كليّات فلسطين التقنيّة

# الوسائط المتعددة

مُدرّس المساق: أ.انس ابو حسان

## المقدمة

يشتمل هذا الكتاب على مجموعة موضوعات حديثة في التطبيقات التكنولوجية. يمكّن هذا الكتاب القارئ من الاطلاع على المفاهيم النظرية للوسائط المتعددة المختلفة من صوتيات ومرئيات وأفلام ورسوم متحركة، بغرض استخدامها في التطبيقات الحاسوبية المختلفة. كما يتعرّف القارئ من خلال الكتاب على مجموعة من البرمجيات واسعة الانتشار التي تساعد في ترسيخ المفاهيم وإتقان المهارات العملية الأساسية.

يجد الباحث والدارس معاً صعوبة في تفسير مصطلح الوسائط المتعددة. فهذا الكتاب ليس بحثاً تفصيلياً في الطرق الرياضية التي تستخدم لمعالجة وتخزين الوسائط المتعددة. كما أنه ليس كتاباً تطبيقياً لكيفية استخدام بعض البرمجيات التي تعرض وتعالج الوسائط المتعددة. إنما هو مقدمة للدارس إلى الحقول العامة للوسائط المتعددة من صور وصوتيات ورسوم متحركة وغيرها.

يحاول هذا الكتاب أن يتطرق لما يستلزم الدارس المبتدئ في هذا المجال مع لمسات سريعة في موضوعات متقدمة، تساعد الدارس على إلقاء نظرة شمولية على هذا الحقل المتجدد والدائم التغير. فإذا كنت دارساً مبتدئاً، توقع أن تلم بالأساسيات لدى انتهائك من قراءة هذا الكتاب. كما يستطيع الدارس المتوسط الاطلاع على موضوعات خاصة والإفادة من الشرح الوافي لها في هذا الكتاب. إلا أننا نعتقد أن الكتاب لا يخص الدارس المتقدم في هذا المجال. وبتبسيط أكثر، يتوقع من القارئ لهذا الكتاب أن يكون ملماً بأساسيات الحاسوب النظرية والأساسيات الرياضية المرتبطة بعلم الحاسوب وهو ما يحصل عليه الدارس لحقل علم الحاسوب (أو ما يرتبط به) خلال السنة الأولى من الدراسة الجامعية. لقد أعد هذا الكتاب ليكون مقرراً للطلبة خلال السنتين الثانية والثالثة للدراسة الجامعية. إلا أنه يصلح أيضاً للدراسة الذاتية لمن يود.

يتناول الكتاب الموضوعات الرئيسة التالية: استخدامات الوسائط المتعددة وتصنيفاتها، الصوتيات واستخداماتها، والصور ومعالجتها، والبيئة اللازمة لتطبيقات الوسائط المتعددة، والرسوم المتحركة ثنائية وثلاثية الأبعاد،ووسائل ضغط البيانات العامة والخاصة،وعرض الوسائط المتعددة ودمجها، وأخيراً عرض مجموعة من التطبيقات الحديثة للوسائط المتعددة.

يقسم هذا الكتاب إلى سبع وحدات. تبدأ الوحدة الأولى بتعريف الوسائط المتعددة وتاريخها ومجالاتها. كذلك تعطي الوحدة القارئ لمحة عن النصوص والوسائط المتشعبة وعلاقتها بنظم الوسائط المتعددة. ومن ثم تدخل الوحدة لتستعرض المجالات المختلفة لاستخدام نظم الوسائط المتعددة في المدارس وأماكن العمل والمنازل.

وفي الوحدة الثانية يتعرف القارئ على ماهية الموجات الصوتية وخصائصها الرئيسية، وكيف ينتقل الصوت من مكان إلى آخر. كما يتعرف القارئ على تركيبة الأجهزة اللاقطة للموجات الصوتية والمصدّرة لها. وبعدها ينتقل القارئ إلى التعرف على أنواع التمثيل للموجات الصوتية والاستفادة التي يجنيها من كل نوع تمثيلي. كما تشرح الوحدة عملية تحويل الموجات الصوتية من النظام الخطي إلى النظام الرقمي ذاكراً الأخطاء التي قد تتسبب في تدني جودة الصوت عند المرور بمراحل الترقيم، وكيفية تجنبها. ويتعرف القارئ على الملفات الصوتية وعلى الأنواع المشهورة منها، مثل ملف الصوت WAV.

ينتقل بعدها القارئ في الكتاب إلى الوحدة التالية والتي تتحدث عن الصورة الرقمية. تهدف هذه الوحدة إلى تعريف القارئ بأساسيات الصورة وعناصرها وكيفية تخزينها. ولدراسة التمثيل الرقمي للألوان باستخدام معايير وفضاءات لونية مختلفة نصيب من هذه الوحدة، بالإضافة إلى التحويل من فضاء لوني لآخر. ومن ثم ينتقل القارئ في هذه الوحدة إلى التعرف على المسح الضوئي للصور لمعرفة كيفية استخدام أجهزة الإدخال



والإخراج للماسحات الضوئية والكاميرات الرقمية في الحصول على الصور من البيئة المحيطة واستخدامها في عالم الحاسوب. أما الجزء الأخير من هذه الوحدة فإنه يعرض بعض الطرق الرياضية لمعالجة الصور وإحداث تغييرات في محتوى الصورة وتركيبها .

أما عن الوحدة الرابعة فإنها تبدأ بشرح أهمية طرق ضغط البيانات وأصنافه المختلفة. وتقسم هذه الوحدة إلى أقسام أربع. ففي أولّهما يعرض القسم طريقة RLE و Haffman واللتان لا تعتمدان على نوع مصدر البيانات المراد ضغطها. أما القسم الذي يليه فيتحدث عن MP3 و RA وهما طريقتان لضغط الصوت. ومن ثم تنتقل بعدها إلى الصورة فتعرض JPEG و GIF وهما طريقتان لضغط الصور. وأخيراً تعرض الوحدة في قسمها الأخير طريقة ضغط MPEG والتي نتحدث فيها عن شبيهتها H.261 واللتان تستخدمان لضغط الفيديو.

تتضمن الوحدة التالية (الخامسة) ثلاثة مواضيع ضمن بيئة الوسائط المتعددة. سيكون موضوع كرت الصوت الموضوع الأول لنتحدث فيه عن أنواعه وكذلك تطوره ومخارجه. وسيتعرف القارئ سريعاً على المكونات الأساسية لكرت الصوت، والتقنيات المختلفة للاتصال ما بين الكرت والحاسوب. وسيتميز هذا الموضوع بالتعرف على الصوت ثلاثي الأبعاد وعلى المقاييس المختلفة التي يتميز بها كرت صوت. كرت الشاشة سيكون الموضوع الثاني لهذه الوحدة لنتعرف بدوره على المكونات الأساسية والقدرات المختلفة لأنواع كروت الشاشة المختلفة. وكذلك على التقنيات المختلفة لوصل الكرت بالحاسوب. أما الموضوع الأخير فهو عن وسائط التخزين والأنواع أو التصنيفات المختلفة لها: من وسائط مغناطيسية إلى ضوئية إلى إلكترونية. فيتعرف القارئ فيها على عدة أنواع من الوسائط التخزينية وكيفية عملها وتركيبها والمزايا التي تميز كل منها عن غيره وسعاتها المختلفة.

