نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال پنجم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶

Vol.5, No.2, Summer 2017

۵۷-۷۷

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

مهرتاش منافی فرد[1*]، حمید عبادی[2]، حمید ابریشمی مقدم[3]

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: ۱۳۹۴/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰

چکیده

در سالهای اخیر، ردیابی بازیکنان در ویدئوی مسابقات فوتبال 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 پرندگان 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 گسسته در کاربردهای مختلف باید بهبود داده شوند. در این راستا، استخراج مسیرهای بهینه بازیکنان به-طور همزمان و با در نظر گرفتن تصاویر متوالی در روش گراف با مشکل فضای جستجوی بزرگ مواجه است. به‌منظور اجتناب از افزایش غیرمعمول محاسبات، مسیرهای بهینه بازیکنان با استفاده از حالتی توسعه داده شده از روش‌های هوش مصنوعی برای حل مسئله گسسته ردیابی بازیکنان استخراج شده‌اند. در پایان روش پیشنهادی روی هفت بخش از شش ویدئوی مختلف ارزیابی شده است و مسیرهای حرکت بازیکنان در ویدئوی مسابقه‌های فوتبال استخراج شده‌اند.

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

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

تلفن : ۸۸۷۷۰۲۱۸

Email: mmanafifard@mail.kntu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

۱- مقدمه

در سالهای اخیر، تجزیه و تحلیل ویدئوهای ورزشی به‌منظور 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 به‌عنوان 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] مروری بر روش‌های مختلف ردیابی بازیکنان انجام گرفته است. در این راستا، روش‌هایی نظیر فیلتر کالمن [۳]، فیلتر ذره‌ای[1] [۴]،گراف [۵]، جابجایی میانگین[2] [۶]، اسنیک[3] [۷]،تطبیق قالب‌ها[4] [۸]،روش چندفرض[5] [۹] به‌منظور ردیابی بازیکنان استفاده شده‌اند. در مقاله منافی‌فرد و همکاران[۱۰]، بازیکنان بعد از تعیین موقعیت و تعیین تیم هر بازیکن با روش گراف ردیابی شده‌اند. در این روش به‌دلیل در نظر گرفتن قیود انعطاف‌ناپذیر در مرحله تعیین مسیر هر بازیکن (نظیر در نظرگرفتن نزدیکترین بازیکن آشکارسازی شده با تیم مشابه در تصویر بعد به بازیکن در تصویر جاری به‌عنوان ادامه مسیر بازیکن) هرگونه خطا در مرحله برچسب‌دهی (تعیین تیم) منجر به گسسته شدن مسیر حرکت بازیکن شده است. در مقاله برکلاز و همکاران[۱۱]، ردیابی افراد پیاده‌ای که در حال قدم زدن هستند به‌صورت مسئله بهینه‌سازی مطرح شده است و افراد با روش کوتاه‌ترین مسیر[6] و ساختار گراف ردیابی شده‌اند. در مقاله شیتریت و همکاران[۱۲]، ردیابی افراد به‌صورت یک مسئله بهینه‌سازی مطرح شده است و روش گراف و برنامه‌ریزی خطی[7] برای ردیابی 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 ردیابی بازیکنان در ویدئوهای مسابقات فوتبال صادق نیست.

به‌طور خلاصه، هر روش ردیابی مزایا و معایبی دارد[۱۳]. به‌عنوان 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[8] و پارامترها حساس است. از طرف دیگر، در روش چند فرض اطلاعات ظاهری درنظر گرفته نمی‌شوند و حجم محاسبات زیاد است. جستجو در روش تطبیق قالبها نیز یک جستجوی سخت[9] است که این مشکل در روش جابجایی میانگین حل می‌شود. در روش جابجایی میانگین، اگر بازیکن داخل پنجره جستجوی اولیه نباشد، ردیابی 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، ردیابی بازیکنان برخلاف تحقیقات قبلی صورت گرفته در این زمینه [۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۵] به‌صورت یک مسئله بهینه‌سازی با الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی و الگوریتم اجتماع پرندگان[10] مطرح شده است و بازیکنان با انتخاب محتملترین مسیرها در گراف به‌عنوان مسیرهای حرکت بازیکنان

[1] Particle filter
[2] Meanshift
[3] Snake
[4] Template matching
[5] Multiple hypothesis tracking (MHT)
[6] K-Shortest Paths Optimization
[7] Linear Programming
[8] Occlusions
[9] Exhaustive search
[10] Particle swarm optimization (PSO)

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

ردیابی شده‌اند. از سال ۱۹۹۵ تا امروز توانایی الگوریتم اجتماع پرندگان و الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی در حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته به اثبات رسیده است ولی باید برای حل مسائل گسسته در کاربردهای مختلف آزمایش شوند تا انعطاف و توانایی آنها در حل مسائل گسسته ارزیابی شوند. در این مقاله، تلفیق گراف و این روشها با اعمال تغییراتی در معادلات برای ردیابی بازیکنان در ویدئوی تلویزیونی مسابقات فوتبال به کار برده شده است.

