

تأثير عملية التدوير الهندسية على جودة الصور الثابتة

إلهام جاسم محمد¹ و علي عبد داوود² و رغد سعدون محمد³ و إسراء خالد شاكر⁴
¹قسم الفيزياء، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية، بغداد، العراق
^{2,3,4}وحدة الرواتب، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية، بغداد، العراق

تاريخ تقديم البحث 2008/2/2 - تاريخ قبول البحث 2009/6/29

ABSTRACT

In few years ago , are developed many of simulation systems in moving generation to grated movie image in several applications as in control system , training system ,modern cinema and movie painting . The most of simulation systems and movie generation are basic depended on image operation that carrying out on the level of image or part of image or target in the image therefore, we tend in this search to studies image operation that is effected of image quality and coefficient moving generation .

In this study we suggested many algorithm to applying image geometric rotation operation. When we perform any image operation the position in many of pixel did not integer , for that reason we must forming this image by mathematical interpolation . There are many interpolation methods and in this study we used three methods are bi nearest interpolation , bi leaner interpolation and bi cubic interpolation . For we know best method we calculated normalized mean square error between process images these are forming form inverse transformations for any operation and origin image .

In analysis results we shown the bi cubic interpolation had efficiency at using basic image.

Other than, in this research we design program to generated moving object in image by using image rotation operation that is generation moving in level of the image.

الخلاصة

تم في السنوات القليلة الماضية تطوير العديد من أنظمة المحاكاة في توليد الحركة لتكوين صورة متحركة في تطبيقات عديدة منها أنظمة السيطرة والتدريب والسينما الحديثة وتوليد الرسوم المتحركة . أن أغلب أنظمة محاكاة وتوليد الحركة تعتمد بشكل أساسي على العمليات الهندسية التي يمكن إجرائها على مستوى الصورة أو على نقطة أو هدف في الصورة لذا توجهنا في بحثنا لدراسة هذه العملية الهندسية وتأثيرها على جودة الصورة وكفاءة توليد الحركة.

في هذه الدراسة تم فيها اقتراح خوارزميات لإجراء عملية التدوير الهندسية. فعند إجراء أية عملية هندسية قد لا تكون مراكز عناصر الصورة الناتجة بعد المعالجة في مواقع صحيحة لذا يجب إعادة تشكيل الصورة من جديد ويتم ذلك عن طريق الإستكمال الرياضي ، وتوجد طرائق عديدة للإستكمال الرياضي، وفي هذا البحث تم تطبيق ثلاث طرائق هي الإستكمال الثنائي لأقرب جوار والإستكمال الثنائي الخطي والإستكمال الثنائي التكعيبي ولمعرفة أفضل طريقة من تلك الطرائق تم حساب معدل مربع الخطأ العياري NMSE بين الصور المعالجة والناتجة من التحويل العكسي لأية عملية هندسية والصور الأصلية .

لقد أظهر الإستكمال الثنائي التكعيبي نتائج أفضل عند إستخدام عملية التدوير الهندسية. فضلا على ذلك تم في هذه الدراسة تصميم برنامج لتوليد حركة لجسم محدد في الصورة من خلال إستخدام عملية التدوير الهندسية، حيث تم توليد حركة في مستوى صورة.

مفتاح المحتوى : Keywords :

الإستكمال، عملية التدوير الهندسية، الإستكمال الثنائي لأقرب جوار، الإستكمال الثنائي الخطي، الإستكمال الثنائي التكعيبي.

المقدمة

بدأ الاهتمام بمعالجة الصور الرقمية منذ بداية القرن الماضي خصوصاً مع اكتشاف الحاسوب في العقود الأخيرة من هذا القرن واستخدام الأنظمة الرقمية للصور (Image Digitalization) في عام (1964)، ومنذ ذلك الوقت شهد مجال المعالجة الصورية نمواً سريعاً وفضلاً عن التطبيقات في برامج الفضاء فان تقنيات المعالجة الصورية تستخدم اليوم في تطبيقات كثيرة ومختلفة منها التطبيقات الطبية والعسكرية والصناعية والجغرافية والرسم الهندسي وغيرها [1].

ونتيجة لذلك تطور علم معالجة الصور الرقمية وتفرعت منه عدة علوم أهمها علم معالجة صور الحاسبة الالكترونية (Computer Graphic)، وهو علم يهتم بكيفية تكوين الصورة أو رسمها الكترونياً داخل الحاسبة ويتم هذا من خلال إجراء العديد من العمليات الهندسية وكذلك يهتم بإجراء العديد من العمليات النقطية على الصور لهدف معين مثل زيادة الوضوحية في الصورة كما في الصور الطبية مثلاً، أو توليد الحركة، أو صنع عدد من التشكيلات الهندسية داخل الصورة نفسها، أو عمل التأثيرات الخاصة داخل ملفات الصور الفديوية و غير ذلك، ومن أهم العمليات التي يعتمد عليها في إجراء ذلك هو العمليات الهندسية للتحكم بهندسة المشهد وعمليات توضيح المشهد بالتحكم بالشدة الرمادية، أو اللونية لعناصر الصورة أو الصورية (Image Operation) والتي يمكن إجرائها في بعدين، أو ثلاثة أبعاد، ويوجد الكثير من العمليات الهندسية ومن أهمها العمليات الهندسية الأساسية وهي [2,3]:

- عملية التدوير Rotation operation .
- عملية النقل Transition operation .
- عملية تغير المقياس Scaling operation .
- عملية القص Shearing operation .