الوحدة السادسة ستخصص لدراسة الرسوم المتحركة ليتعرف القارئ فيها على التطور التاريخي للرسوم المتحركة قبل وبعد الحوسبة. وسيدرس فيها عن كيفية

استخدام اللوح التصميمي في وضع أفكار الرسوم المتحركة بكفاءة. ومن ثم التعرف على استخدام الخط الزمني في تمثيل الرسوم المتحركة، وتطبيق رسومات اللوح التصميمي عليه. كما وسيتعرف القارئ لهذه الوحدة على الرسومات الثنائية الأبعاد ومن ثم على الأشكال ثلاثية الأبعاد وكيفية استخدام الإضاءة والنسيج لجعل الشكل ثلاثي الأبعاد أكثر واقعية . كما سيتطرق إلى تطبيق مفهوم الانتقال والدوران في هذه الأشكال .

وأخيرا وليس آخرا فإن الوحدة السابعة والتي تتحدث عن التطبيقات المستقبلية للوسائط المتعددة يشرح فيها الكتاب الوضع الحالي لتطبيقات الوسائط المتعددة كمدخل لعرض الحاجة للتطبيقات المستقبلية مثل التلفاز التفاعلي والواقع الوهمي. يتعرف فيها القارئ على المتطلبات الأساسية للوصول إلى مثل هذه التطبيقات المستقبلية، ومن ثم يأخذ القارئ ليتصور تطبيقات مستقبلية أخرى يمكن أن تساهم في تطوير الحياة اليومية للأفراد على الصعيدين العملي والترفيهي.

# الوحدة الأولى

# ما هي الوسائط المتعددة

# What is Multimedia?

لا بد لنا في بداية هذه الكتاب أن نفسر مصطلح "الوسائط المتعددة"، ولا يقصد بالتفسير إعطاء تعريف نظري، وإنما تفسير استخدامات الوسائط المتعددة وأهميتها في وقتنا الحاضر. تتكلم عن تاريخ الوسائط المتعددة، فتستعرض بعض ما ذكر في الأبحاث والكتب الأخرى، مقابل ما نعتقده من انطلاقة وتاريخ هذا العلم. وتليها ذكر الوحدة لأنواع البرمجيات التابعة لهذا المجال، وأمثله على كل نوع. يلي ذلك القسم بعض التفصيل على استخدام نظم الوسائط المتعددة في ثلاثة قطاعات مختلفة: وهي المنزل،العمل، المدرسة.

## 1 الوسائط المتعددة Multimedia

كلمة الوسائط Media هي جمع لكلمة وسيط Medium. والوسيط له معان كثيرة نستخاص منها ما يهمنا في هذا الكتاب، وهو كل شيء يستطيع إيصال المعلومة. فإذا أردت أن تنقل معلومة إلى شخص آخر، فقد تستخدم النص المكتوب Text كالرسائل المكتوبة أو الإلكترونية، فالنص عبارة عن أحرف وكلمات تتجمع لتحمل معلومة معينة يفهمها من يقرؤها إذا ما كان يعرف اللغة المستخدمة في الكتابة. أو أن تبلغه شخصياً بالصوت Sound، أو برسم بياني Image وقد تفسر له المعلومة بالصوت والصورة معاً Video.

أما الوسائط المتعددة Multi-Media فإن التعدد هنا يعني استخدام أكثر من وسيط، فهي المجموعة المكونة من نوعين أو أكثر من الوسائط المستخدمة لإيصال المعلومات.

هل هذه هي الوسائط المتعددة Multimedia؟!! لا بد أنك قد توقعت أنها أكثر من ذلك بكثير... بالرغم من بساطة التعريف، إلا أن استخدام كل من هذه الوسائط بكفاءة والتعبير عنها باستخدام جهاز الحاسوب أصبح علماً له قواعد وأسس تساعده على التطور السليم والسريع.

وقد نقسم الوسائط إلى نوعين على اعتبار اعتمادها على الزمن. هذان النوعان هما المنقطع Discrete والمتصلContinuous. فالوسيط المنقطع عبارة عن سلسلة من الأجزاء لا تتغير بتغير الزمن، مثل النصوص و الصور. فإذا أخذنا صورة في زمن س فإن الصورة تبقى كما هي في زمن س+1 . وكذلك الحال في الملفات التي تتكون من نصوص. أما الوسيط المتصل، فهو عبارة عن سلسة من الأجزاء التي تعتمد على الزمن مثل الصور المتحركة والصوت. فالمعلومات المحتواة في هذا النوع من الوسائط تتغير بتغير الزمن من وجهة نظر المشاهد أو المستمع.

إن أي نظام يحتوي على نوعين أو أكثر من الوسائط نطلق عليه نظام متعدد الوسائط، ولكن النظام الذي نستطيع القول بإنه متعدد الوسائط حقاً يجب أن يحتوي على الأقل على وسيط واحد من النوع المتصل. فعلى سبيل المثال، تحتوي المجلات على صور ونصوص يطلق عليها متعدد الوسائط، ولكنها ليست من النوع المدموجة الوسائط ، لذلك عندما نسمع بأن جهاز حاسوب معين يدعم نظم الوسائط المتعددة، يتسارع إلى ذهننا بأننا نستطيع أن نشاهد أفلاماً من خلال شاشته، أو نسمع أصواتاً من خلال سماعاته، أو كليهما معاً، أي نفكر بنظم الوسائط المتعددة الحقيقية أو بنظم مدموجة الوسائط.

- سؤال هل تعتبر الموسيقى وسيطاً منقطعاً أم متصلاً؟
- الحل تعتبر الموسيقى وسيطاً متصلاً لأنها تتغير بتغير الزمن.

كما قسمنا الوسائط إلى نوعين المنقطع والمتصل، فإن أنظمة الوسائط المتعددة والتي تحتوي على وسيطين فأكثر تنقسم إلى ثلاثة أنواع اعتماداً على أنواع الوسائط المحتواة وكيفية الربط بينهم. وهذه الأنواع هي:

1- الاستقلالية في الوسائط Independence of Media: يكون فيه النظام ذو وسائط مستقلة عن بعضها البعض أو تتميز بضعف العلاقة في ما بينها وتكون من النوع المنقطع فقط. مثال على ذالك صفحات الإنترنت التي تحتوي على النص والصورة فقط.