الگوریتم اجتماع پرندگان یک الگوریتم جستجوی جمعی است که از رفتارهای اجتماعی گروه پرندگان به‌منظور جستجوی غذا الهام گرفته است. این الگوریتم اولین بار در سال ۱۹۹۵[۱۶] برای حل مسائل پیوسته مطرح شده است و مدل کردن رفتارهای ساده افراد و تعامل‌های محلی با محیط و همسایه‌ها برای به‌دست آوردن رفتارهای پیچیده‌تر به‌منظور حل مسئله، مقصود آن در نظر گرفته شده است. سپس حالت باینری و گسسته آن در سال ۱۹۹۷[۱۷] مطرح شده است و توسعه حالت گسسته آن در بعضی کاربردها به‌خصوص مسئله مرد تاجر[1] که از مسائل معروف بهینه‌سازی است هدف نویسندگان بعضی مقالات [۱۸، ۱۹، ۲۰ و ۲۱] قرار گرفته است. در مقاله چنگ و همکاران[۱۸]، ژنتیک به همراه الگوریتم اجتماع پرندگان برای حل مسئله مرد تاجر به کار برده شده است. در تحقیق دیگری توسط فانگ و همکاران [۱۹]، روش تبرید تدریجی[2] به همراه الگوریتم 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 الگوریتم اجتماع پرندگان، الگوریتم مورچه‌ها و تبرید تدریجی مقایسه شده‌اند که در این مقایسه کارایی روش ترکیبی بهتر از سایر روش‌ها گزارش شده است.

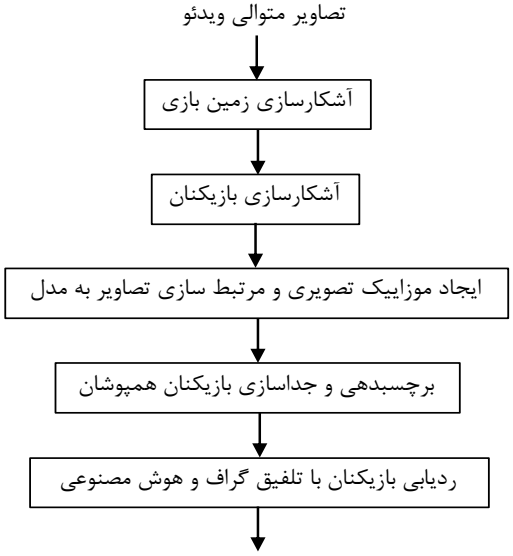
الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی در سال ۲۰۰۵ [۲۲] پیشنهاد شده است و در کاربردهای مختلف به کار رفته است. در مقاله ونگ و همکاران [۲۳]، حل مسئله مرد تاجر با الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی و به‌کارگیری روشهایی در پیشنهاد جوابها به‌منظور کاهش حجم محاسبات بهبود داده شده است. در مقاله فام و همکاران [۲۴]، مقایسه کارایی الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی[3] با الگوریتم اجتماع پرندگان، ژنتیک و الگوریتم تکامل دیفرانسیل[4] روی یکسری توابع با ابعاد مختلف صورت گرفته است. در این مقایسه، کارایی الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی با به‌کارگیری پارامترهای کم به‌خصوص روی مسائل چندمتغیره و دارای بیش از یک بهینه محلی، مشابه یا بهتر از سایر روش‌ها گزارش شده است. یکی از کاربردهای اقتصادی الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی، حداقل نمودن قیمت سوخت در کل واحدهای تولیدی است که با اعمال یکسری قیود توسط هماماليني و همکاران [۲۵] مطرح شده است و همگرایی این روش در مقایسه با الگوریتم ژنتیک سریعتر و زمان محاسبات آن برای سیستمهای با مقیاس بالا کمتر گزارش شده است. در تحقیق دیگری توسط شکوهیفر و همکاران [۲۶]، کاربرد الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی در پردازش تصویر شامل بهبود دقت جداسازی شیء دلخواه از پس‌زمینه تصاویر تشدید مغناطیسی[5] مغز با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی فازی[6] مطرح شده است. به‌دلیل حساسیت روش طبقه‌بندی به کار رفته به نویز، قبل از انجام کلاس‌بندی پیکسلها به کمک تعیین حدود آستانه با استفاده از الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی به دو دسته نویزدار و نرمال تفکیک شده‌اند.

[1] Travelling salesman problem (TSP)
[2] Simulated annealing
[3] Artificial bee colony
[4] Differential evolution
[5] Magnetic resonance imaging (MRI)
[6] Fuzzy C-Means

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

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]، در مسائل قیددار مهندسی [۲۸] و در مسائل زمانبندی ساعات در کاربردهای تحصیلی [۲۹] نیز مطرح شده است. همچنین، این روش در کاربردهای صنعتی به‌منظور کاهش زمان انجام عملیات توسط ماشین‌ها توسط نویسندگان بعضی مقالات [۳۰ و 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 برده شود.

روندنمای ردیابی بازیکنان در شکل (۱) نشان داده شده است. ورودی‌های مورد نیاز مرحله ردیابی (موقعیت بازیکنان، تیم بازیکنان، موزاییک تصویری و مرتبط‌سازی تصاویر با مدل) در چهار مرحله اول فراهم شده‌اند. به‌منظور کاهش نواحی کاندید بازیکن و حذف نواحی چمن و خارج زمین، ابتدا زمین بازی با مدل گوسی ترکیبی[1] آشکارسازی شده است و موقعیت‌های بازیکنان داخل محدوده چمن با روش آدابوست استخراج شده‌اند. به‌منظور انتقال موقعیت بازیکنان آشکارسازی شده به یک سیستم مختصات مشترک و ردیابی بازیکنان در این سیستم مختصات، موزاییک تصاویر ایجاد شده است و تصاویر از طریق تصاویر کلیدی به مدل زمین مرتبط شده‌اند (مرتبط‌سازی[2] تصویر و مدل). در مرحله بعد، برچسب‌دهی (تعیین تیم) بازیکنان و جداسازی بازیکنان همپوشان انجام شده است. سپس، بازیکنان ردیابی شده‌اند که هدف از ردیابی تعیین موقعیت بازیکنان در تصاویر متوالی با در نظر گرفتن ارتباط آنهاست. در مرحله ردیابی، موقعیت بازیکنان با استفاده از نتایج مرحله مرتبط‌سازی به یک سیستم مختصات مشترک منتقل شده است. سپس، گراف همسایگی با استفاده از نتایج مراحل قبل ایجاد شده است و از روش‌های هوش مصنوعی برای استخراج مسیرهای بهینه بازیکنان در گراف همسایگی استفاده شده است.