وإجراء العمليات الهندسية يتطلب معرفة بفيزيائية الحالة ونمذجتها وتحويلها إلى معادلات رياضية يمكن برمجتها بواسطة الحاسوب.

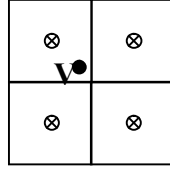
في بحثنا هذا سنتناول شرح وتطبيق عملية التدوير Rotation.

الإستكمال

تعد العمليات الصورية الهندسية العنصر الأساسي في الكثير من أنظمة البرمجيات الحديثة التي تتعلق بإعادة تشكيل وتركيب الصورة بطريقة مختلفة . ولإجراء تلك العمليات الهندسية تستخدم اللغات البرمجية المعروفة وفي هذه الدراسة تم استخدام برنامج (Visual Basic)، وتتطلب تلك العمليات الهندسية الإحاطة بالأدوات والوسائل الرياضية، وذلك لغرض بناء برمجيات المعالجة التي تعتمد عليها ومن أهمها الاستكمال الرياضي الذي يعد أحد فروع التحليل العددي .

ويمكن إجراء العمليات الصورية الهندسية في بعدين، أو في ثلاثة أبعاد [4] ، وفي هذه الدراسة سنستخدم العمليات الهندسية في بعدين فقط.

تكمن أهمية الإستكمال الثنائي في اعتماده عند إجراء أغلب العمليات الصورية حيث أن العديد من مراكز عناصر الصورة (Elements of Pixel) قد لا تكون في مواقع ذات قيم صحيحة لذا ينبغي استكمالها من القيم المجاورة لها ويوضح الشكل (1) العنصر V الذي يجب أن يستكمل من العناصر المجاورة له [5].



شكل-1: العنصر v يقع في موقع ذا قيمة غير صحيحة على فرض أن العناصر الأخرى المجاورة ذات قيم صحيحة.

أما الشدة التي تقع في مواقع صحيحة فليست هنالك حاجة للإستكمالها. من أبرز طرائق الإستكمال التي تستخدم في العمليات الصورية هي [5]:

• الإستكمال الثنائي لأقرب جوار Di Nearest Interpolation

يعد الإستكمال الثنائي لأقرب جوار من أبسط طرائق الإستكمال وأسرعها من حيث مدة التنفيذ ، وفيه تحسب الشدة (V) ذات الموقع (x,y) من أحد قيم المجاورات الأربع أي أن [5]:

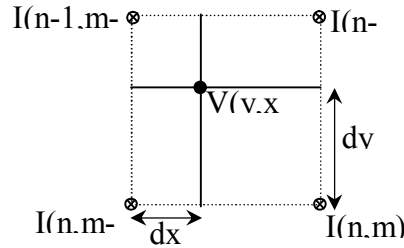
$$n = \text{round}(y) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$m = \text{round}(x) \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$V = I(n, m) \quad \dots\dots\dots(3)$$

حيث أن $I(n, m)$ تمثل الشدة في الموقع n, m .

ويوضح الشكل (2) مواقع المجاورات الأربعة للشدة المركزية V التي ستستبدل قيمتها من أحد قيم الشدات في تلك المجاورات [6].



شكل-2: المجاورات الأربعة للشدة المركزية $V(y,x)$

• الإستكمال الثنائي الخطي Di Leaner Interpolation

في هذا النوع من الإستكمال تساهم أربعة مجاورات في حساب الشدة المركزية V كما موضح في الشكل (2) أعلاه حيث تحسب قيمته حسب المعادلات الآتية [7]:

$$S = I(n, m).dx + I(n, m - 1).(1 - dx) \quad \dots\dots\dots(4)$$

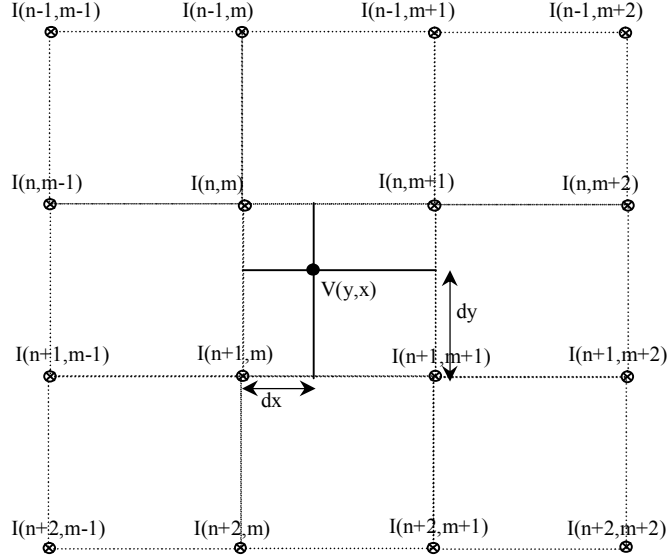
$$N = I(n - 1, m).dx + I(n - 1, m - 1).(1 - dx) \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$V = N.dy + S.(1 - dy) \quad \dots\dots\dots(6)$$

من الواضح أن المعادلة السابقة تتطلب وقت تنفيذ أطول إذا ما قورنت بالمعادلة (3) لذلك يتطلب هذا الأستكمال مدة زمنية أكبر من الإستكمال الثنائي لأقرب جوار [6]. ويعتمد حساب الشدة V في هذه على دالة من الدرجة الأولى لذلك سمي هذا بالإستكمال بالإستكمال الثنائي الخطي.

• الإستكمال الثنائي التكعيبي Di Cubic Interpolation

تستكمل قيمة الشدة في هذا النوع من ستة عشر عنصر مجاور كما في الشكل (3) ، ويتطلب هذا النوع من الإستكمال عمليات رياضية معقدة ووقت تنفيذ أطول إذا ما قورن بالطريقتين السابقتين حيث تحسب قيمة الشدة V حسب العلاقات الآتية [8]



شكل-3: مجاورات الشدة المركزية $V(x,y)$ في الإستكمال الثنائي التكعيبي.

$$a_{n-1} = -dy.(1-dy)^2.I(n-1,m-1) + (1-2dy^2+dy^3).I(n-1,m) + dy.(1+dy-dy^2) \\ I(n-1,m+1) - dy^2.(1-dy).I(n-1,m+2) \quad ,.....(7)$$

$$a_n = -dy.(1-dy)^2.I(n,m-1) + (1-2dy^2+dy^3).I(n,m) + dy.(1+dy-dy^2) \\ I(n,m+1) - dy^2.(1-dy).I(n,m+2) \quad ,.....(8)$$

$$a_{n+1} = -dy.(1-dy)^2.I(n+1,m-1) + (1-2dy^2+dy^3).I(n+1,m) + dy.(1+dy-dy^2) \\ I(n+1,m+1) - dy^2.(1-dy).I(n+1,m+2) \quad ,.....(9)$$

$$a_{n+2} = -dy.(1-dy)^2.I(n+2,m-1) + (1-2dy^2+dy^3).I(n+2,m) + dy.(1+dy-dy^2) \\ I(n+2,m+1) - dy^2.(1-dy).I(n+2,m+2) \quad ,.....(10)$$

$$V = -dx.(1-dx)^2.a_{n-1} + (1-2dx^2+dx^3).a_n + dx.(1+dx-dx^2).a_{n+1} \\ - dx^2.(1-dx).a_{n+2} \quad ,.....(11)$$

يتضح من المعادلة (11) إن حساب قيمة الشدة يعتمد على المعاملات $(a_{n-1}, a_n, a_{n+1}, a_{n+2})$ وكل معامل من هذه المعاملات هو عبارة عن كثيرة حدود من الدرجة الثالثة لذلك سمي هذا الإستكمال بالإستكمال الثنائي التكعيبي.

وتوجد أنواع أخرى من الإستكمال قد يعتمد على اختيار دالة رياضية تستكمل نقاط الصورة وفقها أو تعتمد على اختيار ثلاث نقاط تستكمل النقطة المركزية حولها [9].

العمليات الصورية

هنالك الكثير من العمليات الصورية التي يمكن إجرائها على الصور بهدف الحصول على صورة جديدة ذات مواصفات أخرى تعتمد في تشكيلها وتكوينها على الصورة الأصلية ، ويمكن أن تكون تلك العمليات في بعدين (Two Dimension) أو في ثلاثة أبعاد (Three Dimensions) وفي جميع الأحوال يجب أن يكون الإظهار النهائي للصورة في بعدين دائماً [2].