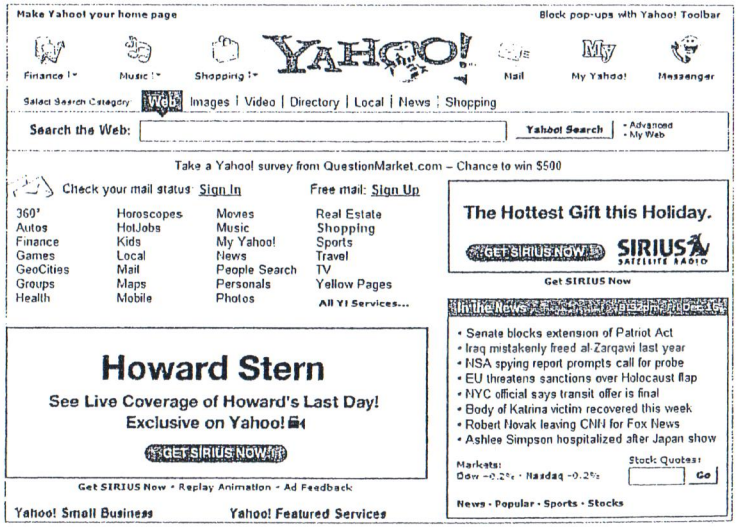


2- دمج الوسائط Combination of media: يكون النظام مدموج الوسائط إذا ما احتوى على وسائط من النوعين المنقطعة والمتصلة معاً.

3- التكامل المدعوم حاسوبياً Computer Supported Integration: وهي الأنظمة التي لا نستطيع أن نقول بأنها مدموجة أو مستقلة الوسائط لأنها تارةً نجدها مكونة من وسائط منقطعة وتارةً متصلة ولكنها مرتبطه مع بعضها البعض بخاصية الربط المتشعب.

## 2 النصوص والوسائط المتشعبة Hyper-Media & Hyper-Text

يشكل النص التشعبي HyperText الأساس العملي لشبكة الإنترنت. ويقوم النص التشعبي على مبدأ الضغط على النص للانتقال إلى تفاصيل أكثر حول الموضوع أو إلى صفحات ومواقع أخرى. وقد ساد استخدام مصطلح وصلة link بدلاً من مصطلح النص التشعبي.




شكل 1.1

بحيث يقوم المستخدم بالضغط على الكلمات في الشكل 1.1 للانتقال إلى موضوعات أكثر تفصيلاً. وقد أصبح مصطلح النص التشعبي هاماً جداً في عالم الوسائط المتعددة حيث أصبح أساساً لمصطلح HyperMedia.

ذلك أن برمجيات الوسائط المتعددة Multimedia تتحول إلى برمجيات تفاعلية Interactive Multimedia عندما يصبح بإمكان المستخدم التحكم بسير البرمجية بإيقافها مثلاً أو الانتقال إلى القسم الذي يشاء منها وقتما يشاء. وكلما زادت إمكانيات التحكم بسير البرمجية، أصبحت البرمجية أكثر تفاعلية. كما تتحول برمجيات الوسائط التفاعلية Interactive Multimedia إلى برمجيات تشعبية Hypermedia عندما يوفر المصمم إمكانية استخدام مختلف مكونات الوسائط المتعددة كالصور أو النصوص مثلاً للانتقال من قسم داخل البرمجية إلى قسم آخر.

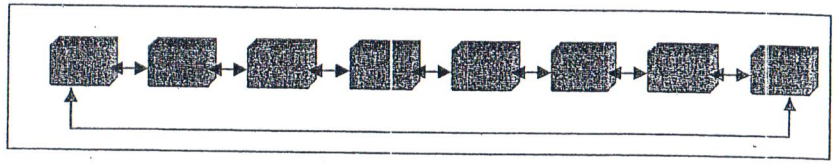
وبذلك لم تعد الشبكة العنكبوتية تقتصر على الضغط على النصوص للانتقال إلى موقع آخر على الشبكة وإنما أصبحت بقية مكونات الوسائط المتعددة تقوم بالغرض نفسه، حيث يمكن للمستخدم الضغط على صورة للانتقال إلى موقع جديد، كما في الصور في أعلى الشكل 1.1، حيث يكتفي المستخدم بالضغط على الصورة للانتقال إلى تفاصيل أكثر حول ذلك الإعلان.

وتسمح الشبكة العنكبوتية للمستخدم بالانتقال من جزء لآخر كما يشاء والرجوع كذلك إلى الصفحات السابقة باستخدام خيار Back. أما في برمجيات الوسائط المتعددة، فيترك الخيار للمصمم لتحديد طريقة الانتقال من قسم لآخر في البرمجية، حيث يقوم المصمم باختيار ما يسمح للمستخدم بالانتقال إليه، وما يمنعه عنه، حسب طبيعة البرمجية واستخدامها.



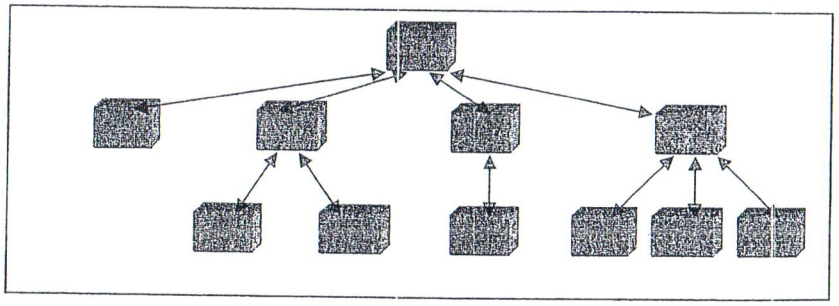
هناك عدة طرق للانتقال داخل البرمجية، فيما يلي أكثر هذه الطرق شيوعاً:

1) الانتقال الخطي Linear Navigation: بحيث ينتقل المستخدم من شاشة إلى أخرى بالانتقال إلى الشاشة التالية أو العودة إلى الشاشة السابقة فقط. كما في الشكل 2.1.



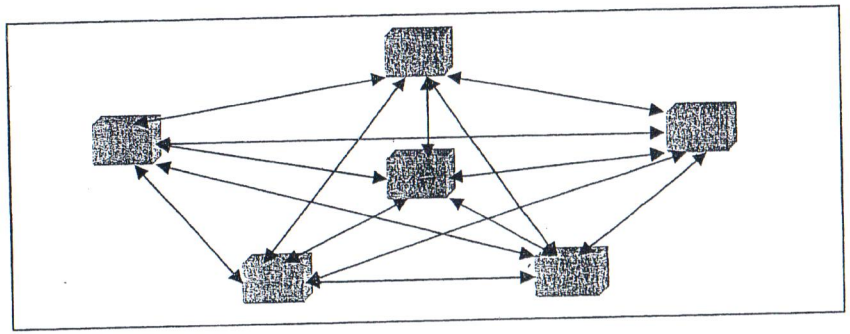
شكل 2.1 الانتقال الخطي

2) الانتقال الهرمي Hierarchical Navigation: وهو الانتقال داخل كل قسم من أقسام البرمجية على شكل شجرة متفرعة سواء باتجاه الفروع أو عوداً إلى الأصل، كما في الشكل 3.1. حيث توضح الخطوط إمكانية الانتقال، بحيث يسمح عبر هذه الطريقة بالانتقال داخل كل قسم إلى أجزائه أو العودة إلى القسم الأصل ليتمكن المستخدم بعد ذلك من الانتقال إلى قسم آخر.



