, 2002, vol. 24, no. 6, pp. 443-454.

[2] S.H.- Khatoonabadi, M. Rahmati. Automatic soccer players tracking in goal scenes by camera motion elimination. Image and Vision Computing 27 (2009) 469–479.

[3] Han, H., et al. A Unified and Efficient Framework for Court-Net Sports Video Analysis Using 3-D Camera Modeling. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2008. pp. 1628 – 1638.

[4] Utsumi, O., et al. An object detection method for describing soccer games from video. In: IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), 2002, Vol. 1, pp. 26-29.

[5] P. Figueroa, et al. Tracking soccer players using the graph representation. In Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 2004, pp. 787–790.

[6] G. Liu, et al. A novel approach for tracking high speed skaters in sports using a panning camera, Pattern recognition, 42(11)(2009) 2922-2935.

[7] Beetz, M., et al. Visually tracking football games based on tv broadcasts. IJCAI 2007, Proceedings of the 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2007, Hyderabad, India.

[8] T.S.- Chiang, et al. An Improved Mean Shift Algorithm Based Tracking System for Soccer Game Analysis. Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference, 2009, Sapporo, Japan, pp. 4-7.

[9] K. Sato, J. K. Aggarwal. Tracking soccer players using broadcast tv images. In IEEE internat. Conf. on Advanced Video and Signal Based Surveillance(AVSS), 2005.

[10] Liu, Y., et al. Extracting 3D information from broadcast soccer video. Image and Vision Computing 24 (2006) 1146–1162

[11] Bilmes, J.A. A gentle tutorial of the EM algorithm and its application to parameter estimation for Gaussian mixture and hidden Markov models, 1998. TR-97-021, Berkeley.

[12] Y. Zhang, H. Lu, Ch. Xu. Collaborate ball and player trajectory extraction in broadcast soccer video. In: Proc. IEEE Internat. Conf. on Pattern Recognition (ICPR), 2008, pp. 1-4.

[Downloaded from joc-isice.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1390.5.1.6.1]

[13] Mauthner, TH., et al. Visual tracking of athletes in beach volleyball using a single camera. International journal of computer science in sports, 2007, 6(2), 21-35

[14] J. Liu et al. Automatic player detection, labeling and tracking in broadcast soccer video. Pattern Recognition 30(2009) 103-113.

[15] P.J. Figueroa et al. Tracking soccer players aiming their kinematical motion analysis. Computer Vision and Image Understanding, 2006. Vol. 101, No.2 pp. 122–135.

[16] S. Jiang, et al. A new method to segment playfield and its applications in match analysis in sports video, In Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia, 2004. New York, USA, pp. 292-295.

[17] Viola, P., Jones, M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In: Proc. IEEE Internat. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2001. Kauai, Hawaii, vol.1, pp.511.

[18] Xinbo Gao, Zhenxing Niu, Dacheng Tao, Xuelong Li, "Non-goal scene analysis for soccer video", Neurocomputing, Vol. 74, pp. 540–548, 2011.

[19] T. D'Orazio, M. Leo, "A review of vision-based systems for soccer video analysis", Pattern Recognition, Vol. 43, pp. 2911–2926, 2010.

[20] Jinchang Ren, James Orwell, Graeme A. Jones, Ming Xu, "Tracking the soccer ball using multiple fixed cameras", Computer Vision and Image Understanding, Vol. 113, pp. 633–642, 2009.

[21] Hanjoo Kim, Siwook Nam, and Jaihie Kim. Player segmentation evaluation for trajectory estimation in soccer games. Image and Vision Computing 2003, New Zealandv.

[22] A. Yamada, Y. Shirai, J. Miura. Tracking players and a ball in video image sequence and estimating camera parameters for 3D interpretation of soccer games. in: Proceedings of the International conference on Recognition, 2002, pp. 303–306.

[23] Ilkoo Ahn, Youngwoo Kim and Changick Kim. Customizing Ground Color to Deliver Better Viewing Experience of Soccer Video. ETRI Journal, vol. 30, no. 1, pp. 101-112, Feb. 2008.

[Downloaded from joc-isice.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.20088345.1390.5.1.6.1]