اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

*The 1st National Conference on Geospatial Information Technology*
**K.N.Toosi University of Technology**
**Faculty of Geomatics Engineering**
19 - 20 January 2016

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

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

۱- دانشکده مهندسی نقشه برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تهران- ایران- mmanafifard@mail.kntu.ac.ir
۲- دانشکده مهندسی نقشه برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تهران- ایران-ebadi@kntu.ac.ir
۳- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تهران- ایران- moghadam@eetd.kntu.ac.ir

## چکیده :

در سالهای اخیر ردیابی بازیکنان در ویدئوی مسابقه‌های فوتبال مورد مطالعه محققین و متخصصین قرار گرفته است و نتایج حاصل از ردیابی در فضای تصویر یا مدل به عنوان ابزاری برای تشخیص اشتباه‌های فردی و تیمی مورد توجه قرار گرفته اند. در این مقاله اطلاعات پیش نیاز برای مرحله ردیابی با تعیین موقعیت بازیکنان با استفاده از روش آدابوست، بر چسب دهی آنها و جداسازی بازیکنان همپوشان آماده سازی شده است. سپس مسیرهای حرکت بازیکنان با تلفیق گراف و الگوریتم پرندگان در دو فضای تصویر و مدل استخراج شده اند. الگوریتم پرندگان از رفتار پرندگان به منظور جستجوی غذا الهام گرفته است و بسیاری از مسائل بهینه سازی پیوسته به صورت کارا با این روش حل شده اند اما برای حل مسائل گسسته در کاربردهای مختلف باید بهبود داده شود. در این تحقیق، حالتی توسعه داده شده از این الگوریتم با تغییر نحوه به روز کردن معادلات سرعت و موقعیت برای حل مسئله گسسته ردیابی بازیکنان ارائه شده است. در پایان الگوریتم پرندگان روی هفت بخش از شش ویدئوی مختلف ارزیابی شده است و مسیرهای حرکت بازیکنان در ویدئوی مسابقه‌های فوتبال استخراج شده اند.

**واژه‌های کلیدی :** ردیابی، فوتبال، ویدئو، الگوریتم پرندگان

**نویسنده مکاتبه کننده :** مهرتاش منافی‌فرد
**آدرس پستی :**
**تلفن :**
**آدرس پست الکترونیک :** mmanafifard@mail.kntu.ac.ir

## ۱- مقدمه

تغییر شکل زمین ماهیتاً پدیده ای ۳بعدی است. بنابراین مطالعه این پدیده بصورت تغییر شکل ۲ بعدی (تغییر شکل مسطحاتی) و یا ۱بعدی (تغییر شکل ارتفاعی) می‌تواند. در سالهای اخیر تجزیه و تحلیل ویدئوهای ورزشی به منظور استخراج اتوماتیک اطلاعات از ویدئوهای در دسترس و ویدئوهای مسابقه‌های مختلف مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. همچنین از اطلاعات استخراج شده به عنوان ابزاری برای انجام تجزیه و تحلیل‌های پیشرفته‌تر نظیر فشرده سازی تصاویر، استخراج اتوماتیک وقایع مهم بازی، ویرایش تصاویر و تحلیل‌های جزئی‌تر توسط مربیان و متخصصین استفاده شده است. در این راستا تعیین مسیر بازیکنان در ویدئوهای مسابقه‌های فوتبال به عنوان مرحله ای مهم که می تواند اساس بررسی استراتژی بازی و ارزیابی بازیکنان و حرکت‌های تیمی قرار گیرد، مورد مطالعه تعدادی از محققین قرار گرفته است. همچنین حرکت‌های همزمان بازیکنان و دوربین و حضور تعداد زیاد بازیکن که حرکت های غیرخطی و نامنظم در جهت‌های مختلف دارند، ردیابی بازیکنان در ویدئوهای فوتبال را با چالش‌های مضاعفی روبروکرده است.