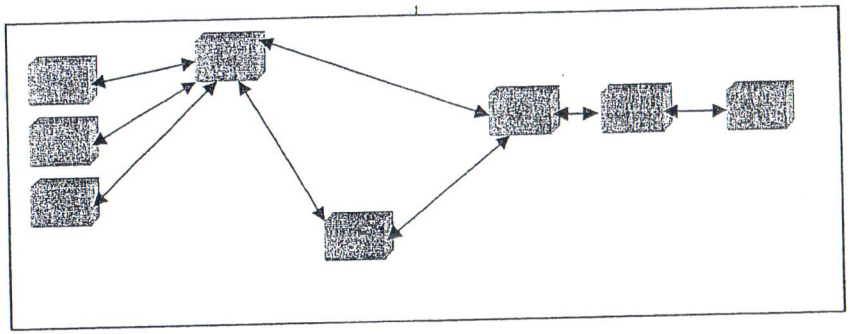
شكل 3.1 الانتقال الهرمي

3) الانتقال الحر Nonlinear Navigation: حيث يسمح بالانتقال بشكل حر من أي شاشة إلى أي شاشة أخرى، كما في الشكل 4.1.



شكل 4.1 الانتقال الحر

4) الانتقال المركب Composite Navigation: ويعتمد أساساً على الانتقال الحر في معظم الأقسام، إلا أنه يمكن أن يتغير إلى الانتقال الخطي أو الهرمي إذا استلزم الأمر مثل حالات الرسوم المتحركة مثلاً أو المعلومات المرتبطة ببعضها. ومن الأمثلة على ذلك الانتقال في الشكل 5.1.

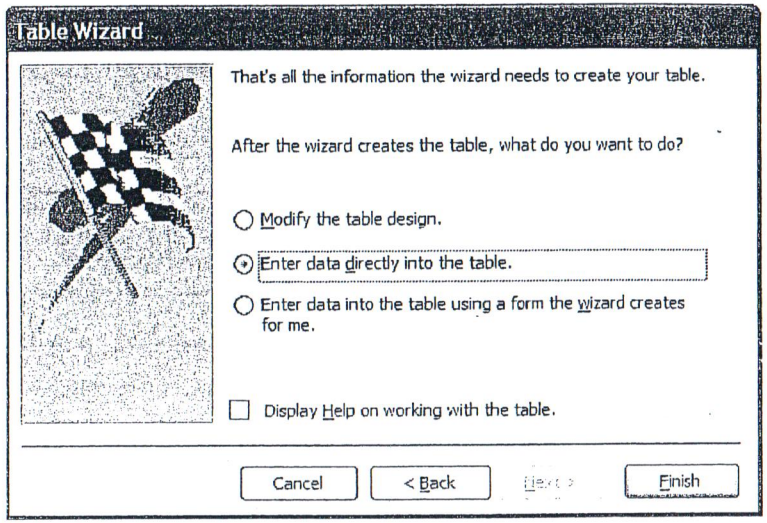


شكل 5.1 الانتقال المركب



ويعتبر اختيار طريقة الانتقال Navigation للبرمجية أحد القرارات الأولية التي يجب على المصمم اتخاذها أثناء مرحلة التصميم، أي قبل البدء بتنفيذ البرمجية. ذلك أن الطرق المختلفة تستلزم أسساً تصميمية متغايرة.

مثال: ما هو نوع الانتقال في الشاشة التالية؟




الحل: هناك انتقال خطي بين Next وBack.

## 3 تدفق البيانات Data streaming

يعتمد تدفق بيانات الأنظمة ذات الوسائط المتعددة والتي لها صفات مختلفة على محتوى النظام والوسائط المستخدمة. وإن الأنظمة التي تحتوي على صور وأصوات لها صفات وشروط لتدفق بياناتها تختلف عن تلك التي تحتوي على نصوص وصور. ولنستعرض في هذا القسم أنواع الإرسالات المختلفة، لتفي كل منها بصفات معينة لتدفق البيانات فتحافظ عليها وتعرض بصورتها الأصلية. وهذه الأنواع الثلاثة هي:

**أولا: الإرسال الغير متزامن Asynchronous**

يحتاج تدفق البيانات في الإرسال الغير متزامن أن تصل البيانات إلى مستقبلها بأسرع وقت ممكن وبدون أي شروط أخرى. لذلك فإنه من الممكن أن تصل البيانات غير مرتبة، أو قد تتأخر مقدمة البيانات عن مؤخرتها إذا ما اتخذت طرقا مختلفة ما بين المرسل والمستقبل.

**ثانيا: الإرسال المتزامن Synchronous.**

يشترط في هذا الإرسال أن لا يتجاوز الزمن المستغرق للوصول إلى المستقبل فترة زمنية معينة. فلنأخذ على سبيل المثال إرسال سلسلة من الصور المتحركة ونقول بأن بيانات الصورة الواحدة يجب أن لا يتجاوز زمن وصولها عن 0.1 من الثانية منذ صدورها، فإن تجاوز ذلك فإن المعلومة تصبح ملغاة. علمنا أن معدل إرسال الصور من الفلم المتحرك هو 25 صورة في الثانية، فحتى لا يبدأ المشاهد بتحسس الوضع المتقطع، يتطلب إرسال بيانات الصور بطريقة التزامن وبواقع تأخير أقصى يساوي 0.1 ثانية. فإذا وصلت الصورة الخامسة مثلاً ومن ثم السابعة والثامنة، فإن النظام يعرض الخامسة وينتظر السابعة والثامنة وما يليها حتى وصول الصورة السادسة. فإن قارب زمن أو عمر الصورة السابعة منذ صدورها أي 0.1 ثانية، فإن على النظام أن يقطع السلسلة ويبدأ بسلسلة صور جديدة، فيبدأ بعرض الصورة السابعة وما يليها. فإن وصلت الصورة السادسة بعد ذلك فإنها تعد منتهية ويستغني عنها. والجدير بالذكر إن هذا النوع من الإرسال يحتاج إلى ذاكره ليحتفظ بالبيانات حتى يتسنى للنظام ترتيبها كترتيب المصدر وخصوصاً إذا ما وصلت بعض البيانات أسرع من سابقتها.

**مثال**

نحتاج إلى عرض فيديو ذو معدل إرسال يساوي 140 ميغا بايت لكل ثانية وأن البيانات ملتزمة بعمر أقصى يساوي 1 ثانية فكم في الذاكرة تحتاج للنظام؟



**الحل:**

بما أن أقصى انتظار للبيانات قد تتعرض له عند المستقبل هو 1 ثانية فإننا نحتاج إلى ذاكرة لتحتفظ بمقدار 1 ثانية من البيانات، وبما أن معدل إنتاج البيانات هو 140 ميغا بايت للثانية. فينتج عندنا

1×140 ميغا/ثانية = 140 ميغا بايت هو حجم الذاكرة

**ثالثا: الإرسال المتزامن المحدد Isynchronous**

يشبه هذا الصنف بالإرسال المتزامن ولكن يضاف عليه زمن أدنى تأخير. ونعني بأدنى تأخير أدنى عمر تكون فيه البيانات عند وصولها إلى المستقبل. ويساعد هذا على اختصار حجم الذاكرة التي يحتاجها النظام لإعادة ترتيب البيانات قبل عرضها.

