

ردیابی بازیکنان در تصاویر ویدئویی مسابقات فوتbal با تلفیق روش‌های گراف و هوش جمعی

مهرتاش منافی فرد^{۱*}، حمید عبادی^۲، حمید ابریشمی مقدم^۳

۱- دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی نقشه برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشیار دانشکده مهندسی نقشه برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳- دانشیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰

÷

چکیده

در سالهای اخیر، ردیابی بازیکنان در ویدئویی مسابقات فوتbal مورد مطالعه محققین و متخصصین قرار گرفته است. در این مقاله، اطلاعات پیش‌نیاز برای مرحله ردیابی با تعیین موقعیت بازیکنان با استفاده از روش آدابوست، بر چسبدهی آنها و جداسازی بازیکنان همپوشان آماده‌سازی شده است و ارتباط تصاویر با مدل زمین برقرار شده است. همچنین بهمنظور کاهش تعداد کاندیدهای تناظریابی بین مدل زمین و تصویر، تصاویر کلیدی انتخاب شده‌اند و تصاویر منتخب براساس شناسایی خطوطشان به مدل زمین مرتبط شده‌اند. سپس تلفیق روش گراف و الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی و الگوریتم اجتماع پرنده‌گان که الهام گرفته از رفتار زنبورها و پرندگان برای جستجوی غذاست بهمنظور استخراج مسیرهای بهینه حرکت بازیکنها استفاده شده‌اند. بسیاری از مسائل بهینه‌سازی پیوسته بهصورت کارا با این روشها حل شده‌اند اما برای حل مسائل گسته در کاربردهای مختلف باید بهبود داده شوند. در این راستا، استخراج مسیرهای بهینه بازیکنان به‌طور همزمان و با در نظر گرفتن تصاویر متواالی در روش گراف با مشکل فضای جستجوی بزرگ مواجه است. بهمنظور اجتناب از افزایش غیرمممول محاسبات، مسیرهای بهینه بازیکنان با استفاده از حالتی توسعه داده شده از روش‌های هوش مصنوعی برای حل مسئله گسته ردیابی بازیکنان استخراج شده‌اند. در پایان روش پیشنهادی روی هفت بخش از شش ویدئویی مختلف ارزیابی شده است و مسیرهای حرکت بازیکنان در ویدئویی مسابقه‌های فوتbal استخراج شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: ردیابی، فوتbal، پرندگان، زنبورها، گراف، مرتبط‌سازی، تصویر کلیدی.

*نویسنده مکاتبه کننده: دانشکده مهندسی نقشه برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تهران- ایران

تلفن : ۸۸۷۷۰۲۱۸

۱- مقدمه

بهینه‌سازی مطرح شده است و روش گراف و برنامه‌ریزی خطی^۷ برای ریدیابی افراد آشکارسازی شده در تصاویر به کار برده شده است. روش برای تصاویر اخذ شده از دوربین‌های ثابت ارزیابی شده است که قید ثابت بودن دوربین در ریدیابی بازیکنان در ویدئوهای مسابقات فوتبال صادق نیست.

به‌طور خلاصه، هر روش ریدیابی مزایا و معایبی دارد^[۱۳]. به عنوان مثال فیلتر کالمن در حرکات غیرخطی بازیکنان با مشکل مواجه می‌شود. کارایی فیلتر ذره‌ای نیز به تعداد ذرات بستگی دارد. اگر تعداد ذرات زیاد انتخاب شود، زمان محاسبات زیاد می‌شود و اگر تعداد ذرات کم انتخاب شود، دقت تعیین موقعیت بازیکنان کم می‌شود. روش اسنیک نیز به مقدار اولیه، همپوشانی‌ها^۸ و پارامترها حساس است. از طرف دیگر، در روش چند فرض اطلاعات ظاهري درنظر گرفته نمی‌شوند و حجم محاسبات زیاد است. جستجو در روش تطبیق قالبها نیز یک جستجوی سخت^۹ است که این مشکل در روش جابجایی میانگین حل می‌شود. در روش جابجایی میانگین، اگر بازیکن داخل پنجره جستجوی اولیه نباشد، ریدیابی نمی‌شود. لذا، این روش به موقعیت اولیه پنجره جستجو حساس است. همچنین، اطلاعات حرکتی در روش جابجایی میانگین در نظر گرفته نمی‌شوند و اگر دو همتیمی در نزدیکی هم حرکت کنند، روش با مشکل مواجه می‌شود.

در این تحقیق، ریدیابی بازیکنان برخلاف تحقیقات قبلی صورت گرفته در این زمینه^[۱۴، ۱۰ و ۱۵] به صورت یک مسئله بهینه‌سازی با الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی و الگوریتم اجتماع پرندگان^{۱۰} مطرح شده است و بازیکنان با انتخاب محتمل‌ترین مسیرها در گراف به عنوان مسیرهای حرکت بازیکنان

در سالهای اخیر، تجزیه و تحلیل ویدئوهای ورزشی به منظور استخراج اتوماتیک اطلاعات از ویدئوهای در دسترس و ویدئوهای مسابقات مختلف مورد توجه بسیاری از محققین^[۱ و ۲] قرار گرفته است. در این راستا، تعیین مسیر بازیکنان در ویدئوهای مسابقات فوتبال به عنوان اساس بررسی استراتژی بازی و ارزیابی بازیکنان و حرکات تیمی، مورد مطالعه محققین^[۱ و ۲] قرار گرفته است.

در مقالات ارازیو و همکاران^[۱] و اسکویی و همکاران^[۲] مروی بر روشهای مختلف ریدیابی بازیکنان انجام گرفته است. در این راستا، روش‌هایی نظیر فیلتر کالمن^[۳]، فیلتر ذره‌ای^[۴]، گراف^[۵]، جابجایی میانگین^[۶]، اسنیک^[۷]، تطبیق قالب‌ها^[۸]، روش چندفرض^[۹] به منظور ریدیابی بازیکنان استفاده شده‌اند. در مقاله منافی‌فرد و همکاران^[۱۰]، بازیکنان بعد از تعیین موقعیت و تعیین تیم هر بازیکن با روش گراف ریدیابی شده‌اند. در این روش به دلیل در نظر گرفتن قیود انعطاف‌ناپذیر در مرحله تعیین مسیر هر بازیکن (نظیر در نظر گرفتن نزدیکترین بازیکن آشکارسازی شده با تیم مشابه در تصویر بعد به بازیکن در تصویر جاری به عنوان ادامه مسیر بازیکن) هرگونه خطأ در مرحله برچسب‌دهی (تعیین تیم) منجر به گسسته شدن مسیر حرکت بازیکن شده است. در مقاله برکلاز و همکاران^[۱۱]، ریدیابی افراد پیاده‌ای که در حال قدم زدن هستند به صورت مسئله بهینه‌سازی مطرح شده است و افراد با روش کوتاه‌ترین مسیر^{۱۱} و ساختار گراف ریدیابی شده‌اند. در مقاله شیت‌ریت و همکاران^[۱۲]، ریدیابی افراد به صورت یک مسئله

^۱ Particle filter^۲ Meanshift^۳ Snake^۴ Template matching^۵ Multiple hypothesis tracking (MHT)^۶ K-Shortest Paths Optimization^۷ Linear Programming^۸ Occlusions^۹ Exhaustive search^{۱۰} Particle swarm optimization (PSO)

گزارش شده است.

الگوريتم کلونی زنبورهای مصنوعی در سال ۲۰۰۵ [۲۲] پیشنهاد شده است و در کاربردهای مختلف به کار رفته است. در مقاله ونگ و همکاران [۲۳]، حل مسئله مرد تاجر با الگوريتم کلونی زنبورهای مصنوعی و به کارگیری روش‌هایی در پیشنهاد جوابها بهمنظور کاهش حجم محاسبات بهبود داده شده است. در مقاله فام و همکاران [۲۴]، مقایسه کارایی الگوريتم کلونی زنبورهای مصنوعی^۳ با الگوريتم اجتماع پرندگان، ژنتیک و الگوريتم تکامل دیفرانسیل^۴ روی یکسری توابع با ابعاد مختلف صورت گرفته است. در این مقایسه، کارایی الگوريتم کلونی زنبورهای مصنوعی با به کارگیری پارامترهای کم به خصوص روی مسائل چندمتغیره و دارای بیش از یک بهینه محلی، مشابه یا بهتر از سایر روش‌ها گزارش شده است. یکی از کاربردهای اقتصادی الگوريتم کلونی زنبورهای مصنوعی، حداقل نمودن قیمت سوخت در کل واحدهای تولیدی است که با اعمال یکسری قیود توسط همامالینی و همکاران [۲۵] مطرح شده است و همگرایی این روش در مقایسه با الگوريتم ژنتیک سریعتر و زمان محاسبات آن برای سیستمهای با مقیاس بالا کمتر گزارش شده است. در تحقیق دیگری توسط شکوهیفر و همکاران [۲۶]، کاربرد الگوريتم کلونی زنبورهای مصنوعی در پردازش تصویر شامل بهبود دقت جداسازی شیء دلخواه از پس زمینه تصاویر تشحیید مغناطیسی^۵ مغز با استفاده از الگوريتم خوشبندی فازی^۶ مطرح شده است. به دلیل حساسیت روش طبقه‌بندی به کار رفته به نویز، قبل از انجام کلاس‌بندی پیکسلها به کمک تعیین حدود آستانه با استفاده از الگوريتم کلونی زنبورهای مصنوعی به دو دسته نویزدار و نرمال تفکیک شده‌اند.

³ Artificial bee colony

⁴ Differential evolution

⁵ Magnetic resonance imaging (MRI)

⁶ Fuzzy C-Means

رديابي شده‌اند. از سال ۱۹۹۵ تا امروز توانايی الگوريتم اجتماع پرندگان و الگوريتم کلونی زنبورهای مصنوعی در حل مسائل بهينه‌سازی پيوسنته به اثبات رسیده است ولی باید برای حل مسائل گسيسته در کاربردهای مختلف آزمایش شوند تا انعطاف و توانايی آنها در حل مسائل گسيسته ارزیابی شوند. در اين مقاله، تلفيق گراف و اين روشها با اعمال تغييراتی در معادلات برای رديابي بازيكتان در ويدئوي تلوزيونی مسابقات فوتbal به کار برد شده است.

