

خوارزمية مقترحة للتعقب الفيديوي وتطبيقها على كرة السلة

عبير عبد الخالق ذنون

باسل يونس ذنون

كلية علوم الحاسبات والرياضيات

جامعة الموصل

تاريخ قبول البحث: ٢٠٠٥/٦/٢٩

تاريخ استلام البحث: ٢٠٠٤/١٠/١٧

ABSTRACT

In this research, we study video motion for movable object within video sequence, and the target is a ball, where video and image processing are combined together. The video files that we have here the Audio Video Interleaves (AVI) type. Here, the video frames have been read from video file directly, then each frame is processed without the need of frames conversion into separate images. This research includes algorithm suggestion to estimate ball position in each video frame then plotting the ball motion track along the video sequence, by choosing ball initial position and creating ball-rounding window and applying the adaptable threshold to the produced window in order to obtain binary representation window. Recreational process for colors has been made to be used in the following video frame processing, than to find the center of the gravity of the ball for obtaining the predicted object position in the following frame. ActiveX Control is used to display video sequence inside MATLAB6.5 language thorough using Graphical User Interface. Also Root Mean Square Error is adopted as a measure for the adjacent position to the real position of the ball within the video sequence and the position that is found by using algorithm. The experimental results show the efficiency of the suggested algorithm to estimate the ball position accurately.

الملخص

في هذا البحث يُدرس التعقب الفيديوي لهدف متحرك ضمن سلسلة فيديوية، والهدف هو كرة، إذ يتم الربط بين المعالجة الفيديوية والمعالجة الصورية. إن نوع الملف الفيديوي الذي يتم التعامل معه هو تداخل الصوت والصورة (AVI)، إذ تقرأ الأطر الفيديوية من الملف الفيديوي بشكل مباشر ثم يعالج كل إطار دون الحاجة إلى تحويل الأطر إلى صور منفصلة. ويتضمن هذا

البحث اقتراح خوارزمية لغرض تقييم موقع الكرة في كل إطار فيديو ثم يتم رسم المسار الحركي للكرة على طول الفلم الفيديو ويكون ذلك من خلال تحديد الموقع البدائي للكرة عن طريق تكوين نافذة محيطية بالكرة ومن تطبيق العتبة المكيفة على النافذة الناتجة للحصول على نافذة ذات تمثيل ثنائي. فضلاً عن ذلك يتم إجراء عملية تحديث على الألوان للاستفادة منها في معالجة الأطر الفيديوية التالية، بعد ذلك يتم إيجاد قيمة مركز الجاذبية للهدف لغرض إيجاد الموقع المتوقع للكرة في الإطار التالي. لقد تم استخدام ActiveX Control لعرض الفلم الفيديوي داخل لغة (MATLAB6.5) من خلال واجهة المستخدم التطبيقية (GUI). كما اعتمد إيجاد جذر معدل مربع الخطأ معياراً لقياس مقدار القرب من المواقع الحقيقية للكرة ضمن السلسلة الفيديوية والمواقع التي تم إيجادها من خلال الخوارزمية، وتظهر النتائج العملية كفاية الخوارزمية المقترحة في تقدير موقع الهدف بشكل كاف.

١. مقدمة :

إن المعالجة الجيدة للصور الثابتة وللسلسلة من الصور وبما يعرف بالفلم الفيديوي جاءت اعتماداً على بحوث كثيرة استغرقت حيزاً زمنياً خلال الثلاثين سنة الماضية، ولكن على الرغم من ذلك فإن المعالجة للصور الرقمية والمعالجة الفيديوية شهدت إقبالاً واسعاً في المجالات العامة في الوقت الحاضر، والذي ساعد على ذلك هو إقبال كثير من المستفيدين غير الأكاديميين على الإنترنت، وإن السائد في الإنترنت هو معالجة الصور الرقمية. وفي الحقيقة فإن جميع الصور وسلاسل الصور هي بشكل تمثيل رقمي على الإنترنت، فضلاً عن ذلك فإن صور الإعلانات والمجلات تحول إلى صيغ رقمية في مكان ما بين أخذ اللقطة (Shot) وطباعتها، وأن كل الصور التي تشاهد في جهاز التلفاز والتي تلتقط عبر صحن الأقمار الصناعية أو المستخدمة في المعالجة الطبية هي عادة تعالج وتنقل بشكل رقمي [6]. ومن أهم تطبيقات المعالجة والتحليل الفيديوي تعقب أو تتبع الهدف إذ يعد تعقب حركة الهدف ضمن سلسلة فيديوية واحداً من أهم الحقول التي تلاقي اهتماماً واسعاً في مجال المعالجة الفيديوية [8].

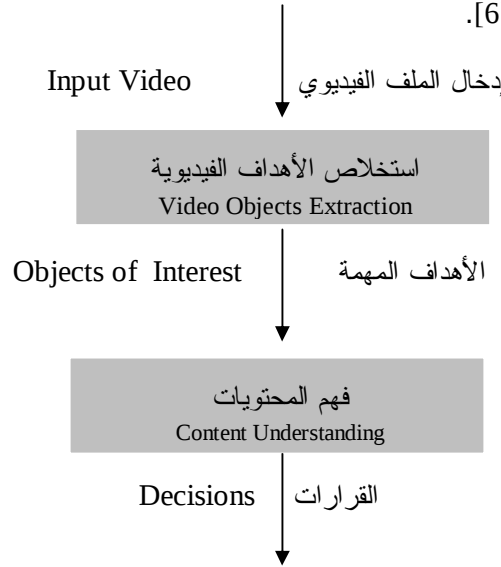
٢. تعقب حركة الهدف في سلسلة فيديوية :

في العقد الأخير أصبحت مسألة تعقب الهدف من المسائل الشائعة جداً وذلك لإمكانية تطبيقها في المسائل اليومية وسهولة إنتاجها، لهذا ظهرت الحاجة إلى خوارزميات خاصة بتعقب الأهداف المتحركة في تطبيقات الاستكشافات وتكنولوجيا الإنسان الآلي. من الأمثلة على ذلك كاميرات المراقبة والإشارات المرورية لتعقب الحركة للمركبات ومراقبة حركة الطائرات

لاكتشاف التجاوزات أو الأخطاء، إذ أخذت مساحة كبيرة من المعالجة الفيديوية وتقييم الحركة. إن نشوء نظم المراقبة الفيديوية المتقدمة جاءت من ما يطلق عليه بالجيل الأول من نظم (CCTV) (Closed Circuit Television) للفترة ١٩٦٠-١٩٨٠ وفي الجيل الثاني ظهرت النظم المعتمدة على الحاسوب الشخصي وأبتداءً من سنة ١٩٨٠ ولغاية اليوم. وهذه النظم فضلت دخول تقنيات المعالجة الرقمية للصورة آلياً (Automatic) لمساعدة المشغل في وظيفة المراقبة الفيديوية التي قللت من الحاجة إلى المتابعة المستمرة من قبل الإنسان، إذ يقتصر تدخل المستخدم على مهام ذات مستوى عالٍ. فالمستخدم يقوم بتفسير مواقف حرجية واتخاذ القرارات في حالات مشكوك فيها واختيار أفضل إجراء عند الوصول إلى حالة إنذار [4] و [8] و [6] و [2].