**مثال:**

في المثال السابق لإرسال الفيديو، إذا علمنا أيضاً أن أدنى زمن تحتاجها البيانات للوصول إلى المستقبل هو 0,25 ثانية فكم من الذاكرة نحتاج؟

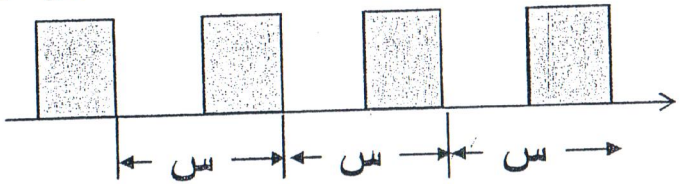
**الحل:**

بما أن أقصى زمن تحتاجه البيانات إلى الانتظار منذ ترك المصدر هو 1 ثانية وأن أدنى زمن يمر على البيانات عند وصولها الهدف هو 0,25 ثانية، فإن أقصى انتظار عند المستقبل يكون الفرق. وهذا يعني أننا بحاجة إلى ذاكرة تكفي لتحتفظ بالبيانات التي ستصل أثناء تلك الفترة في أسوأ الأحوال. $140 \times (1 - 0{,}25)$

## 1.6 التدفق مع الزمن

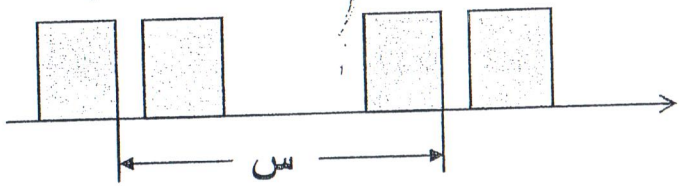
يختلف معدل إنتاج البيانات الزمني عند المصدر باختلاف ما تمثل البيانات من الوسائط. فمن البيانات ما تمثل النصوص ومنها ما تمثل الصوت ومنها ما تمثل خليطا من وسائط متعددة. لذلك نستطيع سرد ثلاثة أنواع من أشكال تدفق البيانات مع الزمن.

1- الدوري Periodic: يتميز هذا الشكل بفترات زمنية متساوية ما بين حزم البيانات. فمثلاً بيانات الصور المتحركة الغير مضغوطة يكون توزيع بياناتها على الشكل الدوري. فالفترة ما بين الصورتين تساوي 25/1 ثانية إذا كان معدل الإصدار 25 صورة بالثانية. يمثل الشكل 6.1 هذا التوزيع الدوري.




الشكل **6.1**. التدفق الدوري

2- شبه الدوري Weakly Periodic يتمثل هذا الشكل بحزم من البيانات نستطيع أن نستنتج منها أكثر من فترة زمنية ثابتة. أو بمعنى آخر تقسم البيانات إلى مجموعات تكون الفترة الزمنية بين المجموعات ثابتة ودورية والفترات داخل المجموعة ثابتة من مجموعة إلى أخرى كما في الشكل 7.1.




الشكل **7.1**. التدفق شبه الدوري

3- غير دوري Aperiodic: وفي هذا التوزيع لا نستطيع أن نستنتج أية مجموعات أو فترات دورية. فمثلاً تدفق الحروف عند الطباعة تكون بشكل غير دوري، فتارةً تكون الطباعة سريعة وتارةً تكون بطيئة ولا نستطيع تثبيت الفترات الزمنية بين الحرف والآخر، كما في الشكل 8.1.

الشكل **8.1** التدفق غير الدوري

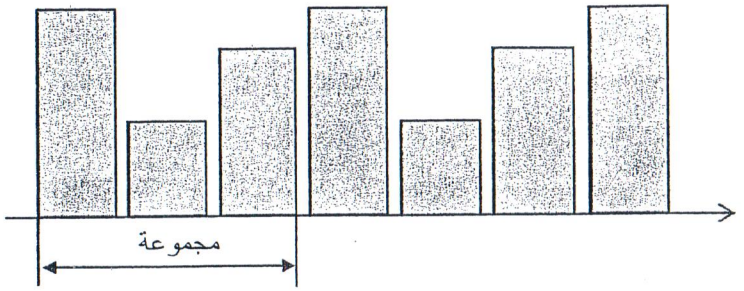
## 2.6 توزيع الأحجام

الأشكال الثلاثة التي ذكرناها تمثل تدفق البيانات مع الزمن. أما عن حجم البيانات فالحال متشابه. فحجم البيانات يختلف من وسيط إلى آخر، فمنها ما تكون أحجام الحزم متساوية فيه ومنها ما هي مختلفة. ومنها شبه متساوية. أي بمعنى آخر تنقسم توزيع أحجام الحزم البيانية إلى ثلاثة أقسام:

1. متساوي: وتطلق على البيانات التي تكون فيها جميع الحزم متساوية، كما هو الحال في بيانات الصور المتحركة الغير مضغوطة، الشكل 9.1 يمثل حزم بيانية متساوية.

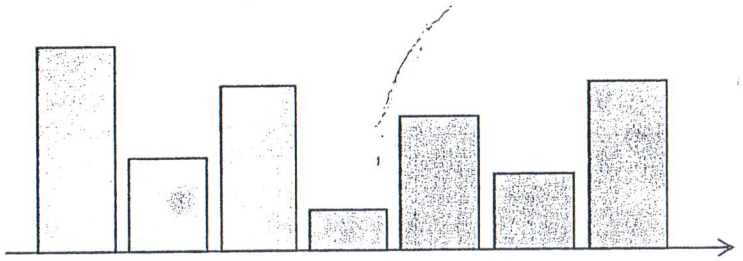
الشكل **9.1**. التوزيع متساوي الأحجام

2. شبه متساوية: ويطلق على الحال عندما نستطيع تقسيم الحزم إلى مجموعات متطابقة في الحجم للحزم المكونة للمجموعات. ومثالا على ذلك، سلسلة من الصور المتحركة المضغوطة بطريقة معينة، كما سيأتي معنا في الوحدة الخامسة. في الشكل 10.1 نستطيع استنتاج مجموعة تكرر من ناحية الحجم.




الشكل 10.1 التوزيع شبه متساوي الأحجام

3. مختلفة: وفي هذه الحالة لا نستطيع استنتاج أية مجموعات أو أحجام متساوية ومنتظمة. مثال على هذا التوزيع، سلسة من الصور المتحركة المضغوطة باستخدام الفرو قات ما بين الصورة والتي تليها، فتكون الفروقات تارة كبيرة الحجم وتارة صغيرة، وأحياناً لا توجد فروقات بين الصورة والتي تليها، كما في الشكل 11.1

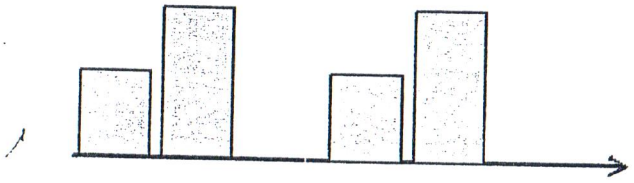


الشكل 11.1 التوزيع مختلف الأحجام

## سؤال

ما هو تدفق البيانات لنظام متعدد الوسائط في الشكل التالي من ناحية التوزيع مع الزمن والتوزيع للأحجام؟





## الحل

يعد شبه متساوية غير دوري.