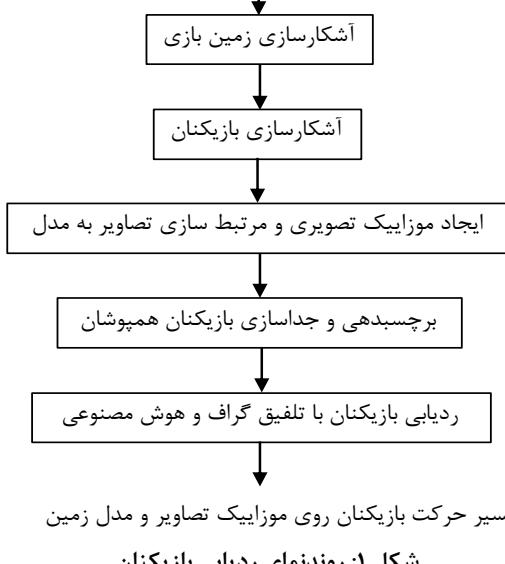
الگوريتم اجتماع پرندگان يك الگوريتم جستجوی جمعی است که از رفتارهای اجتماعی گروه پرندگان بهمنظور جستجوی غذا الهام گرفته است. اين الگوريتم اولين بار در سال ۱۹۹۵^[۱۶] برای حل مسائل پيوسنته مطرح شده است و مدل کردن رفتارهای ساده افراد و تعامل‌های محلی با محیط و همسایه‌ها برای به دست آوردن رفتارهای پیچیده‌تر بهمنظور حل مسئله، مقصود آن در نظر گرفته شده است. سپس حالت باينري و گسيسته آن در سال ۱۹۹۷^[۱۷] مطرح شده است و توسعه حالت گسيسته آن در بعضی کاربردها به خصوص مسئله مرد تاجر^۱ که از مسائل معروف بهينه‌سازی است هدف نويسندگان بعضی مقالات [۱۸، ۱۹، ۲۰ و ۲۱]^[۲۱] قرار گرفته است. در مقاله چنگ و همکاران [۱۸]، ژنتیک به همراه الگوريتم اجتماع پرندگان برای حل مسئله مرد تاجر به کار برد شده است. در تحقیق دیگری توسط فانگ و همکاران [۱۹]، روش تبرید تدریجی^۲ به همراه الگوريتم اجتماع پرندگان برای فرار از مشکل کمینه محلی و برای حل مسئله مرد تاجر در حال سفر استفاده شده‌اند و نتایج روش ترکیبی با روش‌های الگوريتم اجتماع پرندگان، الگوريتم مورچه‌ها و تبرید تدریجی مقایسه شده‌اند که در این مقایسه کارایی روش ترکیبی بهتر از سایر روش‌ها

¹ Travelling salesman problem (TSP)

² Simulated annealing

در نظر گرفتن ارتباط آنهاست. در مرحله رديابي، موقعیت بازيكنان با استفاده از نتایج مرحله مرتبطسازی به يك سیستم مختصات مشترک منتقل شده است. سپس، گراف همسایگی با استفاده از نتایج مراحل قبل ايجاد شده است و از روش‌های هوش مصنوعی برای استخراج مسیرهای بهينه بازيكنان در گراف همسایگی استفاده شده است.

تصاویر متواли ويدئو



مرتبهسازی تصویر و مدل زمین در اغلب تحقیقات پیشین [۸ و ۳۲] با تناظریابی خطوط آشكارسازی شده در فضای تصویر و مدل برقرار شده است. برای اين منظور، حداقل دو خط عمودی و دو خط افقی متناظر در دو فضا شناسابی شده‌اند و ارتباط آنها با ماتریس هموگرافی برقرار شده است. بهمنظور یافتن خطوط متناظر، ترکیبات مختلف خطوط متناظر (کاندیدهای تناظریابی) ارزیابی شده‌اند و بهترین کاندید (دو خط متناظر افقی و دو خط متناظر عمودی که بهترین ارتباط را بين دو فضا برقرار کرده‌اند) انتخاب شده است. هرچند به‌دلیل افزایش کاندیدهای تناظریابی، ترکیبات زیادی در این روش‌ها ارزیابی شده‌اند. با شناسابی خطوط در روش پیشنهادی، نیازی به

همچنین، نتایج و سرعت الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی در مقایسه با ژنتیک و الگوریتم مورچه‌ها بهبود یافته است. الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی، در بهبود عملیات دفاع بهمنظور حفاظت کشتی‌های تجاری از دزدان دریایی و حملات [۲۷، ۲۸] در مسائل قیددار مهندسی [۲۹] و در مسائل زمانبندی ساعات در کاربردهای تحصیلی [۳۰] نیز مطرح شده است. همچنین، این روش در کاربردهای صنعتی بهمنظور کاهش زمان انجام عملیات توسط ماشین‌ها توسط نویسنده‌گان بعضی مقالات [۳۱] استفاده شده است. هرچند الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی اغلب برای مسائل پیوسته به کار رفته است ولی می‌تواند برای مسائل گسسته نیز به کار بrede شود.

روندنمای رديابي بازيكنان در شکل (۱) نشان داده شده است. ورودی‌های مورد نياز مرحله رديابي (موقعیت بازيكنان، تیم بازيكنان، موزاييك تصویری و مرتبطسازی تصاویر با مدل) در چهار مرحله اول فراهم شده‌اند. بهمنظور کاهش نواحي کاندید بازيكن و حذف نواحي چمن و خارج زمين، ابتدا زمين بازي با مدل گوسی ترکيبی^۱ آشكارسازی شده است و موقعیت‌های بازيكنان داخل محدوده چمن با روش آدبوست استخراج شده‌اند. بهمنظور انتقال موقعیت بازيكنان آشكارسازی شده به يك سیستم مختصات مشترک و رديابي بازيكنان در اين سیستم مختصات، موزاييك تصاویر کليدي به مدل زمين مرتبط شده‌اند (مرتبهسازی^۲ تصویر و مدل). در مرحله بعد، برچسبدهی (تعیین تیم) بازيكنان و جداسازی بازيكنان همپوشان انجام شده است. سپس، بازيكنان رديابي شده‌اند که هدف از رديابي تعیین موقعیت بازيكنان در تصاویر متواли با

¹ Gaussian mixture model (GMM)

² Registration

روش مدل گوسی ترکیبی و بازیکنان با آدبوست آشکارسازی شده‌اند. سپس، ایجاد موزاییک تصویری و مرتبطسازی تصاویر به مدل در بخش سوم مطرح شده‌اند. در بخش چهارم، جداسازی بازیکنان همپوشان و تعیین تیم آنها انجام شده است. سپس بازیکنان با تلقیق گراف و هوش مصنوعی در بخش پنجم ریدیابی شده‌اند. در بخش ششم، نتایج به دست آمده تشریح و ارزیابی شده‌اند و در پایان نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای کارهای آینده مطرح شده است.

۲- آشکارسازی زمین چمن و بازیکنان

از آنجا که بازیکنان در تصاویر ویدئویی فوتبال داخل ناحیه چمن (رنگ غالب پس‌زمینه در ویدئوهای مسابقات فوتبال) قرار گرفته‌اند، ابتدا تصویر به دو ناحیه چمن و غیرچمن طبقه‌بندی شده است (آشکارسازی زمین چمن). در این راستا، مدل گوسی ترکیبی [۱۰] برای آشکارسازی چمن استفاده شده است که نیاز به آموزش ندارد و نتایج قابل قبول به عنوان ورودی مراحل بعد ارائه داده است. سپس به منظور کاهش کاندیدهای بازیکنان، نواحی پس‌زمینه (تماشاگرها، خارج چمن) با تشکیل پوش محدب^۱ زمین [۱۰] و اعمال عملیات مورفولوژی حذف شده‌اند. با حذف ناحیه چمن و تماشاگرها، بازیکنان با آدبوست و ساختار آشیاری [۱۰] که از روش‌های سریع طبقه‌بندی است آشکارسازی شده‌اند.

۳- ایجاد موزاییک تصویری و مرتبطسازی تصاویر با مدل

به منظور انتقال موقعیت بازیکنان آشکارسازی شده به یک سیستم مختصات مشترک و ریدیابی بازیکنان در این سیستم مختصات، موزاییک تصاویر ایجاد شده است و تصاویر با مدل زمین مرتبط شده‌اند. لذا،

آزمایش ترکیبات مختلف تناظریابی نیست و تعداد کاندیدهای تناظریابی و حجم محاسبات کاهش داده شده‌اند. همچنین به منظور کاهش خطاهای تجمعی و کاهش هزینه محاسباتی ناشی از مرتبط کردن هر تصویر به مدل، تعدادی تصاویر کلیدی در نظر گرفته شده‌اند. سپس، هر تصویر به کمک نزدیکترین تصویر کلیدی به مدل مرتبط شده است که احتمال انتخاب تصویر با خطوط شناسایی شده بیشتر به عنوان تصویر کلیدی بیشتر است.

در روش ریدیابی براساس گراف، یک گراف با استفاده از نتایج آشکارسازی بازیکنان ایجاد شده است و بازیکنان با یافتن مسیرهای بهینه‌شان در گراف ریدیابی شده‌اند. بنابراین، بازیکنان آشکارسازی شده در تصاویر متوالی با رؤوس گراف نشان داده شده‌اند که با لبه‌ها بهم متصل شده‌اند. فاصله بازیکنان آشکارسازی شده در دو تصویر متوالی نیز با طول لبه‌ها نشان داده شده است. در روش پیشنهادی توسط فیگوارو و همکاران [۵]، مسیر بازیکنان غیرهمپوشان با یافتن کوتاه‌ترین مسیر مشخص شده است. در این روش، چند کاندید لبه برای مسیر بازیکنان مجاور که در نزدیکی هم در حرکتند وجود دارند و تعیین کوتاه‌ترین لبه به عنوان ادامه مسیر بازیکن ممکن است با مشکل مواجه شود. به منظور حل مشکل، در این تحقیق مسیرهای همه بازیکنان به طور همزمان روی گراف تعیین شده‌اند تا ابهامات در مورد مسیر بازیکنان مجاور کم شود. در این روش، جستجوی تمام لبه‌ها به منظور تعیین مسیر بازیکنان از نظر محاسباتی پرهزینه است و فضای جستجو با افزایش تعداد تصاویر و لبه‌ها بزرگ‌تر می‌شود. به منظور حل این مشکل، فضای جوابها با به‌کارگیری روش‌های هوش مصنوعی جستجو شده است. همچنین، از قیود انعطاف‌ناپذیر در ریدیابی بازیکنان (که در بعضی مقالات [۱۰] باعث شکسته شدن مسیر بازیکن به چند قسمت شده است) اجتناب شده است. روش پیشنهادی و نتایج در بخش‌های بعد شرح داده شده‌اند. در بخش دوم، چمن بازی با

¹ Convex hull

محاسبه شده است [۱۰]. از آنجا که مرتبطسازی تصویر به مدل مستلزم تعداد کافی ویژگی‌های متناظر است، تصاویر با تعداد خطوط و دواير بیشتر (مثلا تصاویر ناحیه پنالتی و وسط زمین) به عنوان تصویر کلیدی انتخاب شده‌اند. لذا هدف اصلی این مرحله، آشکارسازی ویژگی‌ها و تعیین تصاویر کلیدی براساس تعداد ویژگی‌های آشکارسازی شده است. برای این منظور، یک تابع هزینه^۲ (بخش ۲-۱-۳) براساس تعداد ویژگی‌های آشکارسازی شده در تصویر تعریف شده است که هر چه مقدار تابع هزینه کمتر باشد، احتمال انتخاب تصویر به عنوان تصویر کلیدی بیشتر است. همچنین، در تحقیقات پیشین [۸ و ۳۲] ترکیبات مختلف خطوط متناظر (کاندیدهای تناظریابی) به منظور مرتبطسازی مدل و تصویر ارزیابی شده‌اند و بهترین کاندید تناظریابی بر اساس تابع هزینه انتخاب شده است. هرچند به دلیل افزایش کاندیدهای تناظریابی، ترکیبات زیادی در این روش‌ها ارزیابی شده‌اند. با شناسایی خطوط در روش پیشنهادی، نیازی به آزمایش ترکیبات مختلف تناظریابی نیست و تعداد کاندیدهای تناظریابی و حجم محاسبات کاهش داده شده‌اند.