إن مسألة تعقب الأهداف ممكن صياغتها والتعبير عنها كآلاتي (هناك هدف متحرك) (مجموعة أهداف) يمكن كشفه من قبل متحسس (متحسسات Sensors) إذ تكون حركة الهدف اعتماداً على استراتيجية خارجة عن السيطرة. والمسألة الأساسية هي تقييم موقع الهدف الحقيقي (Estimate Object Position) تحت أي ظروف [3].

عادة هنالك أنظمة مصممة على سبيل المثال تكون مسؤولة عن تعقب الأهداف يطلق عليها نظام تعقب الأهداف، والهدف يمكن أن يكون طائرة أو قذيفة أو أي جسم آخر متحرك في الفضاء، ونظام التعقب يمكن أن يكون نظاماً سورياً وحاسوبياً [1]. نتناول في هذا البحث مسألة تعقب حركة كرة السلة من خلال نظام مراقبة فيديوية. إن المخطط العام لنظام المراقبة الفيديوية المتقدم موضح بالشكل (1) [6].



الشكل (1): مخطط نظام المراقبة الفيديوية المتقدم.

٣. الخوارزمية المقترحة لتعقب الهدف (الكرة) :

تتعامل الخوارزمية المقترحة التي تم تطبيقها على فلم فيديوي في مجال تعقب حركة هدف والهدف هو كرة للعبة كرة السلة. لقد تم الحصول على عينة البحث من خلال فلم فيديوي للشبكة التلفزيونية (NBA)، مع العلم أن الفلم الذي تم اعتماده كان التصوير فيه بكاميرا متحركة، ونوع الملف الفيديوي الذي تمت معالجته بصيغة (AVI Format). تتكون الخوارزمية المقترحة لتعقب الكرة من عدة دوال (Functions) عمل كل دالة مرتبط بالأخرى لغرض المعالجة والحصول على موقع الكرة ومن ثم رسم المسار الحركي لها على طول الفلم الفيديوي.

الخطوة الأولى :

تتضمن هذه الخطوة عملية التهيئة (Initialization) لكل متطلبات الخوارزمية. في البداية تتم تهيئة الملف الفيديوي الذي يتم اعتماده في الخوارزمية المقترحة ثم نقوم بتحويل الملف الفيديوي (Movie) إلى صيغة (AVI Format) وذلك من خلال برامج خاصة لها القدرة على التحويل بين الملفات الفيديوية من نوع إلى آخر، إذ يتم الحصول على المعلومات الخاصة بالملف:

- اسم الملف
- عرض الإطار
- ارتفاع الإطار
- سرعة عرض الإطار
- حجم الملف الكلي

الخطوة الثانية:

يتم فتح ملف الفيديو من نوع (Filename .avi) للعبة كرة السلة، ويتم التعامل مع البيانات الخاصة بالملف الفيديوي بشكل مباشر للقراءة والمعالجة من خلال الإمكانيات التي توفرها لغة (MATLAB)، ويتكون الفلم الفيديوي المعتمد في البحث من 149 إطاراً صورياً كما موضح في الشكل (2) ويمكن أن يكون حجم الملف أكبر من ذلك أو أقل حسب الحاجة للتطبيق.



الشكل (2): سلسلة الأطر المتعاقبة.

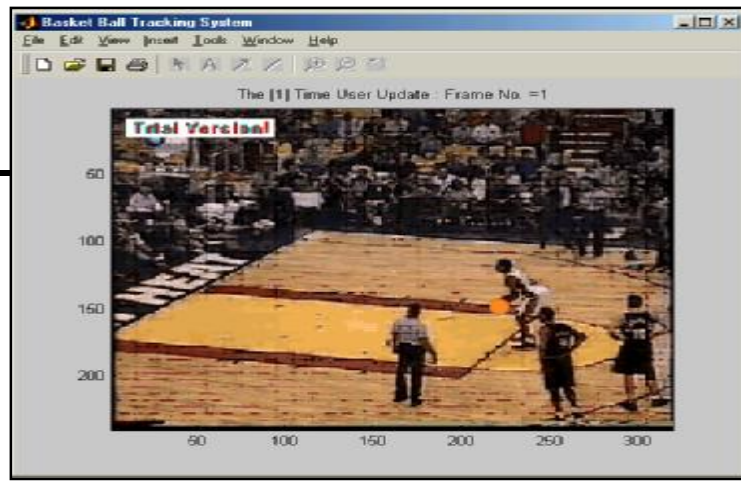
الخطوة الثالثة :

يتم إعطاء قيمة التباين البدائية للون الكرة ويتم تهيئة متجهين وذلك لإستخدامها لاحقاً
لخزن موقع الكرة الذي يتم تقييمه في كل إطار مقروء من الفلم الفيديوي ويتم استدعاء الدوال
للخوارزمية المقترحة للمعالجة بشكل متسلسل في البرنامج الرئيسي، ويتم استخدام
دوره (Loop) بعدد الأطر الفيديوية المقروءة من الفلم الفيديوي.