در تحقیق انجام شده توسط نویسندگان این مقاله [1]، بازیکنان بعد از تعیین موقعیت و تعیین تیم هر بازیکن با روش گراف ردیابی شده اند. در این روش به دلیل در نظر گرفتن قیود سخت در مرحله تعیین مسیر هر بازیکن نظیر نزدیکترین بازیکن با برچسب مشابه، هرگونه خطا در مرحله برچسب‌دهی منجر به گسسته شدن مسیر حرکت بازیکن شده است. در مقاله J. Berclaz و همکاران ردیابی افراد پیاده ای که در حال قدم زدن هستند به صورت یک مسئله بهینه سازی مطرح شده است و افراد با روش کوتاه‌ترین مسیر[1] و ساختار گراف ردیابی شده اند [16]. در مقاله دیگری توسط H. B. Shitrit و همکاران نیز ردیابی افراد به صورت یک مسئله بهینه سازی مطرح شده است و روش گراف و برنامه‌ریزی خطی[2] برای ردیابی افراد بارزسازی شده در تصاویر به کار برده شده است. روش برای تصاویر اخذ شده از دوربین های ثابت ارزیابی شده است که قید ثابت بودن دوربین در ردیابی بازیکنان در ویدئوهای مسابقات فوتبال صادق نیست[17].

در این مقاله، ردیابی بازیکنان برخلاف تحقیق‌های قبلی صورت گرفته در این زمینه [4-1] به صورت یک مسئله بهینه سازی با الگوریتم اجتماع پرندگان[3] مطرح شده است و بازیکنان با انتخاب محتملترین مسیر به عنوان مسیر حرکت بازیکن ردیابی شده اند. الگوریتم پرندگان یک الگوریتم جستجوی جمعی است که از رفتارهای اجتماعی گروه پرندگان به منظور جستجوی غذا الهام گرفته است. این الگوریتم اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط Eberhart و Kennedy برای حل مسائل پیوسته مطرح شده است [5] و مدل کردن رفتارهای ساده افراد و تعامل‌های محلی با محیط و همسایه‌ها برای به دست آوردن رفتارهای پیچیده‌تر به منظور حل مسئله، مقصود آن در نظر گرفته شده است. سپس حالت باینری و گسسته آن توسط Kennedy و همکاران در سال ۱۹۹۷ مطرح شده است [6] و توسعه حالت گسسته آن در بعضی کاربردها به خصوص مسئله مرد تاجر[4] که از مسائل معروف بهینه سازی است هدف نویسندگان بعضی مقاله‌ها[7-10] قرار گرفته است. در مقاله Cheng و همکاران [7] ژنتیک به همراه الگوریتم پرندگان برای حل مسئله مرد تاجر به کار برده شده است. همچنین در مقاله Fang و همکاران [8] روش تبرید تدریجی به همراه الگوریتم پرندگان برای فرار از مشکل کمینه محلی و برای حل مسئله مرد تاجر در حال سفر استفاده شده اند و نتایج روش ترکیبی با روش‌های الگوریتم پرندگان، الگوریتم مورچه‌ها و تبرید تدریجی مقایسه شده اند که در این مقایسه کارایی روش ترکیبی بهتر از سایر روش‌ها گزارش شده است.

---

[1] K-Shortest Paths Optimization
[2] Linear Programming
[3] Particle Swarm Optimization (PSO)
[4] Travelling Salesman Problem (TSP)

از سال ۱۹۹۵ تا امروز توانایی الگوریتم پرندگان در حل مسائل بهینه سازی پیوسته به اثبات رسیده است ولی باید برای حل مسائل گسسته در کاربردهای مختلف آزمایش شود تا بتوان انعطاف و توانایی آن در حل مسائل گسسته را مورد ارزیابی قرار داد. در این مقاله، الگوریتم پرندگان با اعمال تغییرهایی در معادله‌ها برای نخستین بار برای ردیابی بازیکنان در ویدئوی مسابقه های فوتبال به کار برده شده است. برای این منظور موقعیت‌های بازیکنان با روش آدابوست استخراج شده اند و بازیکنان با روشی مشابه با مقاله قبل برچسب‌دهی شده اند. سپس با ایجاد موزاییک تصویری و مرتبط‌سازی تصاویر، موقعیت بازیکن‌ها و برچسب‌ها به عنوان ورودی مرحله ردیابی بازیکنان با الگوریتم پرندگان به کار برده شده‌اند.