سنقتصر الدراسة الحالية على تطبيق عملية التدوير Rotation الصورية في بعدين فقط حيث تتم عملية تدوير الصورة بزاوية (θ) حول المركز (x_c, y_c) حسب معادلة التحويل الآتية [3] :

$$\begin{bmatrix} x_{new} \\ y_{new} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} xc + (x - xc) \cdot \cos(\theta) + (y - yc) \cdot \sin(\theta) \\ yc + (y - yc) \cdot \cos(\theta) - (x - xc) \cdot \sin(\theta) \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(12)$$

أما عندما يكون التدوير حول نقطة الأصل فان ($x_c=0, y_c=0$) وبهذا تصبح المعادلة السابقة

$$\begin{bmatrix} x_{new} \\ y_{new} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \cdot \cos(\theta) + y \cdot \sin(\theta) \\ y \cdot \cos(\theta) - x \cdot \sin(\theta) \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(13)$$

ويوضح الشكل (4) عملية تدوير الصورة بزاوية ($\theta=30^\circ$) حول مركزها.



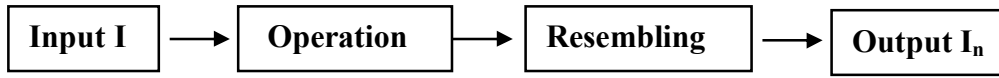
شكل-4: عملية تدوير الصورة بزاوية ($\theta=30^\circ$) حول مركزها .

والتحويل العكسي يمكن الحصول عليه باستبدال الزاوية (θ) بالزاوية ($-\theta$) بالمعادلتين السابقتين واعتماد نفس معادلات التحويل الأمامي السابقة الذكر [3].

خوارزميات العمليات الهندسية للصور الرقمية

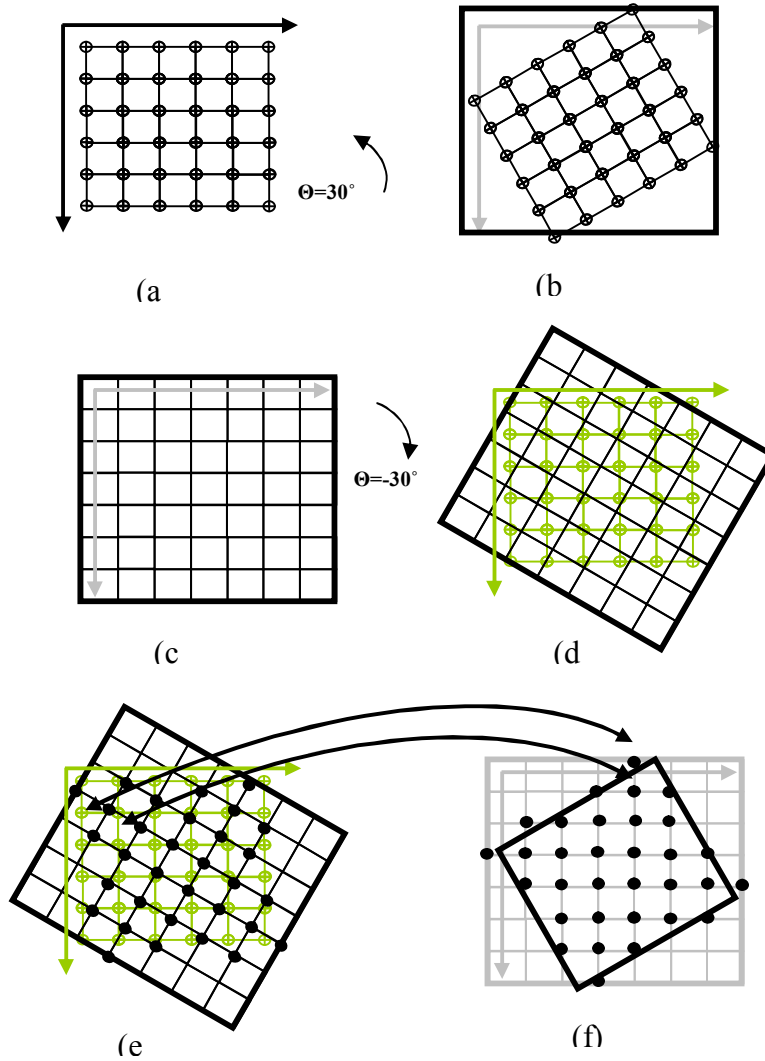
يهدف البحث إلى تقديم خوارزمية تطبيق التدوير على الصورة أو جزء محدد من الصورة ومعرفة مدى تأثير تلك العملية على وضوحية الصورة أيضاً.

إن أغلب العمليات الصورية تتطلب إعادة ترميز ويتم هذا عن طريقة الإستكمال [4] ، ويمكن توضيح تلك العملية بواسطة الشكل (5) حيث يتم إدخال الصورة (I) أولاً ثم تحدد العملية ثم يعاد تشكيل الصورة (I_n) عن طريقة الإستكمال ومن ثم إظهار الصورة الناتجة.



شكل 5: مخطط يوضح أسلوب المعالجة عند إجراء العملية التصويرية.