## 4 الوسائط المتعددة التفاعلية Interactive Multimedia

إن نظم الوسائط المتعددة يمكنها أن تطلق على أية دمج ما بين اثنين أو أكثر من الوسائط التمثيلية للمعلومات، مثل النصوص والصوت والصور والصور المتحركة والأفلام بمساعدة الحاسوب أو أي وسيلة أخرى.

وعندما يكون للمستخدم أو للمشاهد لنظام وسائط متعددة الدور في التحكم بمحتوى أو سيناريو العرض، فإن النظام يصبح نظام وسائط متعددة مقاد Interactive. فعلى سبيل المثال، لنفترض أننا بصدد مشاهدة عرض دعائي يحتوي على صور متحركة وموسيقى ونصوص على بضاعة معينة. أثناء العرض يدخل المشاهد بعض المعلومات عن نفسه كالعمر والجنس وطبيعة العمل. وبعد إدخال أي معلومة يتجه سيناريو العرض ليتناسب مع تفكير وطبيعة المشاهد. فإن كان المشاهد طفلا، مثلا، ستستبدل الصور المتحركة لتصبح رسومات متحركة بدلا من صور مسوقين أو ممثلين أو ما شابه. وغالباً ما يحتاج وضع نظام أو مشروع متعدد الوسائط إلى أكثر من قدرات ابتكاريه أو تكنولوجيا عالية، بل يحتاج إلى فنون إدارية وتنظيمية أيضاً وخصوصاً في النظام المقاد.

وسوف نأتي إلى أمثلة أخرى على الوسائط المتعددة التفاعلية في الوحدة السابعة من المقرر حول واقع الوسائط المتعددة ومستقبلها.

## 5 البرمجيات في معالجة الوسائط المتعددة

لسنا في هذا القسم بصدد الدعاية لبعض البرمجيات ولكننا بحاجة للتعرف على المجالات التي نستطيع تصنيف البرمجيات التي تتعامل وتعالج وسيطًا أو أكثر من خلالها، ذاكرين مثالاً أو مثالين لكل صنف منهم. نستطيع تصنيف هذه المجالات إلى ستة مجالات وهي:

1- الأصوات الرقمية: تحت هذا الصنف يندرج الكثير من البرمجيات التي تعالج الصوت رقمياً مثل Adobe Audition والذي سنستخدمه لمساعدتنا في فهم الأصوات في الوحدة الثانية.

2- الصور: من الأمثلة على البرمجيات التي تتعامل وتعالج الصور هي Adobe photoshop والذي أيضاً سنستخدمه في الوحدة الثالثة لمساعدتنا في فهم الصور رقمياً. فتعمل هذه البرمجيات على تحسين الصور وتعديلها حسب الحاجة.

3- معالجة الفيديو: هناك الكثير من البرمجيات التي تساعد على التعامل مع الفيديو كمركب للصور والصوت معاً. مثال على تلك البرمجيات Adobe premier.

4- الصور المتحركة: تعمل البرمجيات للصور المتحركة على إعطاء حيوية للصور من خلال جمع عدد من الصور مع بعضها البعض، تظهر كل منها لفترة معينة وتنتقل إلى الأخرى بطريقة معينة تلفت الانتباه أو تنقل فكرة معينة. مثال على هذه البرمجيات Gif Animator وفلاش Flash

5- الموسيقى: تختص هذه البرمجيات بوسائل التلحين الموسيقي والتأليف. وعادة ما تتعامل مع الآلات الموسيقية من خلال ربطها مع الحاسوب. ومن هذه البرمجيات Sound Edit وCake Walk.



6- تأليف نظم وسائط متعدد: يندرج تحت هذا الصنف البرمجيات التي تتكون من أقسام متعددة يندرج كل قسم منها تحت أحد الأصناف الأخرى، ولكن بدون تعمق كبير كالبرمجيات المتخصصة. من هذه البرمجيات Authorware. والتي تستطيع أن تعالج بعض الشيء الصوت والصورة ومن ثم دمجهم مع بعضهم البعض ومع وسائط أخرى مثل النصوص لتكوين مشروع كامل بوسائط متعددة.

## 6 استخدامات الوسائط المتعددة.

كما ذكرنا سابقاً، تجد الوسائط المتعددة القبول والرغبة في كثير من المجالات. في هذا القسم سوف ننظر إلى استخدام الوسائط المتعددة من زاوية الأماكن بدلاً من زاوية المجالات، ونفصل بعض الشئ في استخداماتها في أماكن ثلاثة. هذه الأماكن الثلاثة هي المدرسة والعمل و المنزل.

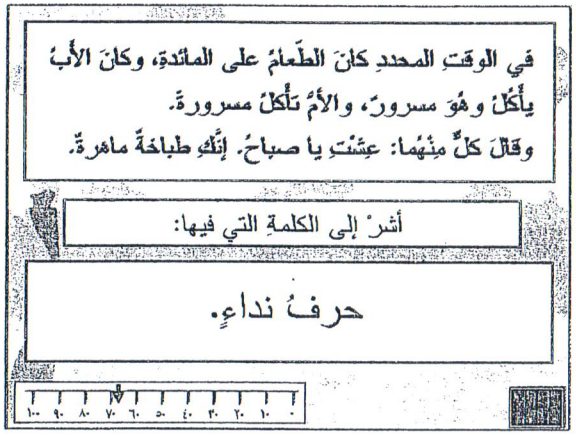
### 1.6 استخدام الوسائط المتعددة في المدرسة

تعتبر المدارس من أهم المؤسسات التي تحتاج إلى استخدام الوسائط المتعددة وذلك للمساعدة في توصيل المعلومات بدقة وبعمق أكبر، وبالتالي تؤدي الى رفع الكفاءة ومستوى الأداء. وبالمقابل فإن الوسائط المتعددة لا تجد حدوداً في مجالات التطبيق في المدرسة والأمر مفتوح على مصراعيه للإبداع والابتكار.