روندنمای استخراج تصاویر کلیدی در شکل (۲) نشان داده شده است. ابتدا لبه‌های نامحتمل به منظور آشکارسازی خطوط حذف شده‌اند. لذا، بعد از استخراج ماسک^۳ زمین (شکل ۳-الف) و لبه‌ها با اپراتور کنی^۴، نواحی دارای لبه (BW) که داخل ماسک زمین هستند (M) استخراج شده‌اند (شکل ۳-ب) و ناحیه‌هایی که مساحت و اندازه آنها در بازه‌ای نزدیک به مساحت و اندازه بازیکنان قرار دارد (P) از نواحی استخراج شده حذف شده‌اند. سپس، محدوده دور زمین

موقعیت پهای بازیکنان در مرحله ردیابی (بخش ۵) روی موزاییک تصویری حاصل از این مرحله و مدل زمین نمایش داده شده‌اند. از آنجا که انتقال بین تصاویر با یکدیگر و با مدل بین دو صفحه است (پای بازیکنان روی زمین قرار دارد)، مرتبطسازی تصاویر با ماتریس پروژکتیو دو بعدی (هموگرافی) [۱۰ و ۳۲] انجام شده است و با کمک آن تصاویر با یکدیگر و با مدل زمین مرتبط شده‌اند.

به منظور مرتبطسازی تصاویر و ایجاد موزاییک تصویری، ویژگی‌ها بین تصاویر متواالی با روش کانید-لوکاس توپاسی^۱ [۳۴ و ۳۳] که از روش‌های معروف ردیابی ویژگی‌های مناسب است ردیابی شده‌اند. در این روش، ویژگی‌های مناسب در تصویر اولیه انتخاب شده‌اند و ویژگی‌های انتخاب شده در تصاویر بعدی ویدئو ردیابی شده‌اند. پس از ردیابی ویژگی‌ها، ماتریس انتقال بین تصاویر با استفاده از ویژگی‌های متناظر محاسبه شده است. سرعت و کارایی روش با توجه به وجود ویژگی‌های مناسب فراوان در ناحیه تماشاگرها و تابلوهای تبلیغاتی مناسب است. همچنین به منظور کاهش خطاهای تجمعی و کاهش هزینه محاسباتی ناشی از مرتبط کردن هر تصویر به مدل، تعدادی تصاویر کلیدی در نظر گرفته شده‌اند و هر تصویر به کمک نزدیکترین تصویر کلیدی به مدل زمین ایجاد شده بر اساس استانداردهای فیفا مرتبط شده است.

۱-۳- انتخاب تصاویر کلیدی

ارتباط هر تصویر با مدل زمین با استفاده از ارتباط تصویر با تصویر کلیدی و ارتباط تصویر کلیدی با مدل زمین برقرار شده است. به منظور مرتبطسازی تصویر کلیدی به مدل زمین، ماتریس پروژکتیو دو بعدی با استفاده از نقاط تقاطع خطوط و دواير متناظر (ویژگی‌های متناظر) در تصویر کلیدی و مدل زمین

² Cost function

³ Mask

⁴ Canny

¹ Kanade-Lucas-Tomasi feature tracker (KLT)

تصویر کلیدی و مدل انجام شده است. روند نمای شناسایی خطوط ناحیه پنالتی در شکل (۵) نشان داده شده است. اگر خط کناری که نمایانگر تصاویر کناری زمین است آشکارسازی شده باشد، خطوط ناحیه پنالتی آشکارسازی و شناسایی شده‌اند. برای این منظور، لبه‌های اطراف و بالای خط کناری حذف شده‌اند (شکل ۶-الف). سپس، دو خط عمودی به موازات خط کناری با هاف جستجو شده‌اند و با آشکارسازی هر خط لبه‌های اطراف آن حذف شده‌اند. همچنین، خطوط عمودی بر اساس موقعیت آنها شناسایی شده‌اند (مثلًا خط عمودی نزدیکتر به خط کناری، خط عمودی خارجی است و خط عمودی داخلی است). در مرحله بعد با حذف خط عمودی داخلی است. همچنین، تعدادی از لبه‌های لبه‌های پایین خط عمودی داخلی، تعدادی از لبه‌هایی که شامل خطوط ناحیه پنالتی نیستند حذف شده‌اند (شکل ۶-ب). سپس، خطوط افقی به ترتیب با هاف آشکارسازی شده‌اند و با آشکارسازی هر خط افقی لبه‌های اطراف آن حذف شده‌اند. همچنین، از اتساع تصویر لبه، حبابهای شامل خطوط استخراج شده‌اند (شکل ۶-د). از آنجا که خطوط آشکارسازی شده با هاف (شکل ۶-ج) ابتدا و انتهای دقیقی ندارند، ابتدا و انتهای خطوط با حذف پیکسلهای خط خارج حبابها مشخص شده‌اند. در پایان، خطوط افقی بر اساس موقعیت ابتدا و انتهای آنها نسبت به خطوط عمودی شناسایی شده‌اند.

(شکل ۳-ج)) از اختلاف ماسک اتساع^۱ و فرسایش^۲ یافته زمین استخراج شده است و خط کناری زمین در تصویر لبه بالای این محدوده با روش هاف جستجو شده است (شکل ۳-د)). در صورت آشکارسازی خط کناری، مرحله شناسایی خطوط ناحیه پنالتی (بخش ۳-۱-۱) با هدف تعیین تصاویر ناحیه دروازه و کاهش کاندیدهای تناظریابی خطوط مدل و تصویر کلیدی انجام شده است. بعد از شناسایی خطوط ناحیه پنالتی، خط بالا و پایین زمین در لبه‌های بالا و پایین ماسک زمین جستجو شده‌اند (شکل ۳-ه)). با حذف لبه‌های مربوط به خطوط آشکارسازی شده، بیضی وسط با روش هاف^۳ و [۳۵ ۳۶] آشکارسازی شده است. در پایان، تابع هزینه برای هر ۱۸ تصویر (به دلیل شباهت تصاویر نزدیک به هم) محاسبه شده است و تصویر با کمترین مقدار تابع هزینه به عنوان تصویر کلیدی انتخاب شده است. همچنین، ناحیه زمین (چپ، راست یا وسط) بر اساس شبیه خطوط و حضور بیضی شناسایی شده است.

در تصاویر دور منظر ویدئوهای تلویزیونی مسابقات فوتbal، گروهی از تصاویر متوالی ناحیه چپ، گروهی از تصاویر متوالی ناحیه راست و گروهی دیگر ناحیه وسط زمین را نشان می‌دهند. به منظور افزایش دقت مرتبطسازی، در صورت تغییر ناحیه زمین مثلاً از تصاویر کناری زمین به تصاویر وسط زمین تصویر کلیدی برای هر گروه انتخاب شده است (شکل ۴)). در زیر بخش‌های زیر تابع هزینه و شناسایی خطوط ناحیه پنالتی شرح داده شده‌اند.

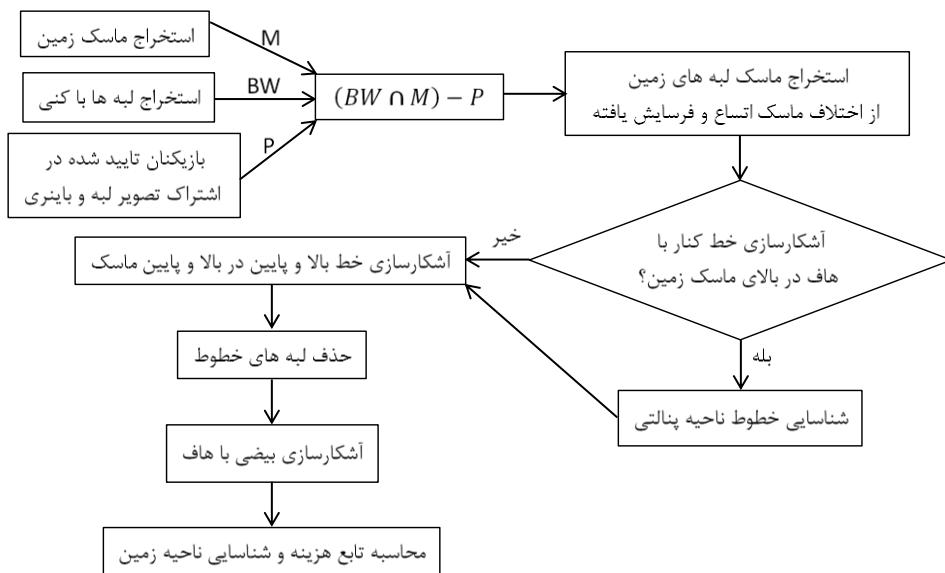
۳-۱-۳- شناسایی خطوط ناحیه پنالتی

همانطور که در بخش ۱-۳ شرح داده شد، شناسایی خطوط ناحیه پنالتی با هدف کاهش تعداد کاندیدهای تناظریابی در مرتبطسازی