الخطوة الرابعة :

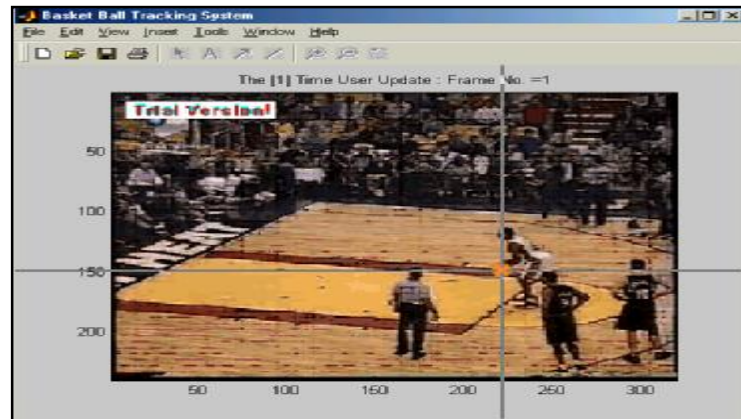
تتضمن هذه الخطوة عملية استدعاء دالة تحديد الصفات للكرة (Get Attribute Ball) إذ
في هذه الدالة يتم تحديد الموقع البدائي للكرة (X , Y) والحصول على لون الكرة الحقيقي من خلال
تحليل نقطة البداية إلى (الأحمر - الأخضر - الأزرق) بعد قراءة الإطار الأول من الفلم الفيديوي ثم
عرضه (Display) كما موضح أدناه في الشكلين (3) و (4)، وبعد انتهاء عمل هذه الدالة يتم خزن
موقع الكرة البدائي في المتجه المهيأ في مرحلة التهيئة من الخوارزمية والاحتفاظ بقيمة اللون

لاستخدامها لاحقاً في خطوات الخوارزمية المقترحة. يوضح الشكل (5) عملية تحليل النقطة إلى الألوان الأساسية [5].

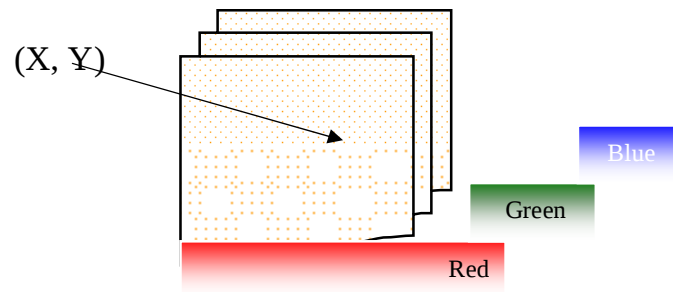


خوارزمية

الشكل (3): يوضح عرض أول إطار فيديو.



الشكل (4): يوضح عملية تحديد أول موقع للكرة.



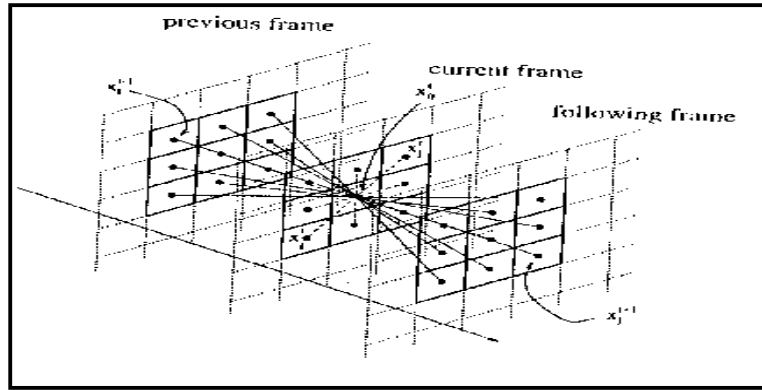
الشكل (5): يوضح تحليل نقطة البداية للكرة للحصول على لون الكرة.

الخطوة الخامسة :

هذه المرحلة يطلق عليها تعقب الحركة (Motion Tracking) تتضمن هذه المرحلة

المعالجات الآتية :

- الحصول على النافذة (Get Window) عن طريق دالة مستقلة وظيفتها تكوين نافذة تحيط بالكرة لاستخدامها لاحقاً والفائدة من استخدام النافذة لتقليل زمن الحسابات (Computation Time) للإطار الواحد المقروء لأن المعالجة على الإطار الفيديوي بشكل كامل تحتاج وقتاً طويلاً مقارنة باستخدام النافذة.
- يتم إدخال نقطة البداية والإطار الفيديوي والمدى لأبعاد النافذة (WindowSize) إلى الدالة.
- تكوين النافذة اعتماداً على نقطة البداية، إذ يتم إضافة حجم النافذة إلى نقطة البداية للحصول على النافذة.
- فضلاً عن ذلك يتم فحص ما إذا كانت النافذة ضمن حدود الإطار الفيديوي أم لا، كما موضح أدناه في الأشكال (6) (7).



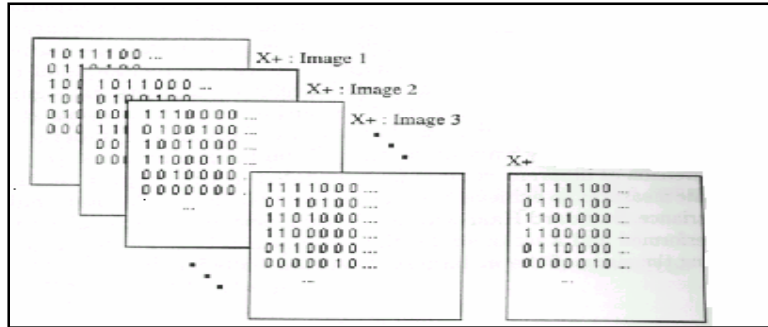
الشكل (6): يوضح مخططاً توضيحياً للنافذة المتكونة ضمن الإطارات الفيديوية.



الشكل (7): يوضح النافذة المقتطعة من الإطار.

الخطوة السادسة :

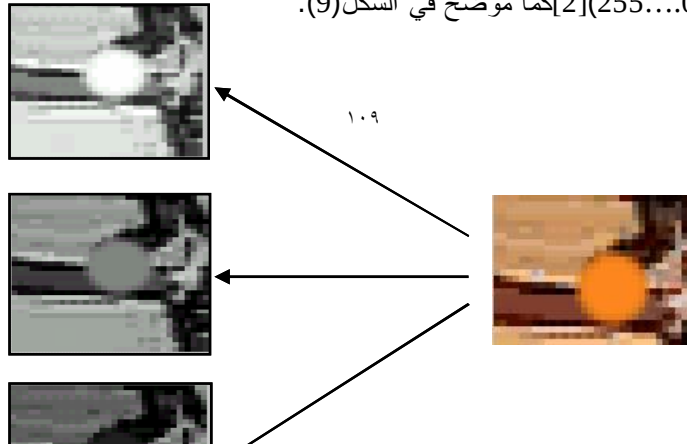
يطلق على هذه الخطوة بمعالجة المحدد اللوني وتكون المعالجة في هذه الدالة للحصول على تحويل النافذة الملونة (True Color Window) إلى نافذة ذات تمثيل ثنائي (Get Window Segmentation) إذ يتم تطبيق المعالجة على النافذة من خلال استخدام العتبة (Threshold Segmentation)، لغرض استخدام النافذة الناتجة في المعالجة اللاحقة من خطوات الخوارزمية، ونوع العتبة التي تم استخدامها في الخوارزمية المقترحة هي العتبة المكيفة في إجراء



عملية التحويل (Adaptive Threshold for Segmentation) لاحظ الشكل (8)[5].