شکل ۱: روندنمای ردیابی بازیکنان

مرتبط‌سازی تصویر و مدل زمین در اغلب تحقیقات پیشین [۸ و ۳۲] با تناظریابی خطوط آشکارسازی شده در فضای تصویر و مدل برقرار شده است. برای این منظور، حداقل دو خط عمودی و دو خط افقی متناظر در دو فضا شناسایی 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 بین دو فضا برقرار کرده‌اند) انتخاب شده است. هرچند به‌دلیل ازدیاد کاندیدهای تناظریابی، ترکیبات زیادی در این روش‌ها ارزیابی شده‌اند. با شناسایی خطوط در روش پیشنهادی، نیازی به

[1] Gaussian mixture model (GMM)
[2] Registration

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

آزمایش ترکیبات مختلف تناظریابی نیست و تعداد کاندیدهای تناظریابی و حجم محاسبات کاهش داده شده‌اند. همچنین به‌منظور 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 به‌عنوان تصویر کلیدی بیشتر است.

در روش ردیابی براساس گراف، یک گراف با استفاده از نتایج آشکارسازی بازیکنان ایجاد شده است و بازیکنان با یافتن مسیرهای بهینه‌شان در گراف ردیابی شده‌اند. بنابراین، بازیکنان آشکارسازی شده در تصاویر متوالی با رئوس گراف نشان داده شده‌اند که با لبه‌ها به‌هم 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 به‌عنوان ادامه مسیر بازیکن ممکن است با مشکل مواجه شود. به‌منظور حل مشکل، در این تحقیق مسیرهای همه بازیکنان به‌طور همزمان روی گراف تعیین شده‌اند تا ابهامات در مورد مسیر بازیکنان مجاور کم شود. در این روش، جستجوی تمام لبه‌ها به‌منظور تعیین مسیر بازیکنان از نظر محاسباتی پرهزینه است و فضای جستجو با افزایش تعداد تصاویر و لبه‌ها بزرگتر می‌شود. به‌منظور حل این مشکل، فضای جوابها با به‌کارگیری روش‌های هوش مصنوعی جستجو شده است. همچنین، از قیود انعطاف‌ناپذیر در ردیابی 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 روش مدل گوسی ترکیبی و بازیکنان با آدابوست 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 ردیابی شده‌اند. در بخش ششم، نتایج به‌دست 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 به‌عنوان ورودی مراحل بعد ارائه داده است. سپس به‌منظور کاهش کاندیدهای بازیکنان، نواحی پس‌زمینه (تماشاگرها، خارج چمن) با تشکیل پوش محدب[1] زمین [۱۰] و اعمال عملیات مورفولوژی حذف شده‌اند. با حذف ناحیه چمن و تماشاگرها، بازیکنان با آدابوست و ساختار آبشاری [۱۰] که از روش‌های سریع طبقه‌بندی است آشکارسازی شده‌اند.

۳- ایجاد موزاییک تصویری و مرتبط‌سازی تصاویر با مدل

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

[1] Convex hull

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

موقعیت پاهای 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.

به‌منظور مرتبط‌سازی تصاویر و ایجاد موزاییک تصویری، ویژگیها بین تصاویر متوالی با روش کانید-لوکاس توماسی[1] [۳۳ و ۳۴] 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 به‌منظور 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.

۳-۱- 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. به‌منظور مرتبط‌سازی تصویر کلیدی به مدل زمین، ماتریس پروژکتیو دو بعدی با استفاده از نقاط تقاطع خطوط و دوایر متناظر (ویژگی‌های متناظر) در تصویر کلیدی و مدل زمین محاسبه شده است [۱۰]. از آنجا که مرتبط‌سازی تصویر به مدل مستلزم تعداد کافی ویژگی‌های متناظر است، تصاویر با تعداد خطوط و دوایر بیشتر (مثلا تصاویر ناحیه پنالتی و وسط زمین) به‌عنوان 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[2] (بخش ۳-۱-۲) براساس تعداد ویژگی‌های آشکارسازی شده در تصویر تعریف شده است که هر چه مقدار تابع هزینه کمتر باشد، احتمال انتخاب تصویر به‌عنوان تصویر کلیدی بیشتر است. همچنین، در تحقیقات پیشین[۸ و ۳۲] ترکیبات مختلف خطوط متناظر (کاندیدهای تناظریابی) به‌منظور مرتبط‌سازی مدل و تصویر ارزیابی شده‌اند و بهترین کاندید تناظریابی بر اساس تابع هزینه انتخاب شده است. هرچند به‌دلیل ازدیاد 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 به‌منظور آشکارسازی خطوط حذف شده‌اند. لذا، بعد از استخراج ماسک[3] زمین (شکل (۳-الف)) و لبه‌ها با اپراتور کنی[4]، 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 به‌مساحت و اندازه بازیکنان قرار دارد *(P)* از نواحی استخراج شده حذف شده‌اند. سپس، محدوده دور زمین

[1] Kanade–Lucas-Tomasi feature tracker (KLT)

[2] Cost function
[3] Mask
[4] Canny

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

(شکل (۳-ج)) از اختلاف ماسک اتساع[1] و فرسایش[2] 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[3] [۳۵ و 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 شیب خطوط و حضور بیضی شناسایی شده است.