الگوریتم پیشنهادی و نتایج در بخش‌های بعد شرح داده شده اند. در بخش دوم چمن بازی با روش مدل گوسی ترکیبی و بازیکنان با آدابوست آشکارسازی شده اند. سپس ایجاد موزاییک تصویری و مرتبط‌سازی تصاویر به مدل در بخش سوم مطرح شده اند. در بخش چهارم جداسازی بازیکنان همپوشان و تعیین تیم آنها انجام شده است. سپس بازیکن‌ها با تلقیق گراف و الگوریتم پرندگان در بخش پنجم ردیابی شده اند. در بخش ششم نتایج به دست آمده تشریح و ارزیابی شده اند و در پایان نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای کارهای آینده مطرح شده است.

## ۲- آشکارسازی بازیکنان

به منظور آشکارسازی زمین چمن (رنگ غالب پس زمینه در ویدئوهای مسابقه های فوتبال) از مدل گوسی ترکیبی استفاده شده است. در مرحله اول ناحیه چمن از تماشاگرها تفکیک شده است و نواحی پس زمینه با تشکیل پوش محدب[5] زمین و اعمال عملیات مورفولوژی حذف شده اند. سپس بازیکنان با آدابوست و ساختار آبشاری آشکارسازی شدند و از اطلاعات رنگ، قیود سایز و عملیات مورفولوژی برای تفکیک بازیکن‌ها استفاده شده است [1].

## ۳- ایجاد موزاییک تصویری و مرتبط‌سازی تصاویر با مدل

در این مرحله با ایجاد موزاییک از فریم‌های ویدئو، پانوراما‌ی زمین بازی ایجاد شده است و مسیرهای استخراج شده حرکت بازیکنان در مرحله ردیابی روی موزاییک تصویری حاصل از این مرحله نمایش داده شده اند. در این راستا مرتبط‌سازی تصاویر با ماتریس پروژکتیو دو بعدی انجام شده است و با کمک آن فریم‌ها با یکدیگر و با مدل مرتبط شده اند. به منظور کاهش خطاهای تجمعی و کاهش هزینه محاسباتی ناشی از مرتبط کردن هر فریم به مدل، تعدادی فریم‌های رفرنس در نظر گرفته شده اند و هر فریم به کمک نزدیکترین فریم رفرنس به مدل زمین ایجاد شده بر اساس استانداردهای فیفا با فریم‌های دیگر مرتبط شده است. همچنین موقعیت بازیکنان با استفاده از ماتریس‌های انتقال حاصل از این مرحله به یک سیستم مختصات (فریم اول یا مدل) منتقل شده اند [1].

## ۴- برچسب‌دهی و جداسازی بازیکنان همپوشان

در نتایج حاصل از آشکارسازی بازیکن‌ها در مراحل قبل، به دلیل حرکت نزدیک بازیکن‌ها به ویژه بازیکن‌های حریف به یکدیگر و زاویه فیلمبرداری، همپوشانی (گاه بین چند بازیکن) مشاهده شده است. در این تحقیق بازیکن‌های حریف با استفاده از رنگ لباس بازیکن‌ها و نواحی همپوشان بین دو بازیکن هم تیمی با استفاده از اندازه مستطیل‌های در بر گیرنده بازیکن‌های همسایه (همسایگی ها در بخش بعدی تعریف شده اند) تفکیک و برچسب‌دهی (تعیین تیم بازیکن) شده اند. همچنین در این مرحله نواحی اضافی چسبیده به بازیکن و نواحی از دست رفته در مرحله آشکارسازی با استفاده از اطلاعات رنگ اصلاح شده اند و دو مرحله برچسب‌دهی و جداسازی بازیکن‌های همپوشان به طور همزمان انجام گرفته است [1].

[5] Convex hull

## ۵- ردیابی بازیکنان

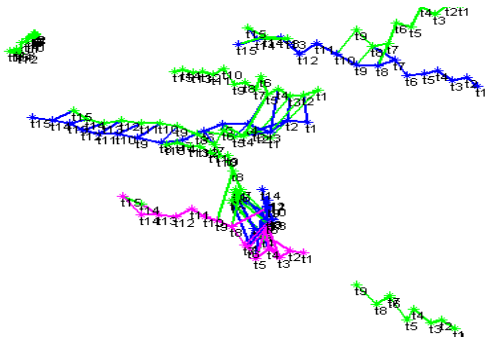
پس از آماده سازی ورودی‌های ردیابی در مراحل قبل، بازیکن‌ها با تعریف همسایگی‌ها و با اعمال تغییرهایی در نحوه به روز کردن موقعیت و سرعت ذره‌ها در الگوریتم پرندگان ردیابی شده اند. مراحل طی شده برای ردیابی بازیکنان در بخش‌های زیر شرح داده شده است.