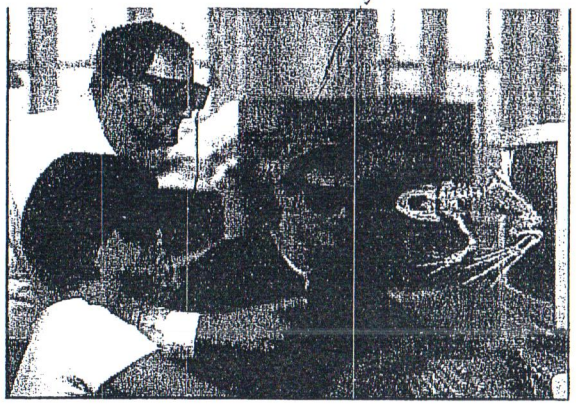
وباستخدام الوسائط المتعددة في الصف، ينتقل دور المدرس من العنصر الأساسي للتعليم إلى الإرشاد والإشراف على عملية العرض لنظم الوسائط المتعددة، بالإضافة إلى التعليق والترسيخ. ولا يفهم من هذا تهميش دور المدرس أو الاستغناء عنه، بل المدرس والتكنولوجيا مكملان لبعضهما في عملية التعليم.

ومن الأمثلة على استخدام الوسائط المتعددة في الصف، البرامج التي تعلم القراءة للصفوف الأساسية. عندما يسرد الحاسوب قصة ما، يعرض الصور والنصوص مع

الصوت مؤشراً على الكلمة المقروءة فيسمع الطالب الصوت ويشاهد الصور والنصوص فتترسخ بهذه العملية المتكاملة في ذهنه القصة وصور النصوص مع أصواتها.




الشكل 1 برنامج متعددة الوسائط تعليمي للعربية

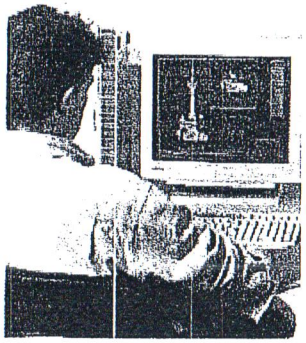


الشكل 2 http://www.vrealities.com/human.html برنامج مختبر الإنسان يشمل على الآلاف الصور للهياكل الداخلية للإنسان مثل الدموي والعظمي. ويحتوي البرنامج نظام محاضرات تساعد الطالب على الدراسة المستقلة كما يحتوي على اختبارات ومختبراً شبه حقيقي.



ومن الأمثلة أيضاً على استخدام الحاسوب ونظم الوسائط المتعددة هي دراسة الطب. ان بعض البرمجيات على الوسائط المتعددة تصور حالة مريض تظهر عليه أعراض المرض. فيقوم الدارس على تحليل ما يحتاجه من دم وغائط ودراسته للمريض من خلال الحاسوب ليصل في النهاية الى تشخيص المرض.

ومثال آخر على استخدام نظم الوسائط المتعددة في دراسة الجغرافية وتضاريس الأرض من خلال الزيارة الوهمية لأية بقعة على وجه الأرض. حيث يظهر الحاسوب تضاريس المنطقة أو حتى أبنيتها والمناطق المهمة فيها كدراسة تاريخية في سنة يختارها الدارس. كما بدأت في الآونة الأخيرة فكرة الدراسة عن بعد. وتحتاج هذه الفكرة إلى تطوير المواد التعليمية إلى أشكال جذابة وسهلة للفهم وكذلك الى الدخول في مجال الاجتماعات والمحاضرات عن بعد. فالمجالات غير محدودة في عالم المدرسة والتي تشمل أيضا تصميم الصفحات الخاصة للطلاب على الشبكة العالمية أو المجلّات أو الوظائف باستخدام برمجيات كمعالجة الصور أو الصور المتحركة وغيرها.



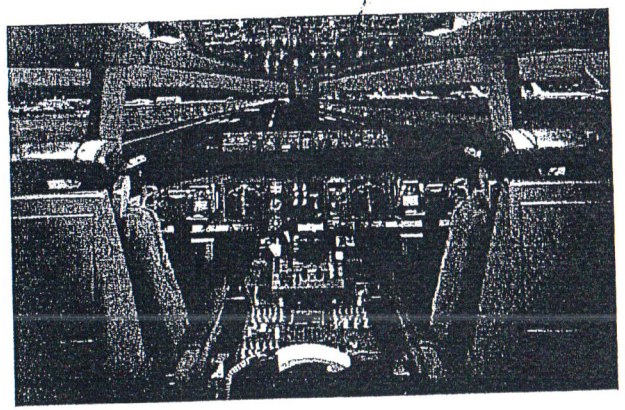
الشكل 3 استخدام الوسائط المتعددة في العمل

## 2.6 استخدام الوسائط المتعددة في العمل:

ساعدت الوسائط المتعددة الكثير من المجالات في قطاع العمل، فكانت لها حصص كبيرة في التسويق، وعرض البضائع للزبائن والمسوقين، وفي تدريب الموظفين على استخدامات الأجهزة المعقدة كالطائرات، وفي الدعاية والإعلام، وفي الاتصالات بين الموظفين، مثل البريد الإلكتروني والاجتماعات عن بعد، خصوصاً عند تواجدهم في أماكن يصعب السفر منها واليها في أزمنة مقبولة، وغيرها كثير.

فمن أنظمة الوسائط المتعددة التي تجد الحاجة اليها في قطاع العمل الأمثلة التالية:

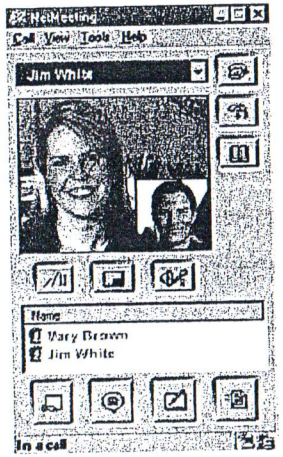
- برمجيات العرض التي تسمح لإضافة أصوات وصور وفيديو لبرمجيات العرض التقليدي.
- بريد إلكتروني وصوتي يسمح للمراسلات بإضافة وسائط متعددة للرسالة قد تشمل عرضا لبضاعة ترسل إلى زبون أو غيره.
- برامج حقيقة وهمية تساعد في تدريب الموظف مثل الطيّار من قيادة طائرة في قاعدة التدريب.



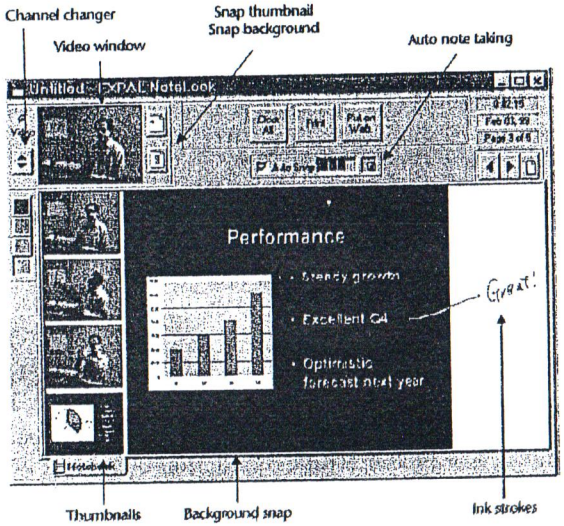
الشكل 4 طائرة بوينغ 777 صممت من خلال CATIA
باستخدام برنامجCAD



- برامج الاجتماعات عن بعد حيث يسهل على الموظفين أو المجتمعين من أعداد الاجتماعات في أي وقت ومكان دون الحاجة إلى الانشغال بأمور السفر أو المواصلات، حيث ان هذه البرامج تسمح بعرض الوثائق وغيرها بالإضافة إلى صور وأصوت المجتمعين.