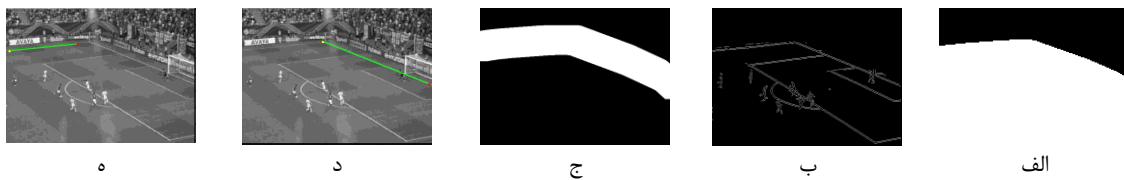
¹ Dilation

² Erosion

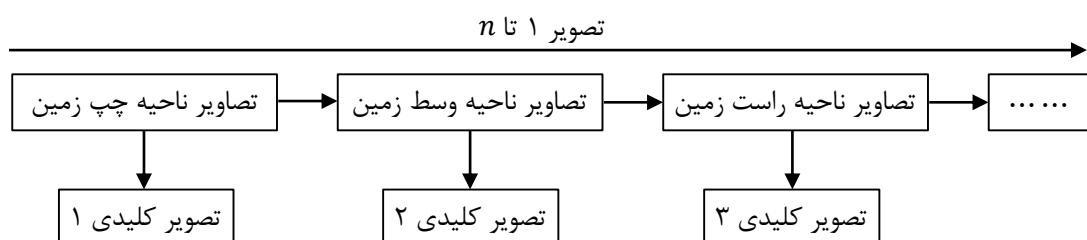
³ Hough transform



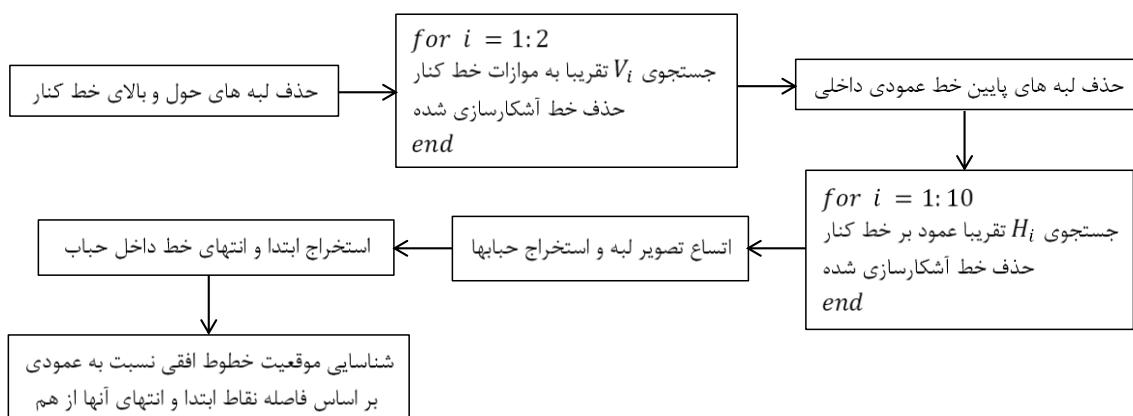
شکل ۲: روند نمای انتخاب تصاویر کلیدی



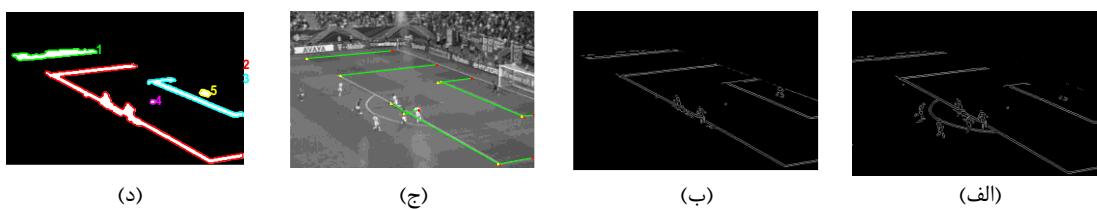
شکل ۳: الف) ماسک زمین، ب) لبه های داخل ماسک زمین، ج) اختلاف ماسک های اتساع و فرسایش یافته، د) خط کناری زمین، هـ) خط بالای زمین



شکل ۴: انتخاب تصاویر کلیدی در بخش های مختلف ویدئو



شکل ۵: روندnamای شناسایی خطوط ناحیه پناختی



شکل ۶: (الف) حذف لبه های حول خط کنار، (ب) حذف لبه های پایین خط عمودی داخلی، (ج) خطوط آشکارسازی شده، (د) حبابها شامل خطوط

آشکارسازی بیضی کاهش می‌یابد. در نتیجه مقدار تابع هزینه کمتر می‌شود و احتمال انتخاب تصویر به عنوان تصویر کلیدی افزایش می‌یابد.

رابطه (۱)

$$\begin{aligned} cost &= w_1 \times w_2 \\ w_1 &= \frac{1}{K(nv^r + nh^r) + N}, \end{aligned}$$

$$K = \begin{cases} 1000, & \text{if } nv^r \geq 2 \text{ and } nh^r \geq 2 \\ 10, & \text{if } nv^r < 2 \text{ and } nh^r < 2 \\ \frac{1}{(nv^r + nh^r)}, & \text{if } nv^r + nh^r + N = 0 \end{cases}$$

همچنین، مقدار w_1 با افزایش تعداد خطوط افقی و عمودی شناسایی شده کاهش می‌یابد. در نتیجه مقدار تابع هزینه کمتر می‌شود و احتمال انتخاب تصویر به عنوان تصویر کلیدی افزایش می‌یابد. همچنین بهدلیل نیاز به حداقل چهار نقطه (تقاطع دو خط افقی و دو خط عمودی)، این مقدار در صورت آشکارسازی

۲-۱-۳- تابع هزینه به منظور استخراج تصاویر کلیدی

همانطور که در بخش ۱-۳ شرح داده شد، یک تابع هزینه براساس تعداد ویژگی‌های آشکارسازی شده تعریف شده است که هر چه مقدار تابع هزینه مربوط به تصویر کمتر باشد، احتمال انتخاب آن به عنوان تصویر کلیدی بیشتر است. اگر تعداد خطوط شناسایی شده بیشتر باشد یا بیضی در تصویر آشکارسازی شود، مقدار تابع هزینه کمتر و احتمال انتخاب تصویر به عنوان تصویر کلیدی بیشتر است. به منظور انتخاب تصاویر کلیدی، تابع هزینه به صورت رابطه (۱) تعریف شده است:

تعداد کل خطوط آشکارسازی شده، تعداد خطوط افقی شناسایی شده و تعداد خطوط عمودی شناسایی شده به ترتیب با nv^r, nh^r, N نشان داده شده‌اند. مقدار n^e در صورت وجود بیضی وسط یک و در غیر این صورت صفر است. در رابطه بالا، مقدار w_2 در صورت

توسط منافی فرد و همکاران [۱۰] به منظور جداسازی بازیکنان همپوشان و برچسبدهی بازیکنان استفاده شده است.

۵- ردیابی بازیکنان

پس از آماده‌سازی ورودی‌های ردیابی در مراحل قبل، گراف همسایگی ایجاد شده است. سپس، مسیرهای بهینه بازیکنان در گراف همسایگی با اعمال تغییراتی در نحوه به روز کردن موقعیت و سرعت ذرات با الگوریتم اجتماع پرندگان و الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی استخراج شده‌اند. در ادامه، نحوه تعریف گراف همسایگی شرح داده شده است. سپس، مراحل طی شده برای استخراج مسیرهای بازیکنان در گراف همسایگی با الگوریتم اجتماع پرندگان و الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی شرح داده شده است.

۱-۵- تعریف همسایگی

به منظور ردیابی بازیکنان نقطه وسط ضلع پایینی مستطیل دربرگیرنده هر بازیکن به عنوان موقعیت بازیکن در نظر گرفته شده است. همچنین، با استفاده از نتایج مرتبط‌سازی تصاویر در مراحل قبل، موقعیت بازیکنان به سیستم مختصات مشترک (مدل یا سیستم مختصات تصویر اول) منتقل شده‌اند. سپس به منظور آماده‌سازی ورودی‌های مرحله ردیابی، گراف همسایگی را برابه زیر تعریف شده است:

$$N = \{ \|Y_{t_i}^i - Y_{t_j}^j\| \leq \|t_i - t_j\| \times V_v^{max} \text{ و } \|X_{t_i}^i - X_{t_j}^j\| \leq \|t_i - t_j\| \times V_h^{max} \text{ و } \|t_i - t_j\| \leq \Delta t^{max}\}$$

بازیکن و در تصویر بعد به عنوان فرزند بازیکن در تصویر جاری تعریف شده است. بعد از تعریف همسایگی‌ها (شکل ۷)، تشخیص مسیر بازیکنانی که نزدیک هم در حرکتند به الگوریتم ردیابی در مرحله بعد واگذار شده است.

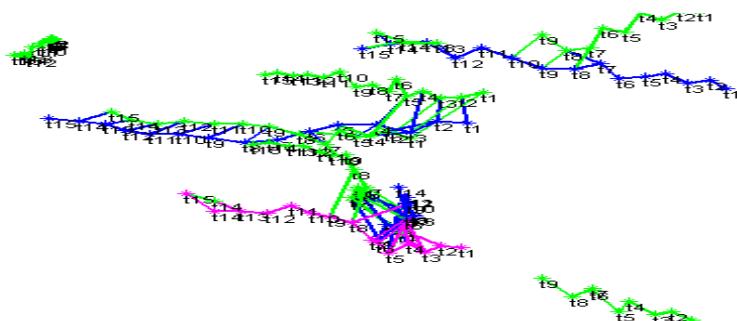
حداقل دو خط افقی و عمودی بیشتر کاهش می‌یابد تا احتمال انتخاب تصاویر با حداقل دو خط افقی و دو خط عمودی به عنوان تصویر کلیدی بیشتر شود. بعد از محاسبه تابع هزینه، تصاویر کلیدی مطابق شکل (۴) انتخاب شده‌اند. در روش پیشنهادی، تعداد کاندیدهای تناظریابی بین مدل و تصویر کلیدی با شناسایی خطوط به مقدار قابل توجه کم شده است.

بعد از شناسایی تصاویر کلیدی، ارتباط تصاویر با نزدیکترین تصویر کلیدی با انتقال پروژکتیو دو بعدی محاسبه شده است. ارتباط تصاویر کلیدی با مدل زمین نیز با خطوط شناسایی شده و انتقال پروژکتیو دو بعدی برقرار شده است. در نتیجه با معلوم بودن انتقال بین تصویر کلیدی با مدل زمین و تصاویر با تصویر کلیدی، هر تصویر با مدل مرتبط شده است [۳۲].