### ۵-۱- تعریف همسایگی

به منظور ردیابی بازیکن‌ها نقطه وسط ضلع پایینی مستطیل در بر گیرنده هر بازیکن به عنوان موقعیت بازیکن در نظر گرفته شده است. همچنین با استفاده از نتایج مرتبط‌سازی تصاویر در مراحل قبل، موقعیت بازیکن‌ها به سیستم مختصات مشترک (مدل یا سیستم مختصات تصویر اول) منتقل شده اند. سپس به منظور آماده سازی ورودی‌های مرحله ردیابی، گراف همسایگی با رابطه ۱ تعریف شده است:

$$N = \{\left\|Y_{t_i}^i - Y_{t_j}^j\right\| \le \|t_i - t_j\| \times V_v^{max} \text{ و } \left\|X_{t_i}^i - X_{t_j}^j\right\| \le \|t_i - t_j\| \times V_h^{max} \text{ و } \|t_i - t_j\| \le \Delta t^{max}\} \qquad (1)$$

موقعیت بازیکن $i$ در فریم $t$ 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 $\Delta t^{max}$ نشان داده شده اند. به منظور تعریف دقیقتر همسایگی، شرط فوق در دو فضای تصویر و مدل بررسی شده است. همچنین همسایه بازیکن در فریم قبل به عنوان والد بازیکن و در فریم بعد به عنوان فرزند بازیکن در فریم جاری تعریف شده است. بعد از تعریف همسایگی‌ها (شکل ۱)، تشخیص مسیر بازیکن‌هایی که نزدیک هم در حرکتند به الگوریتم ردیابی در مرحله بعد واگذار شده است.



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

### ۵-۲- الگوریتم پرندگان

الگوریتم پرندگان یک روش بهینه سازی آماری و از روش‌های هوش مصنوعی است که از حرکت های جمعی پرندگان به منظور جستجوی غذا الهام گرفته است. در طبیعت پرنده‌ها به طور تصادفی به دنبال غذا هستند و یک غذا با موقعیت مجهول ولی فاصله معلوم با هر پرنده (جواب) وجود دارد که بهترین کار برای یافتن غذا دنبال کردن پرنده ای است که به غذا نزدیکتر است. لذا در دسته پرندگان هر پرنده جهت پرواز خود را با توجه به تجربه خود و بقیه تعیین می کند و پرنده‌ها مسیر بهترین پرنده (نزدیکترین پرنده به منبع غذا) را دنبال می کنند. بعلاوه نزدیکی ذره به جواب بهینه با یک تابع برازندگی[۶] تعریف شده با توجه به مسئله اندازه‌گیری می شود، ذره‌ها به سمت موقعیت بهینه حرکت می کنند و حول جواب بهینه فضای زیادی جستجو می شود. هر پرنده موقعیت و سرعت مخصوص به خود را دارد که بردار سرعت هر ذره با توجه به رفتارهای فردی و اجتماعی به روز می گردد و موقعیت جدید با توجه به سرعت به روز شده تخمین زده می شود.

[6] Fitness function

در الگوریتم پرندگان اولیه سرعت $V_{id}^{new}$ هر پرنده $(i)$ در هر بعد $(d)$ با استفاده از رابطه ۲ به روز شده است.

$$V_{id}^{new} = w_i.V_{id}^{old} + c_1.r_1.(P_{id} - x_{id}) + c_2.r_2.(P_{gd} - x_{id}) \quad (2)$$

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

$$w = w_{max} - [(w_{max} - w_{min}) \times iter]/max_{iteration} \quad (3)$$

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

$$x_{id} = x_{id} + V_{id} \quad (4)$$

در سال ۱۹۹۷، الگوریتم فوق برای حل مسائل گسسته و باینری توسط Kennedy و همکاران توسعه داده شد [6]. بهبود الگوریتم ذکر شده برای حل مسئله گسسته ردیابی بازیکن‌ها هدف این تحقیق قرار گرفته است.