در تصاویر دور منظر ویدئوهای تلویزیونی مسابقات فوتبال، گروهی از تصاویر متوالی ناحیه چپ، گروهی از تصاویر متوالی ناحیه راست و گروهی دیگر ناحیه وسط زمین را نشان می‌دهند. به‌منظور افزایش دقت مرتبط‌سازی، در صورت تغییر ناحیه زمین مثلا از تصاویر کناری زمین به تصاویر وسط زمین تصویر کلیدی برای هر گروه انتخاب شده است (شکل (۴)).

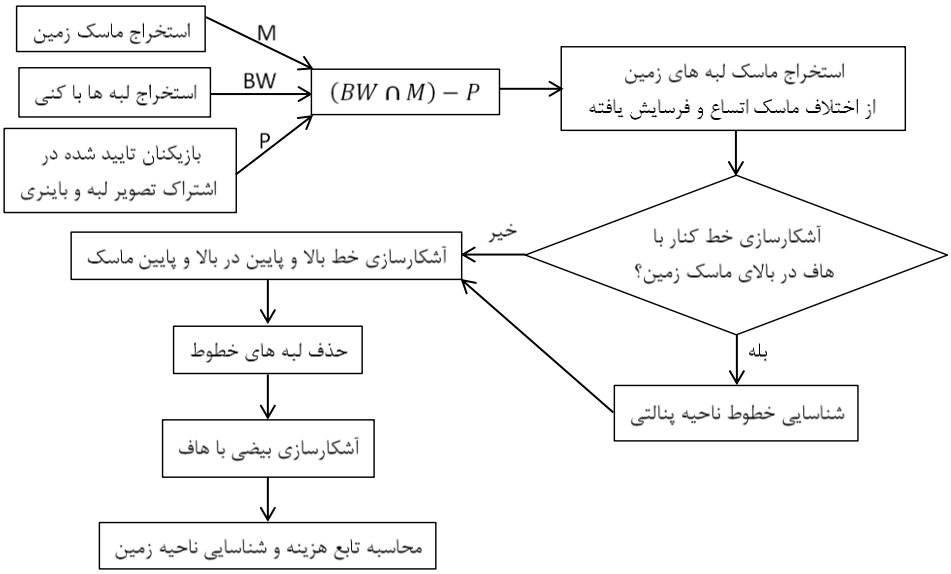
در زیر بخش‌های زیر تابع هزینه و شناسایی خطوط ناحیه پنالتی شرح داده شده‌اند.

۳-۱-۱- شناسایی خطوط ناحیه پنالتی

همانطور که در بخش ۳-۱ شرح داده شد، شناسایی خطوط ناحیه پنالتی با هدف کاهش تعداد کاندیدهای تناظریابی در مرتبط‌سازی 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 (مثلا خط عمودی نزدیکتر به خط کناری، خط عمودی خارجی است و خط عمودی دورتر به خط کناری، خط عمودی داخلی است). در مرحله بعد با حذف 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.

[1] Dilation
[2] Erosion
[3] Hough transform

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

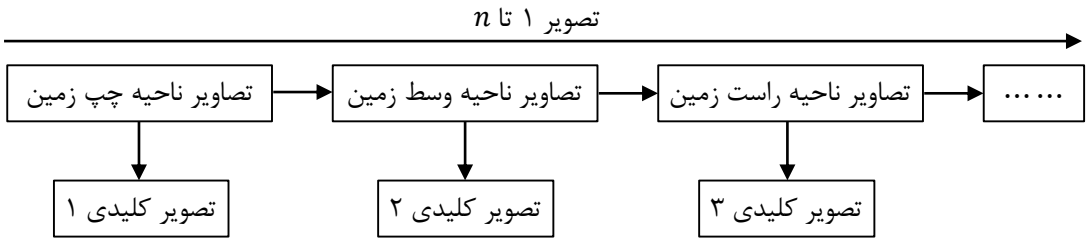


شکل ۲: روندنمای انتخاب تصاویر کلیدی



الف ب ج د ه

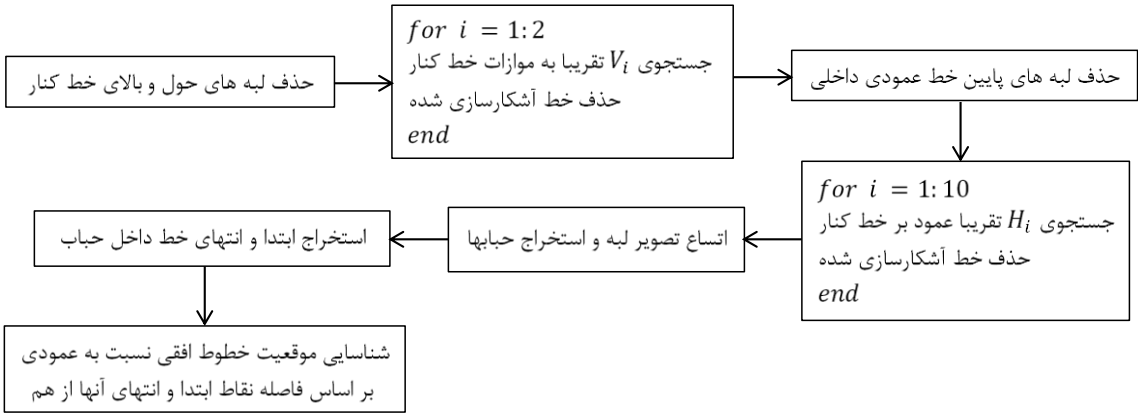
شکل ۳: الف) ماسک زمین، ب) لبه‌های داخل ماسک زمین، ج) اختلاف ماسکهای اتساع وفرسایش یافته، د) خط کناری زمین، ه) خط بالای زمین