الشكل (8): يوضح الأطر الفيديوية في التمثيل الثنائي.

يتم تطبيق المعالجة على النافذة المقتطعة (Extract Window) من الإطار الفيديوي فقط وذلك بسبب أن عملية إجراء المقارنات وتطبيق العتبة للتحويل إلى إطار ذي تمثيل ثنائي بشكل كامل يكون عملية مكلفة أكثر بالنسبة إلى وقت المعالجة ، إذ تبدأ المعالجة في هذه الدالة من خلال تحليل النافذة الملونة إلى ثلاث نوافذ (Red Window, Green Window, Blue Window) وكل نافذة من هذه النوافذ ستكون ضمن التدرج اللوني الرمادي أي قيم النقاط الضوئية تكون ما بين (0....255)[2] كما موضح في الشكل (9).



الأحمر

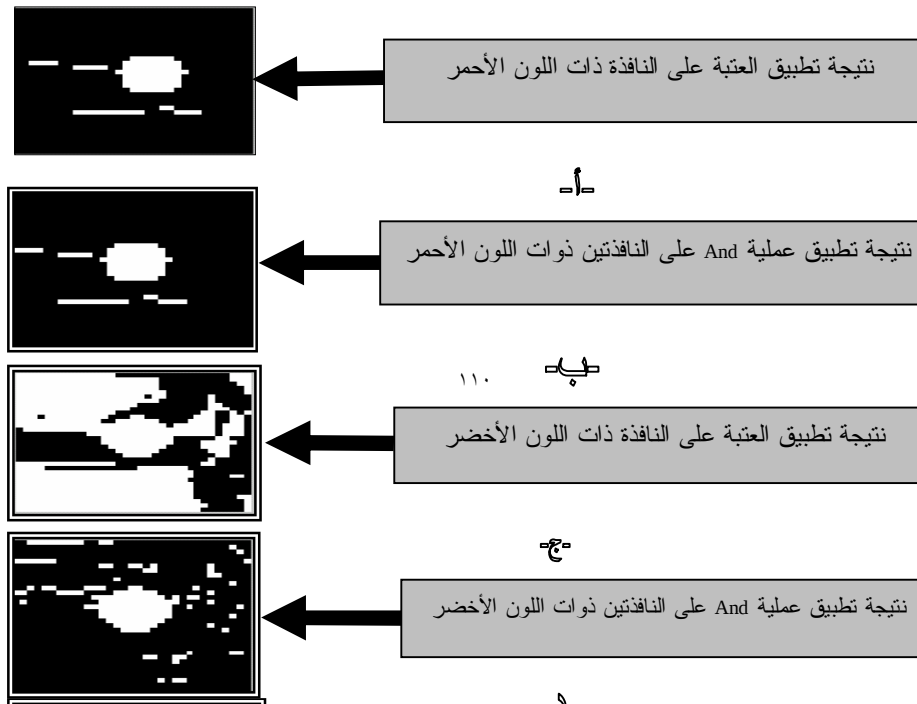
النافذة بالألوان الحقيقية

الأخضر

الأزرق

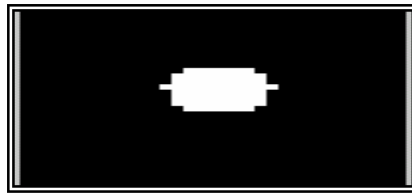
الشكل (9): يوضح عملية فصل النافذة الملونة المقطعة إلى ثلاث نوافذ.

يتم الحصول على قيمة العتبة من خلال إيجاد الفرق بين قيمة اللون وقيمة تباين اللون التي تم تحديدها مسبقاً في الخطوة الرابعة من مرحلة التهيئة بعد ذلك يتم الحصول على قيمة العتبة من خلال إيجاد الفرق للون وتباين اللون اللذين يتم الحصول عليهما من خلال معالجة سيتم توضيحها لاحقاً في خطوات الخوارزمية ، ثم يتم تطبيق العملية المنطقية AND [7] ، للحصول على النافذة (Binary Window) تحوي فقط على صورة الكرة وذلك للتخلص من التفاصيل الأخرى الموجودة داخل النافذة غير الكرة، لاحظ الأشكال (10) الموضحة أدناه لتوضيح نتائج تطبيق العتبة المكيفة ونتائج تطبيق العملية المنطقية.



الشكل (10): نتائج تطبيق العتبة المكيفة ونتائج تطبيق العملية المنطقية.

عند تطبيق العملية المنطقية (AND) مرة أخرى على النتائج (Binary Window) السابقة (ب ، د ، و) يتم الحصول على صورة النافذة المقطعة وكما موضح في الشكل (11):



شـ

الشكل (11): يوضح نتائج عملية (And).

الخطوة السابعة :

تتضمن هذه الخطوة تقييم موقع الكرة من خلال عملية حساب مركز الثقل (Center of Gravity) للنافذة التي تضم الكرة من خلال إدخال النافذة التي تم الحصول عليها من الخطوة السابقة إلى الدالة المعالجة لهذه الخطوة، ويتم استخدام المعادلة الآتية في أثناء المعالجة لحساب المركز [9]:

$$X_C = \frac{\sum_{i=1}^n Mass_i \times X_i}{\sum_{i=1}^n Mass_i} \quad (1)$$

$$Y_C = \frac{\sum_{i=1}^m Mass_i \times Y_i}{\sum_{i=1}^m Mass_i} \quad (2)$$

X_C : مركز الثقل للنافذة بالنسبة إلى الأعمدة.

Y_C : مركز الثقل للنافذة بالنسبة إلى الصفوف.

i : تسلسل العناصر 1,2,...,n.

n : عدد الأعمدة .

m : عدد الصفوف .

X_i : متجه يضم تسلسل العنصر (1,2,...,m) لصفوف النافذة.

Y_i : متجه يضم تسلسل العنصر (1,2,...,n) للأعمدة النافذة.

$Mass_i$: متجه ذو بعد يمثل الكتلة للنافذة التي تحيط بالكرة.