### ۵-۳- ردیابی بازیکنان بااستفاده از الگوریتم پرندگان بهبود یافته

در این بخش الگوریتم پرندگان به منظور ردیابی بازیکنان در ویدئوی فوتبال توسعه داده شده است و تغییرهایی در نحوه به روز کردن معادله‌های سرعت و موقعیت ذره‌ها اعمال شده است. جزئیات روش پیشنهادی در بخش‌های زیر شرح داده شده اند.

#### ۵-۳-۱- ماتریس موقعیت

جواب‌ها یا ذره‌ها با ماتریس‌های $n \times n$ که $n$ نشان دهنده تعداد بازیکن‌ها می باشد نشان داده شده اند. همچنین بازیکن‌های همسایه در فریم قبل و بعد به ترتیب به عنوان والد و فرزند بازیکن در فریم جاری در نظر گرفته شده اند. 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 بازیکن دوم باشد، در سطر دوم و ستون اول یک 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 ۲: ماتریس موقعیت (Pn نشان دهنده بازیکن n ام است)**

#### ۵-۳-۲- مقداردهی اولیه ذره‌ها

دسته پرندگان با انتخاب تصادفی ذره‌ها ایجاد شده است. برای این منظور هر ذره با یک ماتریس موقعیت نشان داده شده است و ماتریس‌های موقعیت ذره‌ها با انتخاب تصادفی یکی از فرزندهای هر بازیکن در گراف همسایگی مقداردهی شده اند. همچنین دو ویژگی زیر برای ایجاد ماتریس‌های موقعیت ذره‌ها در نظر گرفته شده اند:

- 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 ذره‌ها اختصاص داده شده اند.

### ۵-۳-۳- به روز کردن سرعت

به منظور استخراج مسیر بهینه بازیکن‌ها، معادلات به روز کردن سرعت در الگوریتم پرندگان بهبود داده شده اند. در این راستا ترم دوم در معادله ۲ برای به روز کردن سرعت، با استفاده از تفاضل ماتریس‌های موقعیت $x_{id}$ و موقعیت بهینه محلی $P_{id}$ محاسبه شده است:

$$P_{id} - x_{id} = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cdots & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

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 شده اند. همچنین ترم سوم در معادله به روز 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 معادله ۲ 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[۷] در بازه [0 1] قرار گرفته اند.

### ۵-۳-۴- به روز کردن موقعیت

نحوه به روز کردن ماتریس موقعیت هر ذره نیز به منظور ردیابی بازیکن‌ها 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 کاندید به روز کردن موقعیت انتخاب شده است. کاندیدها در شکل ۳ با رنگ قرمز نشان داده شده اند.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 | ۰,٤ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰,۲ | ۰,٦ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰,۸ | ۰ | ۰,۹ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰,۷ | ۰,۸ | ۰ |
| ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰,٦ | ۰,۵ |

$V_{id}$

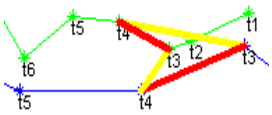
**شکل ۳: ماتریس موقعیت و ماتریس سرعت ذره به منظور بررسی کاندیدهای به روز کردن موقعیت (مقادیر قرمز)**

در مرحله بعد با دو حرکت تعویض و تغییر یک یال موقعیت ذره‌ها به روز شده اند.

**حرکت تعویض:** دو بازیکن مختلف با دو فرزند مشترک به عنوان کاندیدهای حرکت تعویض (تعویض فرزندهای دو بازیکن) انتخاب شده اند. 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 شده اند.
- در صورت عدم وجود عنصر غیر صفر در ماتریس سرعت (مثلا در تکرار اول)، یک کاندید به طور تصادفی برای حرکت تعویض انتخاب شده است.

[7] Sigmoid Function




**شکل ۴: 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 کاندیدهای تغییر یال در نظر گرفته شده اند. 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 ۵)). لذا موارد زیر در انتخاب کاندیدهای این حرکت در نظر گرفته شده اند:

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 ۵: جواب قدیمی (زرد) و جواب جدید پیشنهادی (قرمز) بعد از عملیلت تغییر یال**

### ۵-۳-۵- تابع برازندگی[8]

به منظور به روز کردن 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 شده اند. برای این منظور تابع برازندگی از رابطه ۶ محاسبه شده است:

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

$$Label_i = \begin{cases} 1 & \text{اگر برچسب‌های دو سر یال مشابه باشند} \\ \frac{1}{\gamma} & \text{اگر برچسب‌های دو سر یال نا مشابه باشند} \end{cases} \qquad (۶)$$

که فاصله بین دو یال با $Dist_i$ و تعداد یال‌ها با $N$ نشان داده شده اند و وزن یال‌های بین دو بازیکن غیر هم تیمی با پارامتر $\gamma = 5$ کاهش داده شده است.