۴- برچسبدهی و جداسازی بازیکنان همپوشان

در ویدئوی مسابقات فوتbal، همپوشانی بین بازیکنان به ویژه بازیکنان حریف به دلیل حرکت نزدیک دو بازیکن و زاویه فیلمبرداری مشاهده می‌شود. در تحقیقات پیشین، روش‌هایی نظیر پیش‌بینی موقعیت و اندازه بازیکن [۶]، ساختار گراف [۳۷]، اطلاعات بازیکنان مجاور و جستجوی رنگ بازیکن داخل ناحیه همپوشان [۱۰] و جستجو با الگوریتم پرندگان [۳۸] به منظور حل همپوشانی‌ها استفاده شده‌اند. در این مرحله، از روش ارائه شده رابطه (۲)

موقعیت بازیکن i در تصویر t با $(X_{t_i}^i, Y_{t_i}^i)$ ، بیشینه سرعت افقی و قائم مجاز با V_v^{max} و V_h^{max} و بیشینه اختلاف زمانی مجاز بین دو بازیکن همسایه با Δt^{max} نشان داده شده‌اند. به منظور تعریف دقیق‌تر همسایگی، شرط بالا در دو فضای تصویر و مدل بررسی شده است. همچنین همسایه بازیکن در تصویر قبل به عنوان والد



شکل ۷: همسایگی در فضای تصویر (آبی: بازیکنان تیم ۱، سبز: بازیکنان تیم ۲، صورتی: داور)

رفتارهای فردی و اجتماعی به روز می‌گردد و موقعیت جدید با توجه به سرعت به روز شده تخمین زده می‌شود. در الگوریتم اجتماع پرنده‌گان اولیه، سرعت V_{id}^{new} هر پرنده (i) در هر بعد (d) با استفاده از رابطه (۳) به روز شده است:

$$V_{id}^{new} = w_i \cdot V_{id}^{old} + c_1 \cdot r_1 \cdot (P_{id} - x_{id}) + c_2 \cdot r_2 \cdot (P_{gd} - x_{id})$$

(بهترین موقعیت کشف شده در بین کل ذره‌ها) با P_{gd} و سرعت در تکرار قبل با V_{id}^{old} نشان داده شده‌اند. در ریدیابی بازیکنان ازتابع وزن زیر استفاده شده است:

$$w = w_max - [(w_max - w_min) \times iter] / \lceil max \rceil_iteration \quad (4)$$

(پرندگان) به صورت ماتریس موقعیت، مقداردهی اولیه ذرات (تعیین موقعیت و سرعت اولیه هر ذره)، تغییرات در نحوه بهروزکردن معادلات سرعت و موقعیت ذرات و تابع برآوردگی مورد استفاده شرح داده شده است.

۱-۲-۵- ماتریس موقعیت

جواب‌ها یا ذره‌ها با ماتریس‌های $n \times n$ که n نشان‌دهنده تعداد بازیکنان است مطابق شکل (۸) نشان داده شده‌اند. همچنین بازیکنان همسایه در تصویر قبل و بعد به ترتیب به عنوان والد و فرزند بازیکن در تصویر جاری در نظر گرفته شده‌اند. به منظور ایجاد جواب‌های اولیه، به هر بازیکن شماره و سطری اختصاص داده شده است. سپس فرزند هر بازیکن (هر سطر) با اختصاص مقدار یک به ستون مربوط به فرزند مشخص شده است (در صورتیکه بازیکن اول فرزند

۲-۵- ریدیابی بازیکنان با استفاده از الگوریتم اجتماع پرنده‌گان بهبود یافته

در الگوریتم اجتماع پرنده‌گان، ذره‌ها به سمت موقعیت بهینه حرکت می‌کنند و حول جواب بهینه فضای زیادی جستجو می‌شود. هر پرنده موقعیت و سرعت مخصوص به خود را دارد که بردار سرعت هر ذره با توجه به رابطه (۳)

که مقادیر تصادفی استخراج شده از بازه $U(0,1)$ با r_1 و r_2 وزن‌ها با c_1 و c_2 ، وزن اینرسیا با w_i ، موقعیت ذره i در فضای d بعدی با x_{id} بهینه محلی (بهترین موقعیت جستجو شده توسط ذره i) با P_{id} ، بهینه مطلق رابطه (۴)

که بیشینه و کمینه مقدار w با w_{max} و w_{min} ، تعداد کل تکرارها با $max_{iteration}$ و شماره تکرار جاری با $iter$ نشان داده شده‌اند. سپس موقعیت ذره با استفاده از سرعت محاسبه شده به روز شده است:

$$x_{id} = x_{id} + V_{id} \quad (5)$$

در سال ۱۹۹۷، الگوریتم فوق برای حل مسائل گسسته و با اینری توسعه داده شد [۱۷]. الگوریتم اجتماع پرنده‌گان با جستجوی تصادفی جواب‌ها (جستجوی تصادفی مسیرهای بهینه بازیکنان در گراف همسایگی)، زمان محاسبات را به میزان قابل توجه کاهش می‌دهد. در زیربخش‌های زیر، الگوریتم اجتماع پرنده‌گان به منظور ریدیابی بازیکنان در ویدئوی فوتبال توسعه داده شده است. در ادامه، اجزای مختلف الگوریتم اجتماع پرنده‌گان شامل نحوه نمایش ذرات

- مقداردهی شده‌اند. همچنین ویژگی‌های زیر برای ایجاد ماتریس‌های موقعیت ذرات در نظر گرفته شده‌اند:
- تا حد امکان هر بازیکن تنها یک والد داشته باشد یا توسط یک والد انتخاب شود.
 - اگر بازیکنی تنها یک فرزند داشت، به عنوان والد آن فرزند انتخاب شود.
 - ماتریس‌های صفر $n \times n$ نیز به سرعت‌های اولیه ذرات اختصاص داده شده‌اند.

۳-۲-۵- بهروز کردن سرعت

به منظور استخراج مسیرهای بهینه بازیکنان، معادلات به روز کردن سرعت در الگوریتم اجتماع پرنده‌گان بهبود داده شده‌اند. در این راستا، ترم دوم در رابطه (۳) برای به روز کردن سرعت، با استفاده از تفاضل ماتریس‌های موقعیت x_{id} و موقعیت بهینه محلی P_{id} محاسبه شده است:

$$P_{id} - x_{id} = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cdots & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

۴-۲-۵- بهروز کردن موقعیت

نحوه به روز کردن ماتریس موقعیت هر ذره نیز به منظور ریاضی بازیکنان تغییر داده شده است. لذا، بازیکنی که فرزند آن بیشینه سرعت را در سطر مربوط به بازیکن در ماتریس سرعت ذره داشته است، به عنوان کandid در شکل (۹) با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند.

بازیکن دوم باشد، در سطر دوم و ستون اول یک قرار داده شده است).

	P_1	P_2	P_3	P_n
P_1	0	0	0	1	0	0
P_2	1	0	0	0	0	0
P_3	0	0	1	0	0	0
.	0	1	0	0	0	0
.	0	0	0	0	1	0
P_n	0	0	0	0	0	1

شکل ۸: ماتریس موقعیت P_n نشان دهنده بازیکن n ام است)

۲-۲-۵- مقداردهی اولیه ذره‌ها

جستجو در الگوریتم اجتماع پرنده‌گان با مقداردهی اولیه ذرات (تعیین ماتریس موقعیت و سرعت برای هر ذره) به طور تصادفی آغاز شده است. برای این منظور، هر ذره با یک ماتریس موقعیت نشان داده شده است و ماتریس‌های موقعیت ذرات با انتخاب تصادفی یکی از فرزندهای هر بازیکن در گراف همسایگی

رابطه (۶)

در ماتریس بالا، فرزند با سطح اطمینان پایین (احتمال تغییر بالا) در ماتریس موقعیت ذره، با ۱- نشان داده شده است. با توجه به اینکه احتمال تغییر فرزند هر بازیکن با ماتریس سرعت نهایی تعیین شده است، مقادیر ۰.۹- با ۰.۱ و بقیه مقادیر با صفر جایگزین شده‌اند. همچنین، ترم سوم در معادله به روز کردن سرعت، با روشهای مشابه روش بالا ولی با جایگزینی ماتریس P_{id} با P_{gd} محاسبه شده است. سپس ماتریس سرعت نهایی بر اساس رابطه (۳) و از مجموع ماتریس‌های بالا و ماتریس سرعت محاسبه شده در تکرار قبل تخمین زده شده است. در پایان سرعت‌های محاسبه شده با استفاده از تابع سیگموید^۱ در بازه [۰, ۱] قرار گرفته‌اند.

^۱ Sigmoid Function

*	*	*	1	*	*
1	*	*	*	*	*
*	*	1	*	*	*
*	1	*	*	*	*
*	*	*	*	1	*
*	*	*	*	*	1

*	*,5	*	*,3	*	*
*,9	*	*,4	*	*	*
*	*	*,2	*,6	*	*
*	*,8	*	*,9	*	*
*	*	*	*,7	*,8	*
*	*	*	*	*,6	*,5

شکل ۹: ماتریس موقعیت و ماتریس سرعت ذره بهمنظور بررسی کاندیدهای بهروز کردن موقعیت (مقادیر قرمز)

کاندیدهای تغییر یال در نظر گرفته شده‌اند. سپس با انتخاب یکی از کاندیدها، فرزند دیگری برای ادامه مسیر والد بازیکن کاندید انتخاب شده است (ستون دیگری از سطر مربوط به کاندید یک قرار داده شده است) (شکل ۱۱)). لذا موارد زیر در انتخاب کاندیدهای این حرکت در نظر گرفته شده‌اند:

- ۱- مجموع سطر و مجموع ستون کاندید در ماتریس موقعیت بزرگتر از یک باشد.
- ۲- بیشینه سرعت در سطر مربوط به کاندید، به کاندید اختصاص داده شده باشد.



شکل ۱۱: جواب قدیمی (زرد) و جواب جدید پیشنهادی (قرمز) بعد از عملیات تغییر یال

۵-۲-۵- تابع برازنده‌گی^۱ بهمنظور بهروز کردن مقادیر P_{id} و P_{gd} در هر تکرار، مقادیر P_{id} و P_{gd} با ماتریس موقعیت ذره با برازنده‌گی بیشتر از برازنده‌گی P_{id} و P_{gd} جایگزین شده‌اند. برای این منظور تابع برازنده‌گی از رابطه زیر محاسبه شده است:

در مرحله بعد با دو حرکت تعویض و تغییر یک یال موقعیت ذره‌ها بهروز شده‌اند.

حرکت تعویض: دو بازیکن مختلف با دو فرزند مشترک به عنوان کاندیدهای حرکت تعویض (تعویض فرزندهای دو بازیکن) انتخاب شده‌اند (شکل ۱۰)). همچنین موارد زیر در انتخاب کاندیدهای نهایی این حرکت در نظر گرفته شده است:

- باید بیشینه سرعت در سطر مربوط به کاندید، به کاندید اختصاص داده شده باشد (احتمال تعویض بالا).
- کاندید با سرعت صفر در ماتریس سرعت، از مجموعه کاندیدها حذف شده است.
- چهار کاندید با بیشینه سرعت برای حرکت تعویض انتخاب شده‌اند.
- در صورت عدم وجود عنصر غیرصفر در ماتریس سرعت (مثلا در تکرار اول)، یک کاندید به طور تصادفی برای حرکت تعویض انتخاب شده است.