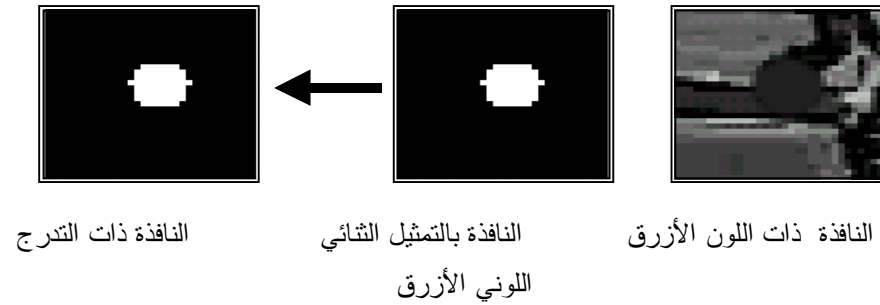
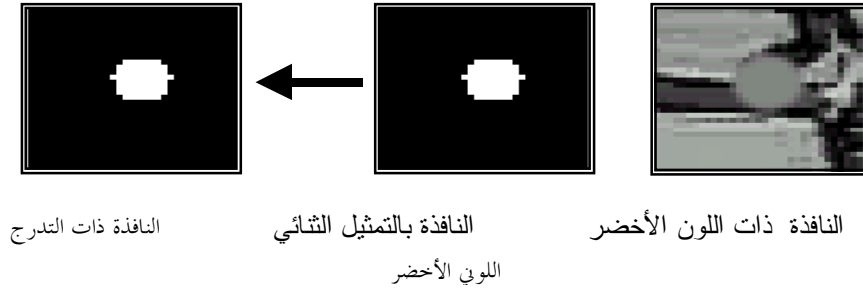
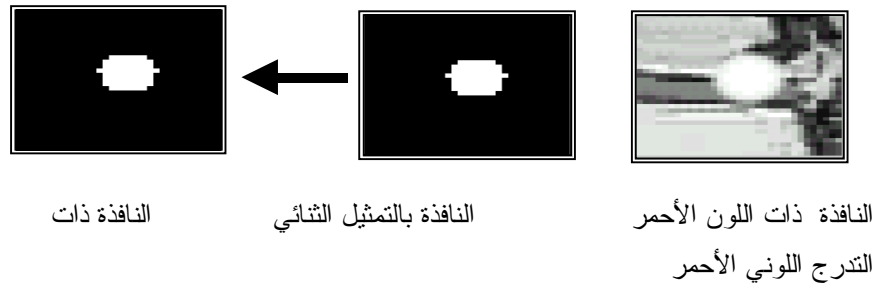
الخطوة الثامنة :

تتضمن هذه الخطوة عملية تحديث الألوان (Adaptive Color)، إذ يتم إدخال النافذة الملونة والنافذة ذات التمثيل الثنائي التي تم الحصول عليها من دالة (Get Window Segmentation) إلى دالة تحديث الألوان للحصول على لون الكرة وقيمة تباين لون الكرة للذين يساهمان في عملية حساب العتبة المكيفة للإطار الجديد.

ويمكن تلخيص عمل هذه الدالة بما يأتي، خطوات إيجاد قيمة اللون وإيجاد قيمة تباين لون الكرة:

- يتم تكوين متجهين أحدهما لخرن قيمة الألوان والآخر لخرن قيمة التباين.
- يتم في هذه الدالة حساب مجموع قيم النافذة بالتمثيل الثنائي ($BinaryWindow_{n \times m}$) ولتكن مثلاً ($SumBinaryWindow_{n \times m}$).

- يتم تحليل النافذة الملونة ($TrueColorWindow_{n \times m}$) إلى ثلاث نوافذ ذات التدرج اللوني (0...255) ($RedWindow_{n \times m}$ ، $GreenWindow_{n \times m}$ ، $BlueWindow_{n \times m}$).
- يتم إيجاد حاصل ضرب قيم النافذة ذات التمثيل الثنائي ($BinaryWindow_{n \times m}$) بالنافذة الملونة التي تم تحليلها ويتم الاحتفاظ بنتيجة العملية للاستفادة منها لاحقاً إذ يتم الحصول على نافذة تحوي فقط على الخصائص اللونية للكرة (الأحمر) (الأخضر) (الأزرق) (لاحظ الشكل (12) لتوضيح العملية على النافذة التي تم تحليلها للحصول على الخصائص اللونية للكرة).



$MBlueWindow_{n \times m}$

الشكل (12): يوضح عملية إيجاد الخصائص اللونية للكرة (الأحمر، الأخضر، الأزرق).

يتم حساب قيمة اللون من خلال إيجاد حاصل قسمة مجموع قيم النافذة ذات لون معين (الأحمر، الأزرق، الأخضر)، على سبيل المثال (الأحمر) الناتجة من الخطوة السابقة على مجموع قيم النافذة بالتمثيل الثنائي الذي تم حسابه في الخطوة الثانية في هذه الدالة.

- يتم إيجاد مجموع قيم كل نافذة قد تم إيجادها من الخطوة السابقة لهذه الدالة وتخزن ضمن متغيرات مثل

(SumRedWin, SumGreenWin, SumBlueWin).

- ثم يتم إيجاد حاصل قسمة القيمة التي تم الحصول عليها مثل (SumRedWin, SumGreenWin, SumBlueWin) من مجموع قيمة نافذة ذات لون محدد على القيمة التي تم الحصول عليها من مجموع قيم النافذة ذات التمثيل الثنائي (SumBinaryWindow_{n x}) للحصول على قيمة اللون للكرة، كما موضح في المعادلات الآتية:

$$Color (R) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m MRedWindow_{i \times j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m BinaryWindow_{i \times j}} \quad (3)$$

$$Color (G) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m MGreenWindow_{i \times j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m BinaryWindow_{i \times j}} \quad (4)$$

$$Color (B) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m MBlueWindow_{i \times j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m BinaryWindow_{i \times j}} \quad (5)$$

$MRedWindow_{i \times j}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة التي تملك الخصائص اللونية للون الأحمر للكرة داخل النافذة.

$MGreenWindow_{i \times j}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة التي تملك الخصائص اللونية للون الأخضر للكرة داخل النافذة.

$MBlueWindow_{i \times j}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة التي تملك الخصائص اللونية للون الأزرق للكرة داخل النافذة.

$BinaryWindow_{i \times j}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة ذات التمثيل الثنائي.