عند تطبيق العمليات التصويرية (التدوير وهو موضوع بحثنا) مثلاً بزاوية (30°) حول مركز الصورة قد لا تكون مراكز عناصر الصورة في مواقع صحيحة، وينبغي إستكمال تلك العناصر لإيجاد الشدة المناسبة التي تقابل تلك المواقع من القيم المجاورة [5]. ويوضح الشكل (6a) مراكز لعناصر الصورة التي يشار لها بالرمز \otimes أما الشكل (6b) فيوضح عملية تدوير الصورة داخل مدى جديد للإحداثيات مما ينتج شبكة ترميز جديدة أي الشكل (6c) وإيجاد المناطق المستكملة يتم استخدام تدوير عكسي (-30°) لشبكة الترميز كما في الشكل (6d) حيث تستكمل كل نقطة من الإحداثيات الناتجة من شبكة الترميز بالمطابقة مع عناصر الصورة الأصلية.



شكل 6: خطوات استكمال عناصر الصورة في عملية التدوير.

أما الشكل (6e) فيوضح العناصر المستكملة التي تمثل الرمز ● . ثم تعاد شبكة الترميز إلى موقعها الأصلي لتنتج الصورة المدورة بزاوية (30°) أي حسب الشكل (6f) . ينطبق الأسلوب السابق على جميع العمليات الصورية حيث يتم الاستفادة من التحويل العكسي في إستكمال قيم الشدات الواقعة في مواقع غير صحيحة مع ملاحظة أن مواقع الشدات الصحيحة لا تستكمل وفي بعض العمليات الصورية قد نضطر إلى تكبير، أو تصغير إحداثيات الصورة وذلك وفقاً لإحداثيات شبكة الترميز. يمكن توضيح خطوات إجراء العمليات الصورية التي تتم على الصورة وهي على النحو الآتي:

خطوات إجراء عملية التدوير

يتضح من الشكل (6) أنه يمكن تدوير زوايا الصورة بزاوية θ وبذلك تكون هنالك أبعاد جديدة لصورة ولإيجاد الشدات في تلك المواقع نحدد شبكة الترميز بنفس إبعاد الصورة المدورة ثم تدور عكساً لتستكمل قيمها بالمطابقة مع مواقع الصورة الأصلية لتوضع من جديد ضمن إحداثيات شبكة الترميز، ويتم هذا حسب الخطوات الآتية:

1. إدخال الصورة الرقمية .
2. تحديد زاوية التدوير θ .
3. حساب مركز الصورة x_c, y_c الذي سوف تدور حوله الصورة وفقاً للمعادلات

$$x_c = (\min x + \max x) / 2$$

$$y_c = (\min y + \max y) / 2$$
4. تدوير مواقع زوايا الصورة فقط أي المواقع (1,1) و (1,w) و (h,1) و (h,w) حيث أن h هو طول الصورة w هو العرض .
5. حساب أعظم وأقل قيمة من بين القيم المدورة للإحداثي X أي (rx_{min}, rx_{max}) وللإحداثي Y (ry_{min}, ry_{max}) . وتمثل تلك القيم حدود شبكة الترميز .
6. تكبير إحداثيات الصورة وفق الأبعاد الجديدة

$$w_{new} = round(rx_{max} + abs(rx_{min}))$$

$$h_{new} = round(ry_{max} + abs(ry_{min}))$$
7. تدوير مواقع شبكة الترميز بزاوية $(-\theta)$ حول المركز x_c, y_c لتنتج القيم r_x, r_y .
8. نحدد نوع الإستكمال وتستكمل المواقع r_x, r_y بالمطابقة مع مواقع الصورة الأصلية وضمن مدى الصورة الأصلية القيم خارج المدى لا تستكمل .
9. تنتج الصورة المدورة باستبدال مواقع الصورة الجديدة بالمواقع المستكملة.

خطوات إجراء العملية الهندسية عند تطبيقها على الجسم

يمكن تطبيق العمليات الصورية على جزء محدد من الصورة، أو أي جسم داخل الصورة بعد تحديد إحداثياته باستخدام خطوات العمل السابقة مع استبدال إحداثيات الصور بإحداثيات الجسم وتحريكه على مستوى الصورة الأصلي ويتم ذلك وفقاً لمعادلات الحركة للعملية السابقة.

معايير الاختبار الكمية

وتشمل هذه المعايير الطرائق الرياضية التي بواسطتها يتم حساب مدى التقارب أو الابتعاد بين الصورة الأصلية، والصورة المعالجة. ومن تلك الطرائق حفظ المعدل (Mean preservation)، ونسبة الإشارة إلى الضوضاء (Signal to Noise Ratio)، وحساب معدل مربع الخطأ العياري (NMSE) غيرها من الطرائق الأخرى . وفي هذه الدراسة

أُعدت معيار حساب معدل مربع الخطأ المعياري لمركبة الإضاءة (التدرج الرمادي) الذي يحدد بالعلاقة الآتية [3]:

$$NMSE = \frac{1}{N^2} \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^N \left(\frac{\ell(x,y) - \hat{\ell}(x,y)}{255} \right)^2 \quad \dots\dots\dots(16)$$