شکل ۱۰: جواب‌های قدیمی (زرد) و جواب‌های جدید پیشنهادی (قرمز) بعد از تعویض

تغییر یک یال: عناصری از ماتریس موقعیت (بازیکنانی) که والد آنها بیش از یک فرزند داشته است (مجموع سطر مربوط به آن بیش از یک باشد) و توسط بیش از یک والد به فرزندی انتخاب شده باشند (مجموع ستون مربوط به آن بیش از یک باشد) به عنوان

¹ Fitness Function

رابطه (۷)

$$Fitness = \sum_{i=1}^N \frac{1}{Dist_i} \times Label_i$$

$$Label_i = \begin{cases} 1 & \text{اگر برچسب‌های دو سر یال مشابه باشند} \\ \frac{1}{\gamma} & \text{اگر برچسب‌های دو سر یال مشابه نباشند} \end{cases}$$

بعد از بازگشت به کندو، زنبورهای ناظر^۳ رقص زنبورهای شاغل را مشاهده می‌کنند و براساس رقص آنها منابع غذایی غنی‌تر شناسایی می‌شوند و جستجو حول منابع غنی برای یافتن منابع بهتر توسط زنبورهای ناظر ادامه می‌یابد. اگر منبع غذایی بهتری حول منبع طی تکرارها (حد^۴) یافت نشود، منبع ترک می‌شود و منبع غذایی جدید دیگری به‌طور تصادفی توسط زنبورهای پیش‌آهنگ^۵ جایگزین منبع ترک شده می‌شود [۲۲]

پس از انتقال موقعیت بازیکنان به سیستم مختصات مشترک و تعریف همسایگی‌ها (بخش ۱-۵)، مراحل الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی برای ردیابی بازیکنانها به صورت زیر پیاده‌سازی شده است:

- ۱- ابتدا جواب‌های اولیه مشابه با روش شرح داده شده در بخش‌های ۱-۲-۵ و ۲-۲-۵ ایجاد شده‌اند. برای ایجاد جواب تصادفی ماتریسی با ابعاد $n \times n$ تعداد بازیکنهای آشکارسازی شده است) تعریف شده است. همچنین، بازیکن در تصویر قبل به عنوان والد و بازیکن در تصویر بعد به عنوان فرزند بازیکن در نظر گرفته شده است و فرزنهای بازیکن در ماتریس تعریف شده با یک نشان داده شده‌اند.
- سپس، هر جواب با انتخاب تصادفی یکی از فرزنهای در ماتریس فوق ایجاد شده است. در این مرحله، منابع غذا (معادل جوابهای تصادفی اولیه) توسط زنبورهای شاغل جستجو شده‌اند و

که فاصله بین دو یال با $Dist_i$ و تعداد یال‌ها با N نشان داده شده‌اند و وزن یال‌های بین دو بازیکن غیر همتیمی با پارامتر $\gamma = 5$ کاهش داده شده است. تغییرهای بالا در مراحل کلی الگوریتم اجتماع پرندگان به شرح زیر اعمال شده است:

- انتخاب مقادیر اولیه ذره‌ها در هر تکرار^۶ برای هر ذره (i) مراحل الگ تا ج انجام شده‌اند:
 - (الف) محاسبه مقدار برآزندگی ذره
 - (ب) ماتریس موقعیت ذره با برآزندگی بیشتر از برآزندگی P_{id} جایگزین موقعیت محلی بهینه شده است.
 - (ج) ماتریس موقعیت ذره با برآزندگی بیشتر از برآزندگی P_{gd} جایگزین موقعیت عمومی بهینه شده است.

بعد از انجام مراحل بالا برای تمام ذره‌ها، سرعت و موقعیت هر ذره به روز شده است^۷ مراحل بالا تا برقراری شرط توقف تکرار شده‌اند.

۳-۵- ردیابی بازیکنان با الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی^۸

الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی یک الگوریتم بهینه‌سازی است که از رفتار زنبورهای عسل برای جستجوی غذا الهام گرفته است. در طبیعت زنبورهای کندو به دو دسته زنبورهای شاغل^۹ و غیرشاغل تقسیم می‌شوند. ابتدا زنبورهای شاغل در فضای اطراف کندو به جستجوی غذا می‌پردازند.

³ Onlookers

⁴ Waggle dance

⁵ Limit

⁶ Scout bees

¹ Artificial bee colony

² Employed

با همگرایی الگوريتم به جواب با بالاترين برازنديگی، مسیر نهايی حرکت بازيكنانها و داور مشخص شده است.

۶- پياده‌سازی و ارزیابی نتایج

روش رديابي پيشنهادي روی هفت بخش از شش ويدئوي مختلف^۳ از مسابقه‌های فوتbal (۲۰۳۱) تصویر) که در شرایط متفاوت جوی و زير نور ورزشگاه و نور آفتاب اخذ شده‌اند، ارزیابی شده است. ويدئوهای مذکور، تصاویر دور منظر^۴ از ويدئوهای تلوبيزيوني مسابقات فوتbal هستند که توسط يك دوربين اصلی که جريان اصلی بازي را دنبال می‌کند اخذ شده‌اند. همچنین، از هر ۵ تصویر متوالی يك تصویر انتخاب شده است (فاصله تصاویر ۵ است). اندازه تصاویر اين ويدئوها نيز 704×576 , 720×576 , 704×576 , 720×576 , 544×576 است.

مسير بازيكنان در دو فضای تصویر و مدل استخراج شده‌اند و روی موزاييك تصويری حاصل از مرحله مرتبط‌سازی تصاویر و روی مدل زمين ايجاد شده بر اساس استانداردهای فيفا (اندازه مدل زمين بر اساس اين استانداردها ترسیم شده است)، نمايش داده شده‌اند (شکل ۱۲)). خطای تعیین موقعیت بازيكنان در فضای زمين با رابطه (۸) محاسبه شده است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2)} \quad (8)$$

که X , ΔX , ΔY , N به ترتیب میزان انحراف موقعیت بازيكnan از موقعیت واقعی در دو جهت X و Y و تعداد کل بازيكنان هستند. خطای تعیین موقعیت بازيكنان در فضای زمين برابر با 0.82 متر است (انطباق مسیر واقعی و مسیر محاسباتی). از آنجا که پای بازيكnan

³ Beira-Mar versus Benfica, a short clip, Yemen versus Kuwait, Ayaks versus Real, La Gantoise versus FC Malines, Lyon versus Bayern

⁴ Far view frames

برازنديگی^۱ هر منبع توسط تابع برازنديگی

(بخش ۲-۵) ارزیابی شده است.

۲- همسایگی هر منبع ايجاد شده توسط زنبورهای شاغل جستجو و بهترین همسایه (بالاترين برازنديگی) انتخاب شده است.

۳- مرحله زنبورهای ناظر: همسایگی منابع با برازنديگی بالا توسط زنبورهای ناظر جستجو شده است و منابع همسایه غنی‌تر جايگرین منبع اوليه شده‌اند. بهمنظور جستجوی همسایگی هر منبع، دو حالت زير (بخش ۴-۲-۵) با استفاده از ماتريستعريف شده در نظر گرفته شده است:

الف) حالت تعويض^۲: فرزنهای دو بازيكnan در صورت اشتراك تعويض شده‌اند و همسایگی‌های جستجو شده بعد از بررسی توسط تابع برازنديگی پذيرفته یا رد شده‌اند.

ب) تغيير يك يال: با توجه به مجموع عناصر هر ستون از ماتريستعريف شده در مراحل قبل، فرزنهایی که توسط بيش از يك بازيكnan انتخاب شده‌اند (مجموع ستون بازيكnan بيش از يك است) و والد آنها بيش از يك فرزند داشته است، به عنوان کانديدهای تغيير يال انتخاب شده‌اند. سپس با انتخاب تصادفي يكی از کانديدها، فرزند دیگری به عنوان ادامه مسیر والد بازيكnan در نظر گرفته شده است.

۴- مرحله زنبورهای پيش‌آهنگ: در اين مرحله، منابعی که طی مراحل زياد به دليل برازنديگی پايین تغيير داده نشده‌اند، ترک شده‌اند و منابع جديد دیگری به طور تصادفي توسط زنبورهای پيش‌آهنگ جايگرین منابع ترک شده گردیده‌اند.

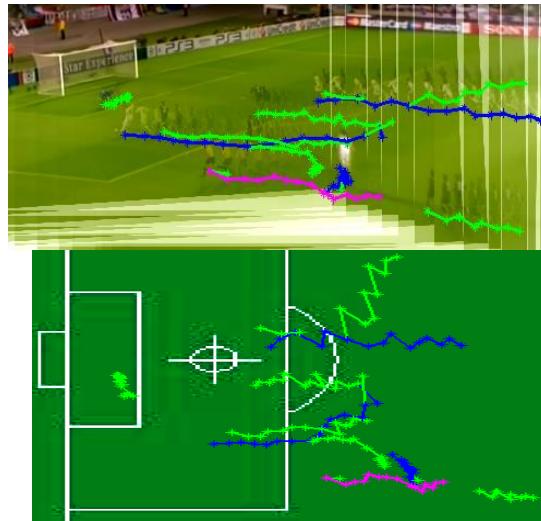
۵- تكرار مراحل ۲ تا ۴ تا برقراری شرط توقف (بيشينه تعداد تكرارها)

¹ Fitness

² Switch

نشان داده شده است. خطاهای ردیابی در مواردی که نقاط فرزند (بخش ۱-۵) معقولی در گراف همسایگی ندارند (نویز، تشخیص‌های اشتباه، دو تکه شدن بدن بازیکن در مرحله آشکارسازی یا وقتی بازیکن از محدوده دید دوربین خارج شده است و در تصاویر بعدی فرزند نداشته است) ایجاد شده‌اند. در شکل (۱۳) یک لبه نادرست در اثر دو تکه شدن بازیکن در مرحله آشکارسازی و ایجاد نویز (بیضی صورتی) و عدم وجود فرزند محتملتر، شکل گرفته است. همچنین به دلیل خارج شدن بازیکن در تصویر ۱۲ از محدوده دید دوربین و نداشتن فرزند محتملتر لبه اشتباه دیگری (قرمز) بین دو هم تیمی انتخاب گردیده است. همانطور که در شکل مربوطه نشان داده شده است، تشخیص اینکه موقعیت ۱۲ در واقع به کدامیک از دو بازیکن در تصویر ۱۱ اختصاص دارد کار ساده‌ای نیست. یالهای اشتباه بین دو غیر هم تیمی ناشی از خارج شدن بازیکن از محدوده دید دوربین با رنگ زرد نشان داده شده‌اند که این یالها بعد از همگرایی با اعمال قیودی ساده مبتنی بر هم‌خوانی برچسبها در مواقعي که بازیکن دو والد دارد قابل اصلاحند. همچنین خطای ردیابی در اثر عدم تشخیص همپوشانی و از دست دادن بازیکن عقبی (بازیکن سبز که پشت بازیکن آبی داخل بیضی قرمز واقع شده است) در شکل (۱۴) نشان داده شده است. هرچند موقعیت بازیکن عقبی به دلیل عدم تفکیک دو بازیکن مقداری جابجا شده (موقعیت بازیکن سبز داخل بیضی قرمز به سمت پایین و به سمت موقعیت بازیکن جلویی (آبی) جابجا شده است)، ولی حالت همپوشانی با اختصاص یک موقعیت به دو بازیکن مشخص شده است. همچنین مسیرهای بازیکنها به دلیل انتخاب محتملترین مسیر، در اثر خطای برچسبدهی به دو قسمت شکسته نشده‌اند و همپوشانی‌های تشخیص داده نشده با اختصاص موقعیت یک بازیکن به دو بازیکن تا حد زیادی جبران شده‌اند. در مجموع روش پیشنهادی به خوبی

موقع دویدن تا یک متر هم باز می‌شود و هر نقطه‌ای بین دو پا را می‌توان موقعیت بازیکن در نظر گرفت، این مقدار خطأ قابل قبول است.