لإيجاد قيمة تباين لون الكرة:

- يتم إيجاد حاصل ضرب قيمة اللون التي تم الحصول عليها من الخطوة السابقة كما في المعادلات أعلاه في النافذة ذات التمثيل الثنائي ويخزن ناتج عملية الضرب في نوافذ مثل $(MultiplyRed_{n \times m}, MultiplyGreen_{n \times m}, MultiplyBlue_{n \times m})$.
- يتم إيجاد القيمة المطلقة للفرق بين ناتج النوافذ التي تم الحصول عليها في الخطوات السابقة وكما موضح سابقاً في الشكل (12) ، والنوافذ التي تم الحصول عليها من الخطوة السابقة $(MultiplyRed_{n \times m}, MultiplyGreen_{n \times m}, MultiplyBlue_{n \times m})$ ، كما موضح في المعادلات الآتية:

$$RedDif_{n \times m} = MRedWindow_{n \times m} - MultiplyRed_{n \times m} \quad (6)$$

$$GreenDif_{n \times m} = MGreenWindow_{n \times m} - MultiplyGreen_{n \times m} \quad (7)$$

$$BlueDif_{n \times m} = MBlueWindow_{n \times m} - MultiplyBlue_{n \times m} \quad (8)$$

$MRedWindow_{n \times m}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة التي تم الحصول عليها من حاصل ضرب قيم النافذة ذات تمثيل اللون الأحمر في النافذة ذات التمثيل الثنائي.

$MGreenWindow_{n \times m}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة التي تم الحصول عليها من حاصل ضرب قيم النافذة ذات اللون الأخضر في النافذة ذات التمثيل الثنائي.

$MBlueWindow_{n \times m}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة التي تم الحصول عليها من حاصل ضرب قيم النافذة ذات اللون الأزرق في النافذة ذات التمثيل الثنائي.

$MultiplyRed_{n \times m}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة التي تم الحصول عليها من حاصل ضرب قيمة اللون الأحمر في النافذة ذات التمثيل الثنائي.

$MultiplyGreen_{n \times m}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة التي تم الحصول عليها من حاصل ضرب قيمة اللون الأخضر في النافذة ذات التمثيل الثنائي.

$MultiplyBlue_{n \times m}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة التي تم الحصول عليها من حاصل ضرب قيمة اللون الأزرق في النافذة ذات التمثيل الثنائي.

- ثم يتم إيجاد مجموع قيم كل نافذة تم الحصول عليها من إيجاد القيمة المطلقة للفرق كما في الخطوة السابقة من هذه الدالة وتخزن على سبيل المثال في $(SumRedDif_{n \times m})$ و $(SumGreenDif_{n \times m})$ و $(SumBlueDif_{n \times m})$.

- ثم يتم إيجاد قيمة تباين لون الكرة من خلال إيجاد حاصل قسمة الناتج من الخطوة السابقة على مجموع قيم النافذة ذات التمثيل الثنائي ، وكما موضح في المعادلات الآتية:

$$Variation(R) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m RedDif_{i \times j} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m BinaryWindow_{i \times j} \quad (9)$$

$$Variation (G) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m GreenDif_{i \times j} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m BinaryWindow_{i \times j} \quad (10)$$

$$Variation (B) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m BlueDif_{i \times j} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m BinaryWindow_{i \times j} \quad (11)$$

- $RedDif_{i \times j}$: مصفوفة تمثل قيمة الفرق بين النوافذ التي تم الحصول عليها من المعادلة (6).
- $GreenDif_{i \times j}$: مصفوفة تمثل قيمة الفرق بين النوافذ التي تم الحصول عليها من المعادلة (7).
- $BlueDif_{i \times j}$: مصفوفة تمثل قيمة الفرق بين النوافذ التي تم الحصول عليها من المعادلة (8).
- $BinaryWindow_{i \times j}$: مصفوفة تمثل قيم النافذة ذات التمثيل الثنائي.

الخطوة التاسعة :

تتضمن هذه الخطوة عملية تقييم أو تقدير موقع الكرة (Estimation of Ball Position) الجديد في الإطار التالي، إذ إن أي تغيير في الحركة لهدف معين ضمن السلسلة الفيديوية هو ما بين 1-11 أصغر نقطة ضوئية [3]، ومن خلال ذلك تم الاعتماد على طريقة حساب قيمة مركز النقل للكرة للاستفادة منها في تقييم موقع الكرة التالي وذلك من خلال المعالجات الآتية:

- يتم إدخال قيم الموقع البدائي للكرة إلى هذه الدالة والتي تم الحصول عليها من الخطوة الرابعة من خطوات الخوارزمية المقترحة وهي دالة (Get Attribute Ball) وكذلك يتم إدخال قيمة حجم النافذة التي تم إيجادها في الخطوة الخامسة من الخوارزمية المقترحة (Get Window) وكذلك قيمة مركز النقل التي تم الحصول عليها من الدالة (Center of Gravity) في الخطوة السابعة من خطوات الخوارزمية المقترحة.
- تبدأ المعالجة في هذه الدالة من خلال إيجاد الفرق بين قيمة موقع الكرة البدائي وقيم الحجم النافذة ويخزن ضمن متغير (DifferencePosition)، وكما موضح في المعادلة الآتية:

$$DifferencePositionX = Xposition - WindowCenter \quad (12)$$

$$DifferencePositionY = Yposition - WindowCenter \quad (13)$$

$Xposition$: يمثل قيمة موقع الكرة السابق على الإحداثي السيني (X_axis).

$Yposition$: يمثل قيمة موقع الكرة السابق على الإحداثي الصادي (Y_axis).

$WindowCenter$: يمثل قيمة حجم النافذة.

- نوجد موقع الكرة الجديد من خلال إيجاد حاصل جمع قيمة مركز الثقل والقيمة التي تم الحصول عليها من الخطوة السابقة وكما موضح في المعادلات الآتية.

$$X_NewPosition = DifferencePositionX + Xc \quad (14)$$

$$Y_NewPosition = DifferencePositionY + Yc \quad (15)$$

$X_NewPosition$: يمثل قيمة الفرق التي تم الحصول عليها من المعادلة (12).

$Y_NewPosition$: يمثل قيمة الفرق التي تم الحصول عليها من المعادلة (13).

Xc : يمثل قيمة مركز الثقل على الإحداثي السيني (X_axis).

Yc : يمثل قيمة مركز الثقل على الإحداثي الصادي (Y_axis).