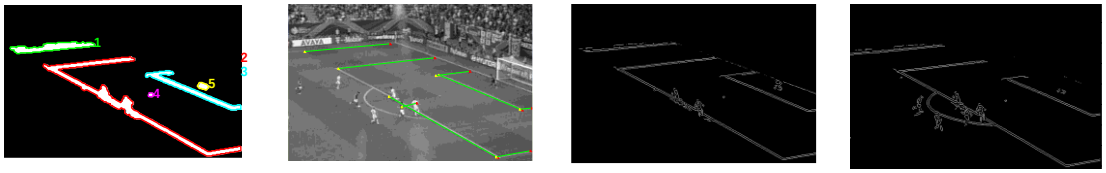
شکل۴: انتخاب تصاویر کلیدی در بخشهای مختلف ویدئو

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]



شکل ۵: روندنمای شناسایی خطوط ناحیه پنالتی



(د) (ج) (ب) (الف)

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

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

همانطور که در بخش ۳-۱ 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 به‌عنوان 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 به‌عنوان تصویر کلیدی بیشتر است. به منظور انتخاب تصاویر کلیدی، تابع هزینه به‌صورت 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 این‌صورت صفر است. در رابطه بالا، مقدار w_2 در صورت آشکارسازی بیضی کاهش می‌یابد. در نتیجه مقدار تابع هزینه کمتر می‌شود و احتمال انتخاب تصویر به‌عنوان تصویر کلیدی افزایش می‌یابد.

رابطه (۱)

$$cost = w_1 \times w_2$$

$$w_1 = \frac{1}{K(nv^r+nh^r)+N},$$

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

$$w_2 = \begin{cases} \frac{1}{1000}, & if\ n^e = 1 \\ 1, & else \end{cases}$$

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 به‌عنوان تصویر کلیدی افزایش می‌یابد. همچنین به‌دلیل نیاز به حداقل چهار نقطه (تقاطع دو خط افقی و دو خط عمودی)، این مقدار در صورت آشکارسازی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

حداقل دو خط افقی و عمودی بیشتر کاهش می‌یابد تا احتمال انتخاب تصاویر با حداقل دو خط افقی و دو خط عمودی به‌عنوان 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 فوتبال، همپوشانی بین بازیکنان به‌ویژه بازیکنان حریف به‌دلیل 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] به‌منظور حل همپوشانی‌ها استفاده شده‌اند. در این مرحله، از روش ارائه شده توسط منافی‌فرد و همکاران[۱۰] به‌منظور 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 به‌روزکردن 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.

۵-۱- تعریف همسایگی

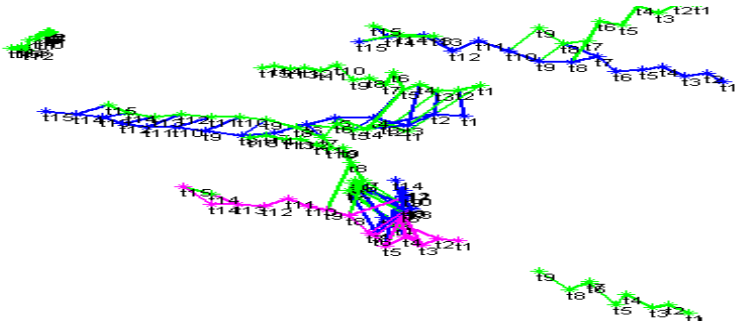
به‌منظور ردیابی بازیکنان نقطه وسط ضلع پایینی مستطیل دربرگیرنده هر بازیکن به‌عنوان موقعیت بازیکن در نظر گرفته شده است. همچنین، با استفاده از نتایج مرتبط‌سازی تصاویر در مراحل قبل، موقعیت بازیکنان به سیستم مختصات مشترک (مدل یا سیستم مختصات تصویر اول) منتقل شده‌اند. سپس به‌منظور آماده‌سازی ورودی‌های مرحله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

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

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

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]



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

۵-۲- ردیابی بازیکنان بااستفاده از الگوریتم اجتماع پرندگان بهبود یافته

در الگوریتم اجتماع پرندگان، 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) $$V_{id}^{new} = w_i.V_{id}^{old} + c_1.r_1.(P_{id} - x_{id}) + c_2.r_2.(P_{gd} - x_{id})$$

که مقادیر تصادفی استخراج شده از بازه $U(0,1)$ با r_1 و r_2، وزن‌ها با c_1 و c_2، وزن اینرشیا 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) $$w = w_max - [(w_max - w_min) \times iter]/ \llbracket max \rrbracket _iteration$$

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 به‌روز شده است:

رابطه (۵) $$x_{id} = x_{id} + V_{id}$$

در سال ۱۹۹۷، الگوریتم فوق برای حل مسائل گسسته و باینری توسعه داده شد [۱۷]. الگوریتم اجتماع پرندگان با جستجوی تصادفی فضای جواب‌ها (جستجوی تصادفی مسیرهای بهینه بازیکنان در گراف همسایگی)، زمان محاسبات را به‌میزان قابل توجه کاهش می‌دهد. در زیربخش‌های زیر، الگوریتم اجتماع پرندگان به‌منظور ردیابی بازیکنان در ویدئوی فوتبال توسعه داده شده است. در ادامه، اجزای مختلف الگوریتم اجتماع پرندگان شامل نحوه نمایش ذرات رفتارهای فردی و اجتماعی به‌روز می‌گردد و موقعیت جدید با توجه به سرعت به‌روز شده تخمین زده می‌شود. در الگوریتم اجتماع پرندگان اولیه، سرعت V_{id}^{new} هر پرنده (i) در هر بعد (d) با استفاده از رابطه (۳) به‌روز شده است:

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

(پرنده‌ها) به‌صورت ماتریس موقعیت، مقداردهی اولیه ذرات (تعیین موقعیت و سرعت اولیه هر ذره)، تغییرات در نحوه به‌روزکردن معادلات سرعت و موقعیت ذرات و تابع برازندگی مورد استفاده شرح داده شده است.