شکل ۱۲: نتایج ردیابی در فضای تصویر و مدل (آبی: بازیکنان تیم ۱، سبز: بازیکنان تیم ۲، صورتی: داور)

روش ردیابی با روابط زیر ارزیابی شده است و دو معیار فرآخوان^۱ و دقت^۲ برای ارزیابی کارایی روش‌های ردیابی بازیکنان در نظر گرفته شده‌اند که برای یک روش مناسب باید هر دو معیار بالا باشند.

رابطه (۹)

$$\frac{TP}{TP + FN} = \text{فرآخوان}$$

$$\frac{TP}{TP + FP} = \text{دقت}$$

نمونه مثبت بازیکن است و نمونه منفی هر چیزی غیر از بازیکن (تکه چمن، خط و غیره) است. در روابط بالا نمونه مثبتی که مثبت تشخیص داده شده با ^۳ TP ، نمونه منفی که مثبت تشخیص داده شده با ^۴ FP ، نمونه مثبتی که منفی تشخیص داده شده با ^۵ FN ، نمونه منفی که منفی تشخیص داده شده با ^۶ TN

¹ Recall

² Precision

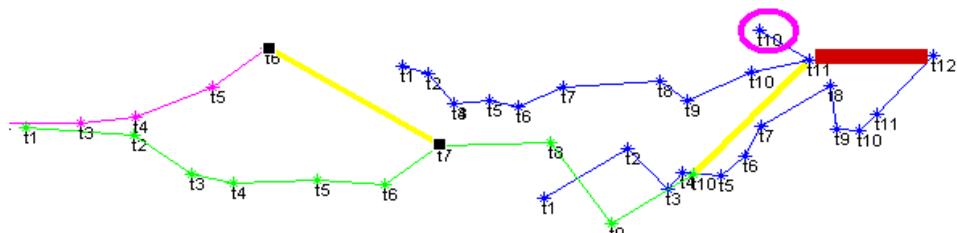
³ True positive

⁴ False positive

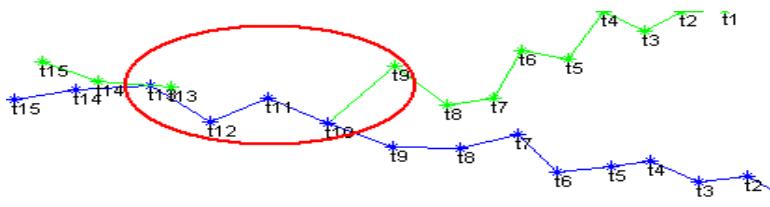
⁵ False negative

⁶ True negative

در زمان کوتاه به جواب مطلوب همگرا شده است.



شکل ۱۳: خطاهای ردیابی (بیضی صورتی): یال اشتباه ناشی از نویز، خطوط قرمز: یال اشتباه بین دو نقطه با برچسبهای مشابه، خطوط زرد: یال اشتباه بین دو نقطه با برچسبهای مختلف، خطوط آبی: یالهای درست بین بازیکن تیم ۱ در تصاویر مختلف، خطوط سبز: یالهای درست بین بازیکن تیم ۲ در تصاویر مختلف، خطوط صورتی: یالهای درست بین موقعیت داور در تصاویر مختلف). خطوط سبز، آبی و صورتی مسیرهای صحیح بازیکنان دو تیم و داور هستند.



شکل ۱۴: خطای ردیابی در اثر عدم تشخیص همپوشانی و از دست دادن بازیکن عقبی (بازیکن سبز که پشت بازیکن آبی داخل بیضی قرمز واقع شده است)

بررسی نشده است یا روش‌ها با معیارهای متفاوت مثلاً توانایی روش در حل مشکل همپوشانی ارزیابی شده‌اند [۴۱ و ۴۲]. در تحقیق قبلی صورت گرفته [۱۰] روی داده‌های یکسان، ردیابی با روش گراف و در نظر گرفتن نزدیکترین بازیکن آشکارسازی شده با تیم مشابه در تصویر بعد به بازیکن در تصویر جاری به عنوان ادامه مسیر بازیکن) انجام گرفته است و مسیر بازیکن در اثر خطای برچسبدهی به دو تکه شکسته شده است، ولی در این مقاله پیوستگی مسیر بازیکن با در نظر گرفتن محتمل‌ترین فرزنده برای هر بازیکن حفظ شده است و خطاهای بر اساس تعداد یالهای اشتباه ارزیابی شده‌اند. در کل بازیکنان در روش پیشنهادی با انعطاف‌پذیری بیشتری ردیابی شده‌اند.

میانگین نتایج ردیابی بازیکنان در جدول (۱) نشان داده شده است و با روش جستجوی کوتاه‌ترین مسیر مقایسه شده است. لازم به ذکر است که با افزایش تعداد کاندیدهای (لبه‌ها)، تعداد دورهای لازم برای همگرایی الگوریتم افزایش یافته است. همچنین، الگوریتم اجتماع پرندگان و الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی در بعضی ویدئوهای در دام کمینه‌های محلی گرفتار شده است که این مشکل با افزایش تعداد اولیه پرندگان تا حدی حل شده است. لازم به ذکر است که نتایج ردیابی توسط دقت روش‌های پیش‌نیاز (برچسبدهی، تعیین موقعیت، حل مشکل همپوشانی و غیره) و کیفیت ویدئوهای مختلف تحت تاثیر قرار می‌گیرند و روش‌ها نبایست تنها بر مبنای دقتهای ارائه شده در مقاله‌ها ارزیابی شوند. همچنین در بعضی مقاله‌ها مشکل همپوشانی همزمان با ردیابی حل شده است [۳۹] یا بازیکنان همپوشان تفکیک نشده‌اند [۸]. بعلاوه در بعضی مقاله‌ها [۴۰] دقت ردیابی

جدول ۱: نتایج ردیابی

روش	فراخوان (%)	دقت (%)
الگوریتم اجتماع پرندگان	۹۴/۴	۹۱/۲
الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی	۹۴/۱	۹۲
روش جستجوی کوتاه‌ترین مسیر	۸۷	۸۴

به منظور افزایش قابلیت اعتماد به نتایج در روش پیشنهادی، بازیکنان به طور همزمان و با درنظر گرفتن تصاویر متواالی ردیابی شده‌اند. ردیابی همزمان بازیکنان مستلزم جستجوی تعداد زیاد یالها در گراف همسایگی تعریف شده در مراحل قبل است. بنابراین، فضای جستجو به دلیل وجود ترکیبات زیاد یال‌ها به عنوان مسیرهای بازیکنان مختلف فضایی بزرگ است. اگر معیار ارزیابی حجم محاسبات تعداد دفعات محاسبه تابع برآزندگی در نظر گرفته شود، تعداد دفعات محاسبه تابع برآزندگی از ضرب تعداد ذرات در تعداد تکرارهای الگوریتم اجتماع پرندگان محاسبه می‌شود. در حالیکه تعداد دفعات محاسبه تابع برآزندگی در یک گراف همسایگی با جستجوی تمام یال‌ها ۲۱۶۰ بار محاسبه شده است، تعداد دفعات محاسبه تابع برآزندگی توسط الگوریتم اجتماع پرندگان ۵۰ بار محاسبه شده است. در نتیجه، میزان محاسبات با جستجوی تصادفی فضای جواب‌ها به میزان قابل توجه کم شده است. در الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی نیز میزان محاسبات به همین روش کاهش چشمگیر داشته است.

دستاورد مهم دیگر این تحقیق کاهش فضای جستجو در مرتبه‌سازی مدل و تصویر است. همانطور که قبلاً شرح داده شد، ارتباط بین تصویر و مدل با انتقال پروژکتیو دو بعدی و با حداقل ۴ خط متناظر در تصویر و مدل محاسبه می‌شود. برای این منظور، ترکیبات مختلف ۴ خط متناظر در تصویر و مدل ارزیابی می‌شوند و ۴ خط متناظر که بهترین ارتباط را بین دو فضای تصویر و مدل برقرار کنند

انتخاب می‌شوند. اگر تعداد خطوط مدل ۱۶ باشد، ۱۸۲۰ روش برای انتخاب ۴ خط مدل وجود دارد و تعداد کاندیدهای تناظریابی خطوط تصویر و مدل برابر $\frac{n!}{4!(n-4)!}$ است که n تعداد خطوط آشکارسازی شده در تصویر است. همانطور که مشاهده می‌شود، تعداد کاندیدهای تناظریابی بسیار زیاد است. در روش پیشنهادی، تعداد کاندیدهای تناظریابی با شناسایی خطوط به یک کاندید کاهش یافته است.