الخطوة العاشرة :

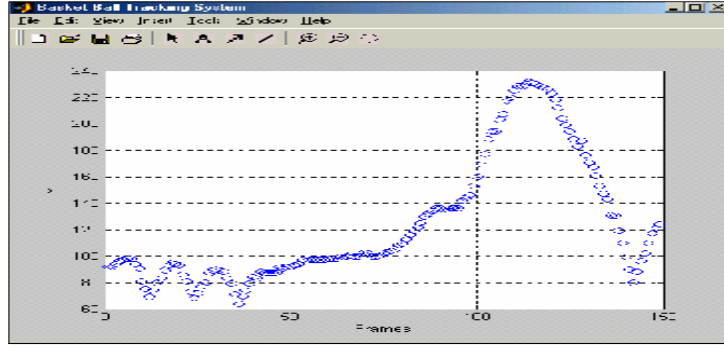
بعد أن تم الحصول على موقع الكرة الجديد ($X_NewPosition$) و ($Y_NewPosition$) يتم تخزينه في المتجهات التي تمت تهيئتها في بداية الخوارزمية المقترحة.

الخطوة الحادية عشرة :

يتم فحص العداد الخاص بعدد الأطر: أوصل النهاية أم لا ؟ فإذا لم ينته تكرر المعالجة على خطوات الخوارزمية السابقة ابتداء من الخطوة الخامسة إلى أن تتم المعالجة على جميع الأطر الموجودة ضمن الفلم الفيديوي، وإذا انتهى يتم رسم المسار للكرة على طول السلسلة الفيديوية. وتجدر الإشارة إلى أنه بالرغم من أن المعالجة تمت على مثال لم تحدث فيه مشكلة الحجب (Occlusion) (ويعنى بالإنحجاب فقدان الهدف في أثناء التعقب)، لكن الخوارزمية المقترحة أخذت على عاتقها كيفية معالجة هذه المشكلة في حال تطبيق المعالجة على مثال آخر وذلك من خلال فحص القيمة الناتجة من دالة إيجاد مركز الثقل إذ أنه في حالة كون قيمة مركز الثقل (Xc , Yc) تساوي صفراً فإن هذا يعني حدوث فقدان للجسم المراد تعقبه من الأطر المقروءة، وهذا ما يعرف بمشكلة الحجب للهدف، فقد كانت المعالجة في الخوارزمية المقترحة من خلال مطالبة النظام باستدعاء دالة (Get Attribute) خلال البرنامج مرة أخرى لإعطاء موقع الجسم البدائي مرة أخرى أيضاً.

الخطوة الثانية عشرة :

يتم رسم مسار الكرة خلال السلسلة الفيديوية (Track Ball In Video Sequence) كما موضح أدناه في الشكل (13).



الشكل (13): يوضح مسار الكرة ضمن السلسلة الفيديوية ببعدين.

٤. مناقشة النتائج والاستنتاجات :

حاولنا في هذا البحث الربط بين خوارزميات المعالجة الفيديوية مع خوارزميات المعالجة الصورية على الترتيب وذلك للحصول على خوارزمية سريعة أكثر فعالية لتعقب الكرة. لقد تم اعتماد لغة (MATLAB6.5) إذ يتم التعامل مع بيانات الملف الفيديوي بشكل مباشر وبمرونة كاملة عن طريق ايعازات توفرها هذه اللغة دون الحاجة إلى تعريف المقدمة (Header) للملفات الفيديوية مقارنة باللغات البرمجية الأخرى على سبيل المثال Visual C++, C, إن استخدام لغة (MATLAB6.5) يوفر السرعة والسهولة في التعامل والمعالجة مع المصفوفات. تم اعتماد تعقب الحركة من خلال استخدام التقنيات الرياضية الأساسية في خوارزمية التعقب ، من خلال حساب مركز الجاذبية للكرة للاستفادة منها في تقييم موقع الكرة التالي، كذلك فقد تم حساب الجذر التربيعي لمعدل مربع الخطأ (RMSE) (Root Mean Square Error) لكل من الموقع السيني والصادي وحسب العلاقة الرياضية الآتية [7]:

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

$$MSE = \sum (True \ Position - Estimated \ Position)^2 / n$$

MSE: معدل مربع الخطأ.

True Position: الموقع الحقيقي للكرة.

Estimated Position: الموقع المتوقع للكرة والذي تم إيجاده عن طريق الخوارزمية.

n: عدد المواقع الكلي.

وعند مقارنة الخوارزمية بالطرق التقليدية الأخرى فإنها تعطي نتائج واعدة ومعتمدة وذلك من خلال مقارنة مواقع مسار الكرة الحقيقي ضمن السلسلة الفيديوية ومواقع مسار الكرة المتوقع (Estimation Ball Position) الذي تم إيجاده من خلال الخوارزمية. وبعد تطبيق القانون السابق على النتائج كانت كالآتي :