تغییرهای بالا در مراحل کلی الگوریتم پرندگان به شرح زیر اعمال شده است:

[8] Fitness Function

انتخاب مقادیر اولیه ذره‌ها

در هر تکرار {

برای هر ذره (i) مراحل الف تا ج انجام شده اند:

الف) محاسبه مقدار برازندگی ذره

ب) ماتریس موقعیت ذره با برازندگی بیشتر از برازندگی $P_{id}$، جایگزین موقعیت محلی بهینه شده است.

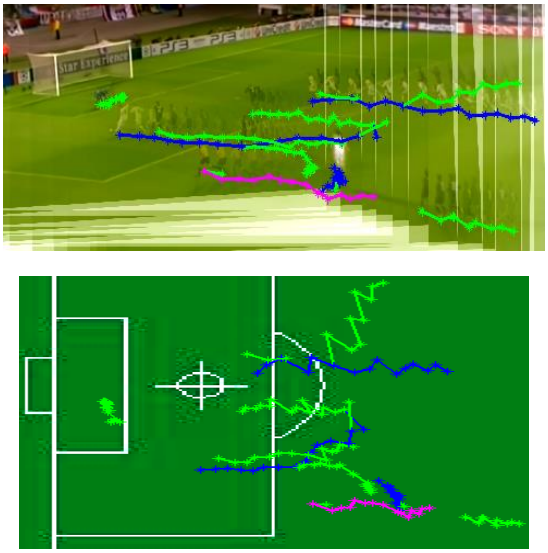
ج) ماتریس موقعیت ذره با برازندگی بیشتر از برازندگی $P_{gd}$، جایگزین موقعیت عمومی بهینه شده است.

بعد از انجام مراحل بالا برای تمام ذره‌ها، سرعت و موقعیت هر ذره به روز شده است}

مراحل بالا تا برقراری شرط توقف تکرار شده اند.

## ۶- پیاده سازی الگوریتم و ارزیابی نتایج

روش ردیابی پیشنهادی روی هفت بخش از شش ویدئوی مختلف از مسابقه های فوتبال که در شرایط متفاوت جوی و زیر نور ورزشگاه و نور آفتاب اخذ شده اند، ارزیابی شده است. همچنین مسیر بازیکنان در دو فضای تصویر و مدل استخراج شده اند و روی موزاییک تصویری حاصل از مرحله مرتبط‌سازی تصاویر و روی مدل زمین ایجاد شده در محیط اتوکد بر اساس استانداردهای فیفا، نمایش داده شده اند (شکل ۶).



**شکل ۶: نتایج ردیابی در فضای تصویر و مدل (آبی: بازیکنان تیم ۱، سبز: بازیکنان تیم ۲، صورتی: داور)**

روش ردیابی با معادله‌های رابطه ۷ ارزیابی شده است و دو معیار فراخوان[9] و دقت[10] برای ارزیابی کارایی روش‌های ردیابی بازیکن‌ها در نظر گرفته شده اند که برای یک روش مناسب باید هر دو معیار بالا باشند.

$$\text{فراخوان} = \frac{TP}{TP+FN}$$

$$\text{دقت} = \frac{TP}{TP+FP} \qquad (7)$$

[9] Recall
[10] Precision

در روابط بالا نمونه مثبتی که مثبت تشخیص داده شده با $TP$[11]، نمونه منفی که مثبت تشخیص داده شده با $FP$[12]، نمونه مثبتی که منفی تشخیص داده شده با $FN$[13]، نمونه منفی که منفی تشخیص داده شده با $TN$[14] نشان داده شده‌است.