۷- نتیجه‌گیری

در این تحقیق، پس از استخراج موقعیت بازیکنان با استفاده از روش آدابوست و برچسبدهی آنها مسئله ردیابی بازیکنان به صورت یک مسئله بهینه‌سازی مطرح شده است. همچنین، نتایج ردیابی در دو فضای تصویر و مدل بررسی و نمایش داده شده‌اند. الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی و الگوریتم اجتماع پرندگان با الهام از رفتار جمعی زنبورها و پرندگان به منظور جستجوی غذا در حل بسیاری مسائل پیوسته و عددی به صورت کارا استفاده شده است و در مواردی به حل بعضی مسائل گستته توسعه داده شده است. به طور خلاصه، حل مسئله گستته ردیابی بازیکنان فوتیال با بهبود روش‌های هوش مصنوعی به منظور ارزیابی کارایی روش در حل مسائل گستته، هدف اصلی این تحقیق قرار گرفته است. درنتیجه، مسیرهای بهینه بازیکنان بدون افزایش غیرمعمول محاسبات با استفاده از جستجوی تصادفی فضای جوابها استخراج شده‌اند. همچنین به دلیل زیاد بودن تعداد کاندیدهای تناظریابی بین مدل و تصویر در مرتبط سازی تصویر به مدل، روشی برای انتخاب تصاویر کلیدی و مرتبط سازی آنها به مدل بر مبنای شناسایی خطوط پیشنهاد شده است. درنتیجه، تعداد کاندیدهای تناظریابی به میزان قابل توجه کاهش داده شده است. لازم به ذکر است که روش ردیابی در بعضی ویدئوهای ارزیابی شده در دام کمینه‌های محلی

بازيكنان مطالعه خواهند شد.

- [1] T. D'Orazio, M. Leo, "A review of vision-based systems for soccer video analysis, Pattern Recognition", Vol. 43, No. 8, pp. 2911-2926, 2011.
- [2] P. Oskouie, S. Alipour, A. M. Eftekhar-Moghadam, "Multimodal feature extraction and fusion for semantic mining of soccer video: a survey", Artificial Intelligence Review, Vol. 42, No. 2, pp. 173-210, 2014.
- [3] J. Ren, et al, "Multi-camera video surveillance for real-time analysis and reconstruction of soccer games," Journal of Machine Vision and Applications, Vol. 21, No. 6, pp. 855-863, 2010.
- [4] A. Dearden, et al, "Tracking football player movement from a single moving camera," 3rd European Conference on Visual Media Production, London, UK, pp. 29-37, 2006.
- [5] Pascual J. Figueroa, et al, "Tracking soccer players aiming their kinematical motion analysis," Computer Vision and Image Understanding, Vol. 101, No. 2, pp. 122-135, February 2006.
- [6] T.S. Chiang, et al, "An improved mean shift algorithm based tracking system for soccer game analysis", Proceedings of 2009 APSIPA Annual Summit and Conference, Sapporo, Japan, pp. 4-7, 2009.
- [7] N. Vandenbroucke, et al, "Contribution of a color classification to soccer players tracking with snakes," IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. Computational Cybernetics and Simulation, Vol. 4, pp. 3660-3665, 12-15 Oct 1997.
- [8] S. H. Khatoonabadi, M. Rahmati, "Automatic soccer players tracking in goal scenes by camera motion elimination," Image and Vision Computing, Vol. 27, No. 4, pp. 469-479, 3 March 2009.
- [9] S. W. Joo, R. Chellappa, "A multiple-

گرفتار شده است که در تحقیق‌های آینده حل مشکل کمینه‌های محلی و روش‌های دیگر رديابي

مراجع

- hypothesis approach for multiobject visual tracking," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 16, No. 11, pp. 2849-2854, Nov. 2007.
- [10] M. Manafifard, et al, "Player localization and tracking in field model space using graph representation in football broadcast videos", A Joint Publication of the Iranian Society of Instrument and Control Engineers and the K.N. Toosi University of Technology, Vol. 5, No. 1, pp. 77-86, 2011.
- [11] J. Berclaz, et al, "Multiple object tracking using k-shortest paths optimization", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI), Vol. 33, No. 9, pp. 1806-1819, 2011.
- [12] H. B. Shitrit, J. Berclaz, F. Fleuret and P. Fua, "Tracking multiple people under global appearance constraints", IEEE International Conference on Computer Vision, November 2011.
- [13] A. Yilmaz, et al, "Object tracking: A survey", ACM Comput. Surv., Vol. 38, pp. 1-44, December 2006.
- [14] J. Liu et al, "Automatic player detection, labeling and tracking in broadcast soccer video", Pattern Recognition, Vol. 30, No. 2, pp. 103-113, 2009.
- [15] G. Liu, et al, "A novel approach for tracking high speed skaters in sports using a panning camera", Pattern recognition, Vol. 42, No. 11, pp. 2922-2935, 2009.
- [16] J. Kennedy, et al, "Particle swarm optimization", In: Proceedings of IEEE international conference on neural networks, Perth, Australia, pp. 1942-1948, 1995.
- [17] J. Kennedy, R.C. Eberhart, "Discrete binary version of the particle swarm algorithm", In: Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 5, pp. 4104-4108,

- Orlando, Florida, USA, 1997.
- [18] W. Cheng, et al, "Solving traveling salesman problems with time windows by genetic particle swarm optimization", In Proc. IEEE Congress on Evolutionary Computation, pp. 1752-1755, Hong Kong, 2008.
- [19] L. Fang, et al, "Particle swarm optimization with simulated annealing for TSP", In Proceedings of the 6th Conference on 6th WSEAS Int. Conf. on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases, Vol. 6, pp. 206–210, Corfu Island, Greece, 2007.
- [20] K.P. Wang, et al, "Particle swarm optimization for traveling salesman problem", International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Vol. 3, pp. 1583–1585, 2003.
- [21] H. Fan, "Discrete Particle Swarm Optimization for TSP based on Neighborhood", Journal of Computational Information Systems, Vol. 10, pp. 3407-3414, 2010.
- [22] D. Karaboga, "An idea based on honey bee swarm for numerical optimization", Technical Report TR06. Computer Engineering Department, Engineering Faculty, Erciyes University, 2005.
- [23] L. P. Wong, et al, "An efficient bee colony optimization algorithm for traveling salesman problem using frequency-based pruning," In Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN09), Cardiff, UK, pp. 775-782, 2009.
- [24] D.T. Pham, et al, "The bees algorithm – a novel tool for complex optimization problems", Proceedings of IPROMS 2006 Conference, pp. 454-461, 2006.
- [25] S. Hemamalini, et al, "Economic load dispatch with valve-point effect using artificial bee colony algorithm", 32th National Systems Conference, India, pp. 17-19, 2008.
- [26] M. Shokouhifar, et al., "An artificial bee colony optimization for MRI fuzzy segmentation of brain tissue", In Proceedings of the 2011 International Conference on Management and Artificial Intelligence, Vol. 6, Bali, Indonesia, pp. 6-10, 2011.
- [27] M. D. Rossetti, et al, "Application of multi-objective bee colony optimization algorithm to automated red teaming", In Proceedings of the 41th Winter Simulation Conference, Austin, TX, pp. 1798–1808, 2009.
- [28] I. Brajevic, et al, "Performance of the improved artificial bee colony algorithm on standard engineering constrained problems", International journal of mathematics and computers in simulation, Vol. 5, No. 2, pp. 135-143, 2011.
- [29] A. L. Bolaji, et al, "Artificial bee colony algorithm for curriculum-based course timetabling problem", In: ICIT 2011 the 5th International Conference on Information Technology, Malaysia, Jordan, 2011.
- [30] C. S. Chonget al, "A bee colony optimization algorithm to job shop scheduling", In Proc. of the 2006 Winter Simulation Conference, Monterey, CA, pp. 1954–1961, 2006.
- [31] S. J. Mason, et al, "Bee colony optimization algorithm with big valley landscape exploitation for job shop scheduling problems", In Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, Austin, TX, pp. 2050-2058, 2008.
- [32] Y. Liu, et al, "A new method to calculate the camera focusing area and player position on playfield in soccer video", Visual Communications and Image Processing, Vol. 5960, pp. 1523-1533, 2005.
- [33] Bruce D. Lucas, Takeo Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo vision", International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 674–679, 1981.
- [34] C. Tomasi, Takeo Kanade, "Detection and tracking of point features", Carnegie Mellon University Technical Report CMU-CS-91-132, April 1991.

- [35] Y. Xie, Q. Ji, "A new efficient ellipse detection method", Proceedings of 16th International Conference on Pattern Recognition, Vol.2, pp. 957-960, 2002.
- [36] C. A. Basca, M. Talos and R. Brad, "Randomized hough transform for ellipse detection with result clustering", International Conference on "Computer as a Tool", Belgrade, pp. 1397-1400, 2005.
- [37] L. Barceló, et al, "Robust methods and representations for soccer player tracking and collision resolution", In Proceedings of the 4th International Conference on Image and Video Retrieval, Vol. 3568, pp. 237–246, Singapore, 2005.
- [38] M. Manafifard, et al, "Multi-player detection in soccer broadcast videos using a blob-guided particle swarm optimization method," Multimedia Tools and Applications, pp. 1-30, 2016.
- [39] P. Figueroa, et al, "Tracking soccer players using the graph representation", In Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), Vol. 4, pp. 787–790, Washington, DC, USA, 2004.
- [40] Beetz, M., et al, "Visually tracking football games based on TV broadcasts", IJCAI 2007, Proceedings of the 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 1805-1819, Hyderabad, India, 2007.
- [41] K. Sato, J. K. Aggarwal, "Tracking soccer players using broadcast TV images", In IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), pp. 546 – 551, 2005.
- [42] P.J. Figueroa et al, "Tracking Soccer Players aiming their Kinematical Motion Analysis", Computer Vision and Image Understanding, Vol. 101, No. 2, pp. 122–135, 2006.



Player Tracking using Graph and Artificial Intelligence methods in Soccer Broadcast Videos

Mehrtash Manafifard¹, Hamid Ebadi², Hamid Abrishami Moghaddam³

1- Ph.d student of Photogrammetry and Remote Semsing in Department of Geomatics, College of Engineering, K.N. Toosi University of Technology

2- Assisstant professor in Department of Geomatics, College of Engineering, K. N. Toosi University of Technology

3- Assisstant professor in Department of Electrical Engineering, College of Engineering, K. N. Toosi University of Technology

Abstract

Player tracking in soccer broadcast videos can be further processed by coaches and experts to judge weaknesses and strengths of the players and the team. Following player detection by Adaboost, player labeling, occlusion handling and player localization, player trajectory is extracted using combination of graph with artificial bee colony (ABC) and particle swarm optimization (PSO) in this research. PSO and ABC are optimization method inspired by the flocking behavior of birds and bees which were originally customized for continuous function value optimization. However, the need for modifying the discrete version in different applications is inevitable. In this paper, a modified version of discrete PSO and ABC for player tracking is proposed. Moreover, a new method for registering frames to the field model based on line recognition is proposed to diminish the search space. Finally, the proposed algorithm is tested on seven shots from six different soccer broadcast videos. Experimental results show the capability of the proposed method for extracting player trajectory in soccer broadcast videos.

Key words: Tracking, Football, Gragh, Artificial bee colony, Particle swarm optimization.

Correspondence Address: Dept. of Photogrammetry and Remote Semsing - K.N. Toosi University of Technology - Valieasr Street - Tehran – Iran
Tel: +98 88770218
Email: mmmanafifard@mail.kntu.ac.ir