۵-۲-۱- 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 به‌ترتیب به‌عنوان والد و فرزند بازیکن در تصویر جاری در نظر گرفته شده‌اند. به‌منظور 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

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

بـازیکن دوم باشـد، در سـطر دوم و سـتون اول یـک قرار داده شده است).

	P1	*P2*	*P3*	...	...	*Pn*
P1	*0*	*0*	*0*	*1*	*0*	*0*
P2	*1*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
P3	*0*	*0*	*1*	*0*	*0*	*0*
.	*0*	*1*	*0*	*0*	*0*	*0*
.	*0*	*0*	*0*	*0*	*1*	*0*
Pn	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*1*

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

۵-۲-۲- مقداردهی اولیه ذره‌ها

جستجو در الگوریتم اجتماع پرندگان با مقداردهی اولیه ذرات (تعیین ماتریس موقعیت و سرعت برای هر ذره) به‌طور 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)

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

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 ۱- با ۰.۹ و بقیه مقادیر با صفر جایگزین شده‌اند. همچنین، ترم سوم در معادله به‌روز کردن سرعت، با روشی 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[1] در بازه[۰,۱] قرار گرفته‌اند.

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.

۵-۲-۳- به‌روز کردن سرعت

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

۵-۲-۴- به‌روز کردن موقعیت

نحوه به‌روز کردن ماتریس موقعیت هر ذره نیز به منظور ردیابی بازیکنان تغییر داده شده است. لذا، بازیکنی که فرزند آن بیشینه سرعت را در سطر مربوط به بازیکن در ماتریس سرعت ذره داشته است، به‌عنوان کاندید به‌روز کردن موقعیت انتخاب شده است. کاندیدها در شکل (۹) با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند.

[1] Sigmoid Function

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

۰	۰	۰	۱	۰	۰
۱	۰	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۱	۰	۰	۰
۰	۱	۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰	۱	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۱

x_{id}

۰	۰,۵	۰	۰,۳	۰	۰
۰,۹	۰	۰,۴	۰	۰	۰
۰	۰	۰,۲	۰,۶	۰	۰
۰	۰,۸	۰	۰,۹	۰	۰
۰	۰	۰	۰,۷	۰,۸	۰
۰	۰	۰	۰	۰,۶	۰,۵

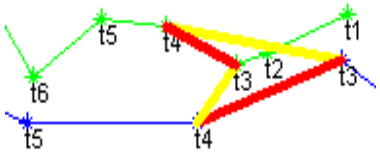
V_{id}

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

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

حرکت تعویض: دو بازیکن مختلف با دو فرزند مشترک به‌عنوان 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 به‌طور تصادفی برای حرکت تعویض انتخاب شده است.

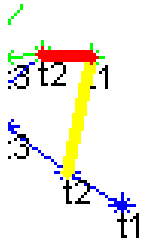


شکل ۱۰: جواب‌های قدیمی (زرد) و جواب‌های جدید پیشنهادی (قرمز) بعد از تعویض

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) به‌عنوان 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 عملیلت تغییر یال

۵-۲-۵- تابع برازندگی[1]

به‌منظور به‌روزکردن مقادیر P_{id} و P_{gd} در هر تکرار، مقادیر P_{id} و P_{gd} با ماتریس موقعیت ذره با برازندگی بیشتر از برازندگی P_{id} و P_{gd} جایگزین شده‌اند. برای این منظور تابع برازندگی از رابطه زیر محاسبه شده است:

[1] Fitness Function

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

رابطه (۷)

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

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

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{
برای هر ذره (i) مراحل الف تا ج انجام شده‌اند:
الف) محاسبه مقدار برازندگی ذره
ب) ماتریس موقعیت ذره با برازندگی بیشتر از برازندگی P_{id}، جایگزین موقعیت محلی بهینه شده است.
ج) ماتریس موقعیت ذره با برازندگی بیشتر از برازندگی P_{gd}، جایگزین موقعیت عمومی بهینه شده است.
بعد از انجام مراحل بالا برای تمام ذره‌ها، سرعت و موقعیت هر ذره به‌روز شده است}
مراحل بالا تا برقراری شرط توقف تکرار شده اند.

۵-۳- ردیابی بازیکنان با الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی[1]

الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی یک الگوریتم بهینه-سازی است که از رفتار زنبورهای عسل برای جستجوی غذا الهام گرفته است. در طبیعت زنبورهای کندو به دو دسته زنبورهای شاغل[2] و غیرشاغل تقسیم می‌شوند. ابتدا زنبورهای شاغل در فضای اطراف کندو به جستجوی غذا می‌پردازند.