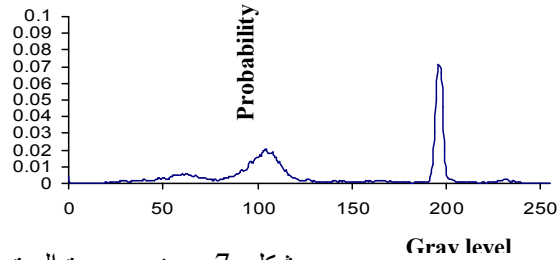
حيث أن N^2 يمثل عدد نقاط الصورة ، و $\ell(x,y)$ يمثل التدرج الرمادي لمركبة للصورة الأصلية ، و $\hat{\ell}(x,y)$ تمثل التدرج الرمادي للصورة المعالجة .

النتائج والمناقشة

تتضمن هذه الفقرة أهم النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة حيث تم تطبيق عملية التدوير الهندسية باستخدام ثلاثة أنواع من الإستكمال (الإستكمال الثنائي لأقرب جوار ، الإستكمال الثنائي الخطي ، الإستكمال الثنائي التكعيبي) . ولمعرفة كفاءة تلك العملية ومدى الوضوحية في الصور بعد إجراء العملية الهندسية أستخدم معدل مربع الخطأ المعياري NMSE بين الصورة الأصلية والصورة المعالجة بعد إجراء التحويل العكسي لتلك الصورة وكذلك تم توضيح المخططات التكرارية لكل حالة. ولدى تطبيق العملية في إجراء الحركة للجسم تم توضيح العلاقة بين حجم الجسم وعدد الخطوات في كل عملية.

• الصورة المعتمدة في هذه الدراسة

لقد اعتمدت في هذه الدراسة صورة ذات تدرجات رمادية من نوع BMP هي صورة البيت (House Image) [5] بحجم (256×256) عنصر وبتدرج رمادي ذي 256 مستوى . ويوضح الشكل (7) تلك الصورة مع مخططها التكراري .



شكل-7: يوضح صورة البيت مع مخططها التكراري .

• نتائج العملية الهندسية عند تطبيقها على الصورة

تم حساب NMSE والمخططات التكرارية لعملية التدوير الهندسية وكما يأتي:

يمكن أجمال أهم النتائج ووفق الأشكال (8) ، (9) ، (10):

1. يتضح من الأشكال التي تبين العلاقة بين زاوية التدوير θ و معدل مربع الخطأ

العياري NMSE للصورة ما يأتي:

a- في جميع أنواع الإستكمال تظهر هنالك علاقة دورية تتكرر بصورة منتظمة ضمن المدى

$$. n \frac{\pi}{2} \quad (n = 0,1,2,\dots)$$

b- نلاحظ من مخططات الإستكمال الثنائي لأقرب جوار أن أعظم خطأ يكون عند الزوايا

ويعتمد ذلك على موقع العنصر المستكمل كلما كانت قيمته قريبة

$$\frac{\pi}{4} + n \frac{\pi}{2} \quad (n = 0,1,2,\dots)$$

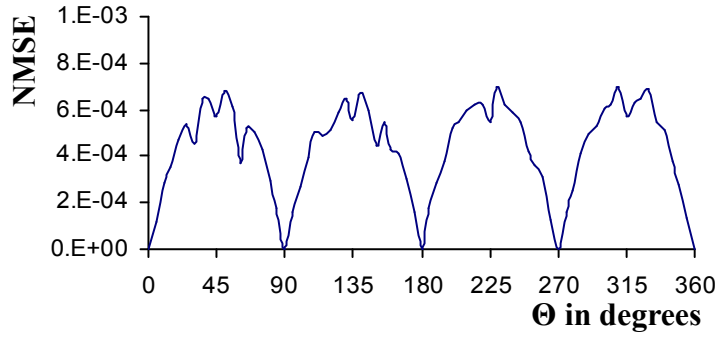
من قيم صحيحة (integer) يقل الخطأ والعكس صحيح كما في تلك الزوايا حيث يكون الخطأ أعظم ما يمكن ، وفي جميع أنواع الإستكمال يكون $NMSE=0$ عند الزوايا $n\frac{\pi}{2}$ ($n=0,1,2,\dots$) ويعود ذلك لإنطباق مواقع العناصر المستكملة مع مواقع عناصر الصورة الصحيحة بشكل تام .

c- أظهر الإستكمال الثنائي التكعيبي بصورة عامة ولجميع مديات الزوايا نتائج أفضل من الإستكمال الثنائي الخطي، والإستكمال الثنائي لأقرب جوار بالرغم من إن الإستكمال التكعيبي يحتاج إلى عمليات رياضية معقدة ووقت تنفيذ أطول إذا ما قورن بالطريقتين السابقتين حيث تحسب قيمة الشدة لستة عشر عنصراً مجاوراً بمعنى آخر بسبب زيادة عدد المجاورات التي يعتمد عليها ويمكن القول أيضاً أن الإستكمال الثنائي الخطي أفضل من الإستكمال الثنائي