میانگین نتایج ردیابی بازیکنان در جدول ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که با افزایش تعداد کاندیدها (لبه-ها)، تعداد دورهای لازم برای همگرایی الگوریتم افزایش یافته است. همچنین الگوریتم پرندگان 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 پیش نیاز (برچسب‌دهی، تعیین موقعیت، حل مشکل همپوشانی و غیره) و کیفیت ویدئوهای مختلف تحت تاثیر قرار می گیرند 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 [11] و در بعضی دیگر نظیر مقاله Khatoonabadi و همکاران [12] بازیکن‌های همپوشان تفکیک نشده اند. بعلاوه در بعضی مقاله‌ها نظیر مقاله Beetz و همکاران [13] دقت ردیابی بررسی نشده است یا در بعضی دیگر نظیر تحقیق صورت گرفته توسط Sato و همکاران [14] و Figueroa و همکاران [15] روش‌ها با معیارهای متفاوت مثلا توانایی روش در حل مشکل همپوشانی ارزیابی شده اند. لازم به ذکر است که در تحقیق قبلی صورت گرفته توسط نویسندگان این مقاله [1] روی داده‌های یکسان، ردیابی با روش گراف و در نظر گرفتن یکسری قیود سخت نظیر یکسان بودن برچسب‌ها 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 شده اند. در کل بازیکن‌ها در روش احتمالی پیشنهادی با انعطاف پذیری بیشتری ردیابی شده اند.

**جدول ۱: نتایج ردیابی با الگوریتم پرندگان**

| روش | فراخوان (٪) | دقت (٪) |
|---|---|---|
| الگوریتم پرندگان | ۹۶.۴ | ۹۴.۲ |

## ۷- نتیجه‌گیری

ردیابی بازیکنان در ویدئوهای مسابقه های فوتبال مورد توجه بسیاری مربیان و حتی تماشاگرها قرار گرفته است. در این تحقیق، پس از استخراج موقعیت بازیکنان با استفاده از مدل گوسی ترکیبی 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 شده اند. الگوریتم پرندگان با الهام از رفتار جمعی 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 گسسته توسعه داده شده است. به طور خلاصه حل مسئله گسسته ردیابی بازیکنان فوتبال با بهبود الگوریتم پرندگان به منظور ارزیابی کارایی روش در حل مسائل گسسته، هدف اصلی این تحقیق قرار گرفته است. لازم به ذکر است که روش ردیابی در بعضی ویدئوهای ارزیابی شده در دام کمینه‌های محلی گرفتار شده است که در تحقیق‌های آینده حل مشکل کمینه‌های محلی و روش‌های دیگر ردیابی بازیکن‌ها و مرتبط‌سازی اتوماتیک تصاویر به منظور سرعت بخشیدن به مرحله ردیابی بازیکنان مطالعه خواهند شد.

[11] True positive
[12] False positive
[13] False negative
[14] True negative

## مراجع

[1] 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.
[2] J. Liu et al, "Automatic player detection, labeling and tracking in broadcast soccer video", Pattern Recognition, Vol. 30,No. 2, pp. 103-113, 2009.
[3] 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.
[4] 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.
[5] J. Kennedy, et al, "Particle swarm optimization", In: Proceedings of IEEE international conference on neural networks, Perth, Australia, pp. 1942-1948, 1995.
[6] 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.
[7] 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.
[8] 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.
[9] 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.
[10] H. Fan, "Discrete Particle Swarm Optimization for TSP based on Neighborhood", Journal of Computational Information Systems, Vol. 10, pp. 3407-3414, 2010.
[11] 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.
[12] 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, 2009.
[13] 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.
[14] 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.
[15] 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.
[16] 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.
[17] 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.

# Player Tracking using Graph and Swarm Optimization in Soccer Broadcast Videos

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

1- Dept. of Photogrammetry and Remote Semsing - K.N. Toosi University of Technology - Valieasr Street - Tehran - Iran – mmanafifard@mail.kntu.ac.ir

2- Dept. of Photogrammetry and Remote Semsing - K. N. Toosi University of Technology - Valieasr Street - Tehran - Iran - ebadi@kntu.ac.ir

3- Dept. of Electrical Engineering - K. N. Toosi University of Technology - Seyedkhandan Street - Tehran - Iran - moghadam@eetd.kntu.ac.ir

**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 graph and particle swarm optimization (PSO) in this research. PSO is an optimization method inspired by the flocking behavior of birds which was 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 for player tracking is proposed and updating equations for PSO algorithm are extended based on problem characteristics. Finally, the proposed algorithm is tested on seven shots from six different soccer broadcast videos. Experimental results show the capability of particle swarm optimization for extracting player trajectory in soccer broadcast videos.

**Keywords**: Tracking, Football, Video, PSO (Particle Swarm Optimization).