بعد از بازگشت به کندو، زنبورهای ناظر[3] رقص[4] 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[5]) یافت نشود، منبع ترک می‌شود و منبع غذایی جدید دیگری به‌طور تصادفی توسط زنبورهای پیش‌آهنگ[6] جایگزین منبع ترک شده می‌شود [۲۲]
پس از انتقال موقعیت بازیکنان به سیستم مختصات مشترک و تعریف همسایگی‌ها (بخش ۵-۱)، مراحل الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی برای ردیابی بازیکنها به‌صورت زیر پیاده‌سازی شده است:

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

[1] Artificial bee colony
[2] Employed
[3] Onlookers
[4] Waggle dance
[5] Limit
[6] Scout bees

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

برازندگی[1] هر منبع توسط تابع برازندگی (بخش ۵-۲-۵) ارزیابی شده است.

۲- همسایگی هر منبع ایجاد شده توسط زنبورهای شاغل جستجو و بهترین همسایه (بالاترین برازندگی) انتخاب شده است.

۳- مرحله زنبورهای ناظر: همسایگی منابع با برازندگی بالا توسط زنبورهای ناظر جستجو شده است و منابع همسایه غنی‌تر جایگزین منبع اولیه شده‌اند. به‌منظور جستجوی همسایگی هر منبع، دو حالت زیر (بخش ۵-۲-۴) با استفاده از ماتریس تعریف شده در نظر گرفته شده است:

الف) حالت تعویض[2]: فرزندهای دو بازیکن در صورت اشتراک تعویض شده‌اند و همسایگی‌های جستجو شده بعد از بررسی توسط تابع برازندگی پذیرفته یا رد شده‌اند.

ب) تغییر یک یال: با توجه به مجموع عناصر هر ستون از ماتریس تعریف شده در مراحل قبل، فرزندهایی که توسط بیش از یک بازیکن انتخاب شده‌اند (مجموع ستون بازیکن بیش از یک است) و والد آنها بیش از یک فرزند داشته است، به‌عنوان کاندیدهای تغییر یال انتخاب شده‌اند. سپس با انتخاب تصادفی یکی از کاندیدها، فرزند دیگری به‌عنوان ادامه مسیر والد بازیکن در نظر گرفته شده است.

۴- مرحله زنبورهای پیش‌آهنگ: در این مرحله، منابعی که طی مراحل زیاد به‌دلیل برازندگی پایین تغییر داده نشده‌اند، ترک شده‌اند و منابع جدید دیگری به‌طور تصادفی توسط زنبورهای پیش‌آهنگ جایگزین منابع ترک شده گردیده‌اند.

۵- تکرار مراحل ۲ تا ۴ تا برقراری شرط توقف (بیشینه تعداد تکرارها)

با همگرایی الگوریتم به جواب با بالاترین برازندگی، مسیر نهایی حرکت بازیکنها و داور مشخص شده است.

۶- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

روش ردیابی پیشنهادی روی هفت بخش از شش ویدئوی مختلف[3] از مسابقه‌های فوتبال (۲۰۳۱ تصویر) که در شرایط متفاوت جوی و زیر نور ورزشگاه و نور آفتاب اخذ شده‌اند، ارزیابی شده است. ویدئوهای مذکور، تصاویر دور منظر[4] از ویدئوهای تلویزیونی مسابقات فوتبال هستند که توسط یک دوربین اصلی که جریان اصلی بازی را دنبال می‌کند اخذ شده‌اند. همچنین، از هر ۵ تصویر متوالی یک تصویر انتخاب شده است (فاصله تصاویر ۵ است). اندازه تصاویر این ویدئوها نیز ۵۷۶×۷۲۰، ۵۷۶×۷۰۴، ۵۷۶×۷۲۰، ۵۷۶×۷۲۰، ۵۷۶×۵۴۴، ۵۷۶×۷۰۴ است.

مسیر بازیکنان در دو فضای تصویر و مدل استخراج شده‌اند و روی موزاییک تصویری حاصل از مرحله مرتبط‌سازی تصاویر و روی مدل زمین ایجاد شده بر اساس استانداردهای فیفا (اندازه مدل زمین بر اساس این استانداردها ترسیم شده است)، نمایش داده شده‌اند (شکل (۱۲)). خطای تعیین موقعیت بازیکنان در فضای زمین با رابطه (۸) محاسبه شده است:

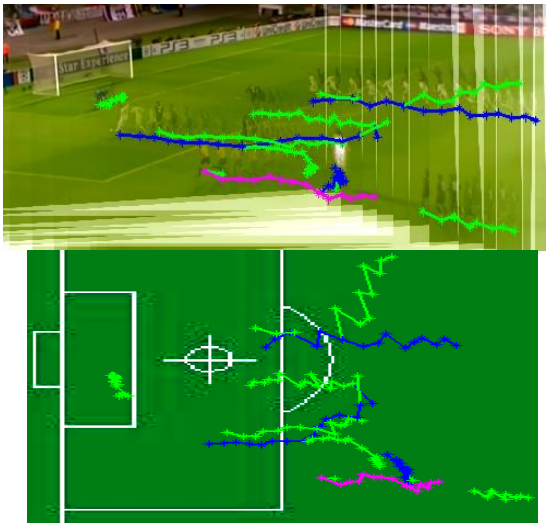
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2)} \qquad \text{رابطه(۸)}$$

که $N, \Delta Y, \Delta X$ به‌ترتیب میزان انحراف موقعیت بازیکن از موقعیت واقعی در دو جهت X و Y و تعداد کل بازیکنان هستند. خطای تعیین موقعیت بازیکنان در فضای زمین برابر با ۰.۸۲ متر است (انطباق مسیر واقعی و مسیر محاسباتی). از آنجا که پای بازیکن

[1] Fitness
[2] Switch
[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

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

موقع دویدن تا یک متر هم باز می‌شود و هر نقطه‌ای بین دو پا را می‌توان موقعیت بازیکن در نظر گرفت، این مقدار خطا 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 فراخوان[1] و دقت[2] برای ارزیابی کارایی روش‌های ردیابی بازیکنان در نظر گرفته شده‌اند که برای یک روش مناسب باید هر دو معیار بالا باشند.