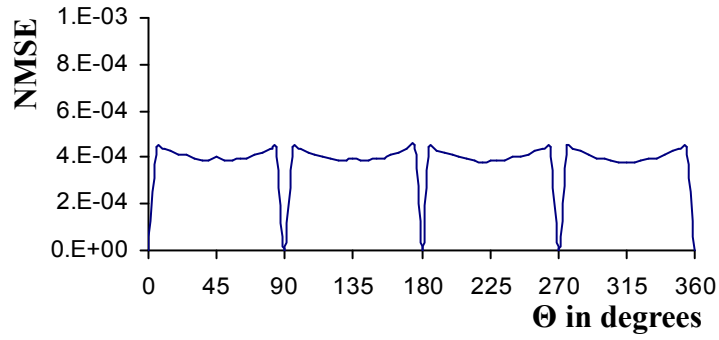
لأقرب جوار لنفس السبب باستثناء المناطق ضمن المدى من $5+n\frac{\pi}{2}$ إلى $20+n\frac{\pi}{2}$ حيث

يكون الإستكمال الثنائي لإقرب جوار أفضل من الطرائق الأخرى للإستكمال وأسرعها من حيث مدة التنفيذ. وفي الصورة المستخدمة يتبين أن جميع طرائق الإستكمال حافظت على خواص تلك الصورة.

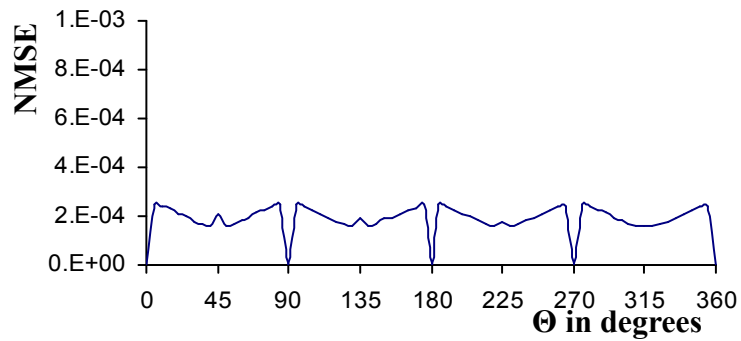
2. نلاحظ من المخططات التكرارية (11) و(12) للصورة المعالجة (لدى استخدام التحويل الأمامي والعكسي) أنها متشابهة تماماً للمخططات التكرارية للصورة الأصلية ومتطابقة معها .



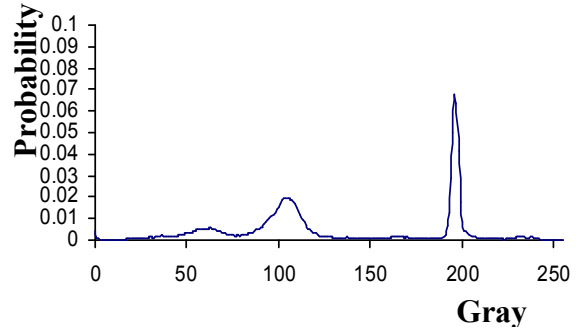
والخطأ الناتج من عملية التدوير Θ شكل-8: العلاقة بين زاوية التدوير لصورة البيت باستخدام الإستكمال الثنائي لأقرب جوار. NMSE.



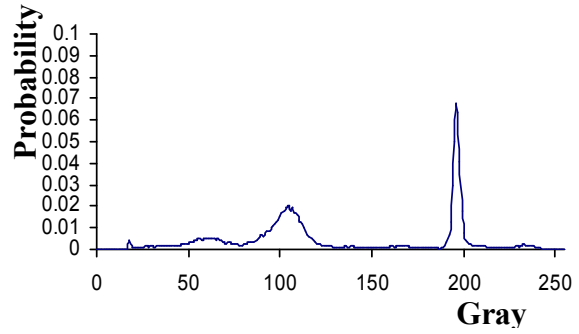
والخطأ الناتج من عملية التدوير Θ شكل-9: العلاقة بين زاوية التدوير لصورة البيت باستخدام الإستكمال الثنائي الخطي. NMSE.