$$RMSEX = 0.0819$$

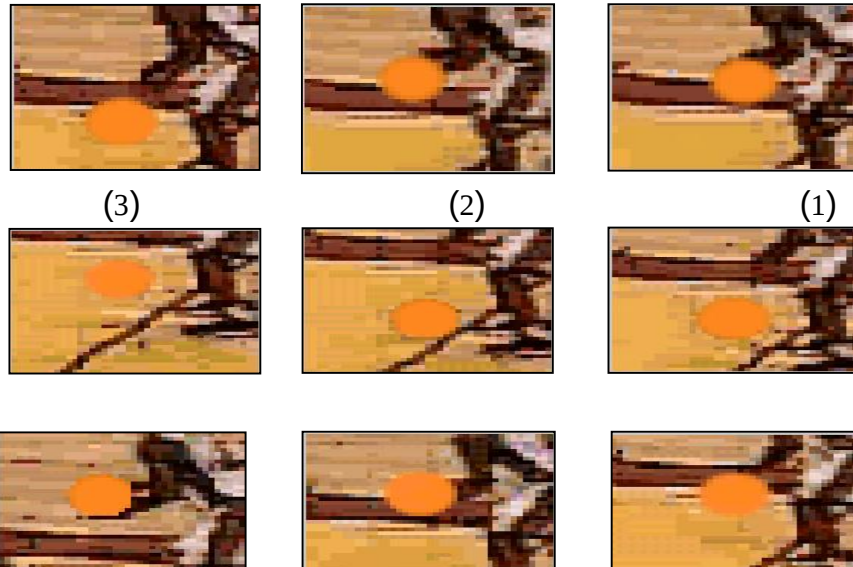
$$RMSEY = 0.0819$$

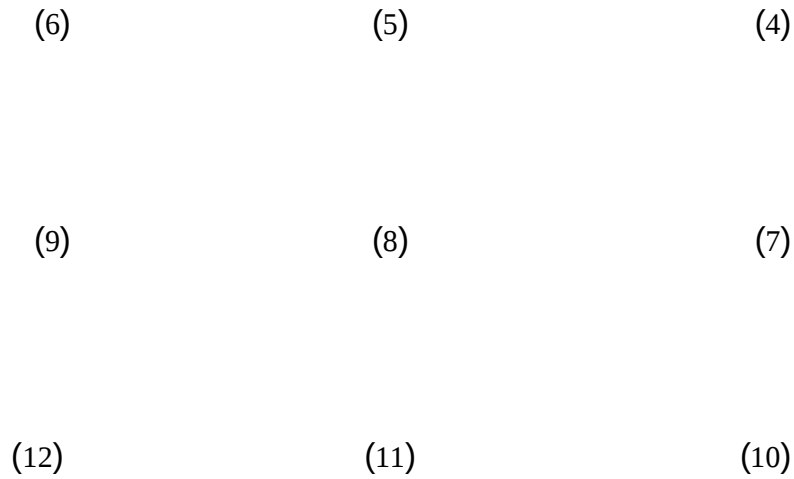
وكما هو واضح فإن جذر معدل مربع الخطأ قليل جداً مما يشير إلى تقارب المواقع الحقيقية وتلك المقدرة. وإن تطبيق المعالجة على جزء من الإطار الفيديوي أي استخدام النافذة كان له تأثير إيجابي في التقليل من زمن المعالجة في سلسلة الأطر الفيديوية الشكل (١٤) جزء من سلسلة النوافذ المقطعة من السلسلة الفيديوية. كذلك فإن الخوارزمية المقترحة حاولت معالجة مشكلة الحجب (الاختفاء) للكرة ضمن السلسلة الفيديوية، يضاف إلى ذلك فإن الخوارزمية ترينا بشكل مباشر تطبيقاً من حياتنا اليومية، وهذا يوفر متعة أكبر في متابعة ألعاب الرياضة ويمكن تغيير الحركة وتعديلها حسب الحاجة مثل التطبيقات على لعبة كرة السلة التي تعرض على الشاشة التلفزيونية NBA. نتيجة لما سبق فإن طريقة استخدام مركز الجاذبية لغرض تعقب حركة هدف هي طريقة فعالة وسريعة وقوية مقارنة بالطرق التقليدية المستخدمة.

مما تقدم يمكن إدراج أهم الاستنتاجات التي تم التوصل إليها :

١. بناءً على تعاملنا الواقعي مع المسألة نستنتج إن استخدام لغة (MATLAB6.5) يوفر السرعة والسهولة في التعامل والمعالجة مع المصفوفات.
٢. إن استخدام محددات بدائية، مثل تحديد الموقع البدائي للكرة وقيمة مركز النافذة، يمكن اعتماده في تعقب الحركة للهدف المتحرك إذ يوجه المعالجة بالاتجاه الصحيح.
٣. إن استخدام النافذة التي تحيط بالهدف لها تأثير إيجابي في التقليل من زمن المعالجة على سلسلة الأطر الفيديوي، كما موضح في الشكل (١٤) جزء من سلسلة النوافذ المقطعة من السلسلة الفيديوية.
٤. إن استخدام العتبة المكيعة للحصول على (Threshold Segmentation) للنافذة يفضل عن تطبيق العتبة العامة في تحويل النافذة ذات الألوان الحقيقية إلى نافذة ذات تمثيل ثنائي.
٥. إن عملية إيجاد قيمة مركز الجاذبية كانت لها فائدة كبيرة عند استخدامها في عملية حساب الموقع المتوقع للكرة.

٦. من خلال التطبيق العملي نستنتج أن حساب قيمة اللون والتباين للون الكرة يمكن استخدامها في عملية حساب العتبة المكيفة للأطر التالية.
٧. عند عرض الفلم الفيديوي داخل MATLAB6.5 باستخدام ActiveX Control من خلال واجهة المستخدم التطبيقية (GUI) نستنتج إمكانية إعادة تشغيل وعرض الفلم الفيديوي من خلال (GUI) ولمرات متتالية.
٨. عند تطبيق الخوارزمية على مقاطع فيديوية جاهزة أو تم تسجيلها عن طريق الكاميرا الفيديوية نستنتج أن لها قدرة على تقييم المسار للهدف المراد تعقبه ولا تقتصر الخوارزمية المقترحة على الكرة فقط ولكن ممكن أن يكون الهدف أي جسم آخر.





الشكل (14): يوضح سلسلة من النوافذ المقطعة ضمن السلسلة الفيديوية.

المصادر

- [1] AL-Wagih, Khalil Saeed Mohammad, (2003) “**Simulation of Single Target Tracking Techniques**”, Thesis, Computer Sciences, *Computer Sciences and Mathematics, University of Mosul*.

-
- [2] Chen*, Min-Hsin, Chen*, Chi-Farn, Cheng*, Chao-Yao, Lin*, Chun Lu (2000) “**Target Positioning Using Object Tracking Technique for Video Images**”, *Center for Space and Remote Sensing Research, National Central University Chung Li, China TaipeiTel: (886)- 3- 4227151 –7659.
 - [3] Crétual, Armel, Chaumette, François, Bouthemy, Patrick, (1998) “**Complex Object Tracking by Visual Servoing based on 2D Image Motion**”, IRISA/INRIA Rennes, Camus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex, France. Proceedings of the IAPR International Conference on Pattern Recognition. ICPR’98. Volume 2-Pages 1251- 1254 .
 - [4] Elaydi, Hatem, Alwheidi, Ismail F., AL-Madhoun, Wael, Shbair, Aseem, Harb, Mohamed, (2002) “**Intelligent Motion Detection and Tracking System**”, *The Proceedings of the 2002 International Arab Conference on Information Technology (ACIT’2002)*.
 - [5] Gonzales, Rafael C., Woods, Richard E., (2002) “**Digital Image Processing**”, 2ND Edition, Prentice-Hall.
 - [6] Kotropoulos, C., Pitas, I., (2001) “ **Nonlinear Model-Based Image/ Video Processing and analysis**”, *John Wiley & Sons, Inc.*
 - [7] MATLAB6.5 Toolbox,help.
 - [8] Wang, Yiwei, Dyck, Robert E. Van, Doherty, John F., (2000) “**Tracking Moving Objects In Video Sequences**”, *Department of Electrical Engineering, The Pennsylvania State University, IEEE Computer.org, 29th Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR’00) October 16 – 18,2000, Washington, D.C.*
 - [9] Zurada, Jacek M., (1996)”**Introduction to Artificial Neural Systems**”, *Jaico Publishing House, Mumbi.*