رابطه (۹)

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

$$\text{دقت} = \frac{TP}{TP + FP}$$

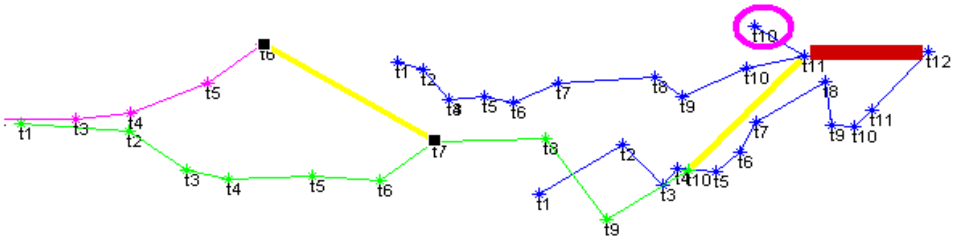
نمونه مثبت بازیکن است و نمونه منفی هر چیزی غیر از بازیکن (تکه چمن، خط و غیره) است. در روابط بالا نمونه مثبتی که مثبت تشخیص داده شده با TP[3]، نمونه منفی که مثبت تشخیص داده شده با FP[4]، نمونه مثبتی که منفی تشخیص داده شده با FN[5]، نمونه منفی که منفی تشخیص داده شده با TN[6] نشان داده شده است.

خطاهای ردیابی در مواردی که نقاط فرزند (بخش ۵-۱) 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 مواقعی 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

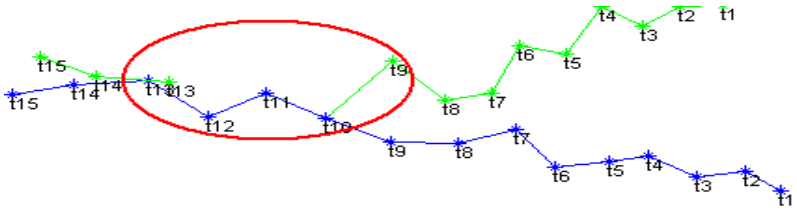
[1] Recall
[2] Precision
[3] True positive
[4] False positive
[5] False negative
[6] True negative

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

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)

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 کاندیدها (لبه‌ها)، تعداد دورهای لازم برای همگرایی الگوریتم افزایش یافته است. همچنین، الگوریتم اجتماع پرندگان و الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی در بعضی ویدئوها در دام کمینه‌های محلی گرفتار شده است که این مشکل با افزایش تعداد اولیه پرنده‌ها 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 بررسی نشده است یا روش‌ها با معیارهای متفاوت مثلا 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 یکسری قیود انعطاف‌ناپذیر (نظیر در نظرگرفتن نزدیکترین بازیکن آشکارسازی شده با تیم مشابه در تصویر بعد به بازیکن در تصویر جاری به‌عنوان 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 فرزند برای هر بازیکن حفظ شده است و خطاها بر اساس تعداد یال‌های اشتباه ارزیابی شده‌اند. در کل بازیکنان در روش پیشنهادی با انعطاف‌پذیری بیشتری ردیابی شده‌اند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

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

به‌منظور افزایش قابلیت اعتماد به نتایج در روش پیشنهادی، بازیکنان به‌طور همزمان و با درنظرگرفتن تصاویر متوالی 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 به‌عنوان مسیرهای بازیکنان مختلف فضایی بزرگ است. اگر معیار ارزیابی حجم محاسبات تعداد دفعات محاسبه تابع برازندگی در نظر گرفته شود، تعداد دفعات محاسبه تابع برازندگی از ضرب تعداد ذرات در تعداد تکرارهای الگوریتم اجتماع پرندگان محاسبه می‌شود. درحالیکه تعداد دفعات محاسبه تابع برازندگی در یک گراف همسایگی با جستجوی تمام یالها ۲۱۶۰ بار محاسبه شده است، تعداد دفعات محاسبه تابع برازندگی 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 مرتبط‌سازی مدل و تصویر است. همانطور که قبلا شرح داده شد، ارتباط بین تصویر و مدل با انتقال پروژکتیو دوبعدی 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 با $\frac{n!}{4!(n-4)!}\times$ ۱۸۲۰ 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 به‌صورت 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 به‌منظور جستجوی غذا در حل بسیاری مسائل پیوسته و عددی به‌صورت کارا استفاده شده است و در مواردی به حل بعضی مسائل گسسته توسعه داده شده است. به‌طور خلاصه، حل مسئله گسسته ردیابی بازیکنان فوتبال با بهبود روشهای هوش مصنوعی به‌منظور ارزیابی کارایی روش در حل مسائل گسسته، 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 به‌دلیل زیاد بودن تعداد کاندیدهای تناظریابی بین مدل و تصویر در مرتبط سازی تصویر به مدل، روشی برای انتخاب تصاویر کلیدی و مرتبط‌سازی 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

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

گرفتار شده است که در تحقیق‌های آینده حل مشکل کمینه‌های محلی و روش‌های دیگر ردیابی بازیکنان مطالعه خواهند شد.

مراجع

[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. Eftekhari-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-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,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

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.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

[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.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.5, No.2, Summer 2017

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

Mehrtash Manafifard[1], Hamid Ebadi[2], Hamid Abrishami Moghaddam[3]

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: mmanafifard@mail.kntu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jgit.5.2.57]