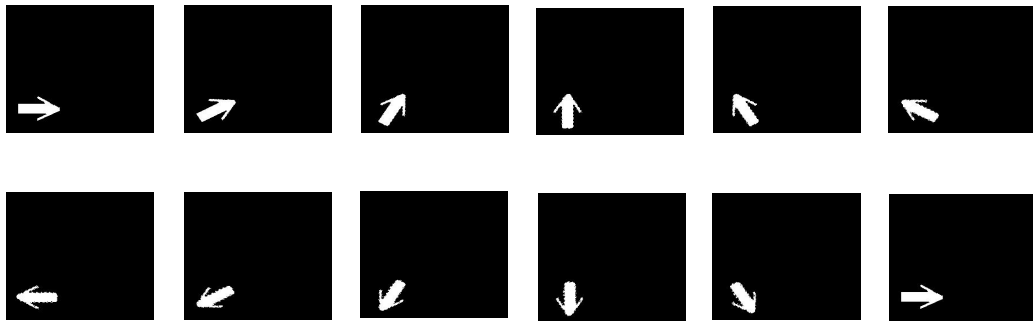
والخطأ الناتج من عملية التدوير Θ العلاقة بين زاوية التدوير-10: شكل لصورة البيت باستخدام الإستكمال الثنائي التكميبي. NMSE.



شكل-11: المخطط التكراري لمستويات الشدة الرمادية لصورة البيت بعد تدوير الصورة بزاوية $\theta = 30^\circ$ ثم إرجاعها إلى موقعها الأصلي باستخدام الإستكمال الثنائي التكعيبي.



شكل-12: المخطط التكراري لمستويات الشدة الرمادية لصورة البيت بعد تدوير الصورة بزاوية $\theta = 45^\circ$ ثم إرجاعها إلى موقعها الأصلي باستخدام الإستكمال الثنائي التكعيبي.



الشكل-13: عملية تدوير الجسم حول مركزه وبزاوية (30°) باتجاه معاكس لعقرب الساعة في كل مرحلة.

• نتائج العملية الهندسية عند تطبيقها على الجسم

فيما يأتي يمكن توضيح أهم النتائج التي تم الحصول عليها من تطبيق عملية التدوير الهندسية على الجسم الموجود داخل الصورة بشكل منفصل كما يأتي:
يمكن تدوير الجسم حول أي نقطة داخل الصورة وبأية زاوية كما في الشكل (13) الذي نلاحظ فيه عملية تدوير الجسم حول مركزه باتجاه معاكس لعقرب الساعة وبزاوية 30° لكل مرحلة.

في هذا البحث تم إجراء عملية التدوير على الصورة وكذلك تم توليد الحركة للجسم عن طريقة تلك العملية ويمكن استنتاج ما يأتي:

1. عند إجراء عملية التدوير الهندسية الأساسية بالاستناد إلى قيم NMSE أظهر الإستكمال الثنائي التكميبي نتائج أفضل من الإستكمال الثنائي لأقرب جوار، والإستكمال الثنائي الخطي بسبب ابتعاد الكثير من النقاط المستكملة عن المواقع الصحيحة .
2. على الرغم من أن الإستكمال الثنائي التكميبي هو أفضل من الإستكمال الثنائي لأقرب جوار، والإستكمال الثنائي الخطي إلا أنه يتطلب وقت تنفيذ أطول بالمقارنة مع تلك الطريقة بسبب زيادة خطوات تنفيذه .
3. عند ملاحظة المخططات التكرارية للصورة المعالجة باستخدام عملية التدوير نلاحظ أنها تتطابق بشكل كبير جداً مع المخططات التكرارية للصورة الأصلية مما يدل على نجاح طريقة الإستكمال بالمحافظة على خواص تلك الصور .

المصادر

1. Z. M. Yuosif, "Information Hiding in BMP Image Files" M.Sc. thesis, physics Dept. ,The collage of science , Mustansiriyah University, (2001).
2. H. H. Abbas, "Color Image Processing" M.Sc. thesis, physics Dept. ,The collage of engineering Baghdad, University, (2000).
3. J. H. Pickering, "Intelligent Camera Planning for Computer Graphics" ,Ph.D. thesis ,University of York, UK., Department of Computer Science, September (2002).
4. S. M. Laverty Jr., "Experimental Hydrodynamics of Spherical Projectiles Impacting On a Free Surface Using High Speed Imaging Techniques", M.Sc. thesis, Department of Ocean Engineering . Massachusetts Institute of Technology August (2004).
5. K. A. N. Al-Gubory "Algorithm of Image Operating That Using in Still Image", Ph.D Thesis Physics Dept., College of Science, Al-Mustansiriyah Univ., (2006).
6. V. Gergely, "Camera Matching In Computer Graphics", M.Sc. thesis, Dept. of Control Engineering and Information

- Technology Budapest University of Technology and Economics,(2003).
7. H. Gonse “Computer Graphic Though Key Mathematical”, Springer , jan.(2001).
 8. David Fleet and Aaron Hertzmann ,“ Computer Graphics Lecture Notes”, Computer Science Department University of Toronto Version: May ,(2005).
 9. M. O. Ward,“ Computer Graphics: from Pixels to Scenes”, Computer Science Department Worcester Polytechnic Institute, (2004).
 10. M. K. Agoston, “Computer Graphic and Geometric Molding” ,Springer December (1999).