الشكل 5 نيت مينغ برنامج مايكروسوفت
للاجتماعات

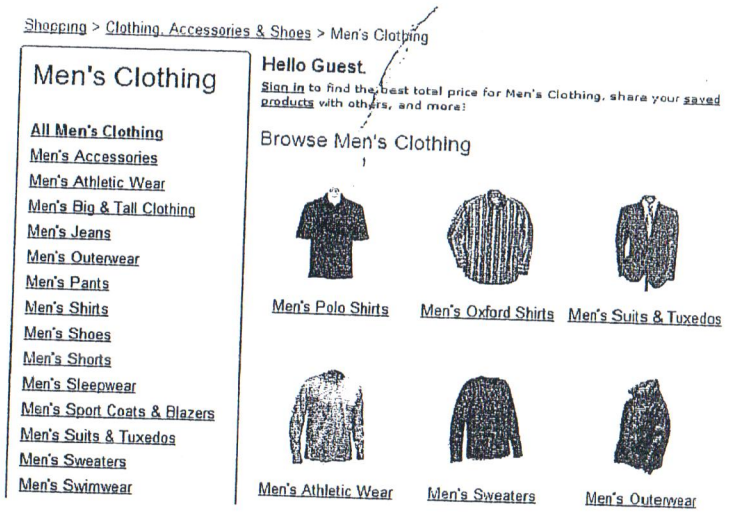



**Patrick Chiu, Ashutosh Kapuskar,**
**Sarah Reitmeier, and Lynn Wilcox**
***FX Palo Alto Laboratory***

الشكل 6 برنامج اجتماعات عن بعد يشترك فيه أكثر من محاضر أو مجتمع كما يسمح لعرض ملفات ورسومات يراها جميع المجتمعين. البرنامج إنتاج مختبر بالو التو

## 3.6 استخدام الوسائط المتعددة في البيت.

يختلف استخدام الوسائط المتعددة في البيوت باختلاف ساكنيها. فللأطفال هناك الألعاب الإلكترونية التي طالما كانت لهم جذابة بالصور المتحركة والموسيقى التي فيها. وللكبار تتنوع الاستخدامات من معرض بضائع للدعاية أو وثائق علمية. ويتجه استخدام الوسائط المتعددة في البيت إلى شاشات التلفاز أو شاشات عرض، يستطيع المشاهد التدخل في سيناريوهات بعض العروض، تتجه استخام الوسائط المتعددة في البيت إلى استخدام نموذج الدفع عند الطلب أو المشاهدة. واستطاعت نسبة كبيرة من المستخدمين إدخال هذه التكنولوجيا إلى منازلهم عندما أصبحت أسعار هذه الأجهزة الحاسوبية أو أجهزة العرض في متناول الجميع. فباستخدام الدفع عند المشاهد مثل الأفلام أو الألعاب، جعل العرض الجذّاب المدخل إلى جني الأرباح بدل من الربح عند بيع الأجهزة. لهذا بدأت أسعار الأجهزة بالتدني أكثر فأكثر في الأسواق.




الشكل 7 http://shopping.yahoo.com التسوق الإلكتروني



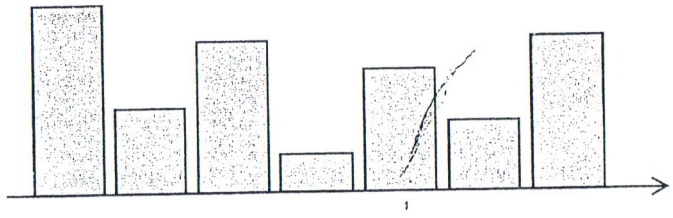
## 7 ما هي الوسائط المتعددة

استخدام الوسائط المتعددة ليس بالجديد، ولكن الجديد هو الاهتمامات التي صبت عليه في الآونة الأخيرة. نظم الوسائط المتعددة هو كل نظام يحتوي على اثنين أو أكثر من الوسائط مثل الصوت أو الصورة أو النص أو الصور المتحركة. فتطور المجالات الأخرى مثل التعليم أو الصناعة أو التسلية أدى إلى الحاجة إلى نظم الوسائط المتعددة. لذلك شرع العلماء والمبرمجين بتطوير هذا العلم ووضع أسس وبرامج وأدوات لتسهيل استخدامه والتعامل معه.

كانت الوحدة تعريفية بالوسائط المتعددة واستخداماتها وتاريخها. كما وقد استعرضت صفات تدفق بيانات نظم وسائط المتعددة تمهيداً للوحدات التالية، والتي سوف تستعرض بعض الوسائط كلّ على حدا للتعرف ودراسة أشكاله وبياناته وكيفية التعامل معه ومعالجته.

## تمارين وتدريبات

1. ما نوع الرائحة إذا أعتبرت كوسيط من ناحية اعتمادها على الزمن؟
2. ما الفرق بين متشعب النصوص ومتشعب الوسائط؟
3. بماذا يصنف أسلاك الكهرباء وساعة اليد إذا أعتبر كل منها كوسيط؟
4. عدد ثلاث استخدامات لنظم الوسائط المتعددة في العمل؟
5. نحتاج إلى عرض صور متحركة ذو معدل إرسال يساوي 70 كيلو بايت لكل ثانية وأن البيانات ملتزمة بعمر أقصى يساوي 2 ثانية فكم في الذاكرة تحتاج للنظام؟
6. ماذا تقول على الشكل الذي يمثل تدفق بيانات لنظام متعدد الوسائط من ناحية التوزيع مع الزمن والتوزيع للأحجام؟



الشكل 8 تدفق بيانات



## الوحدة الثانية

# الصوتيات ومعالجتها

# Audio and Audio Processing

في هذه الوحدة وموضوعها "الصوتيات ومعالجتها"، سوف تجد إجابات عن كثير من التساؤلات التي راودتك في حياتك عن الأصوات. ومن هذه التساؤلات: كيف ينتقل الصوت من فم المتكلم لينتهي إلى قرص التخزين؟ وكيف يستطيع الحاسوب تحويل ملف الصوت المخزن على القرص المغناطيسي أو الضوئي إلى أمواج صوتية تخرج من سماعات الحاسوب؟ وما الفرق بين شريط الكاسيت وقرص التخزين من حيث الصوت المخزن أو المسجل عليه؟

في هذه الوحدة سنجد الإجابة المطولة عن تلك الأسئلة وأسئلة أخرى. كما سنتعرف أيضاً على كيفية التعامل مع هذه الملفات الصوتية الرقمية المخزنة في أجهزة الحاسوب، وعلى بعض البرمجيات التي تساعدنا على فهم الصوت ومعالجته مثل Adobe Audition.

لقد اخترنا البدء في دراسة الصوت قبل الصورة لأن استخدام الصوت والسمع عبر الزمن في نقل المعلومات وتخزينها قد سبق الصور، وكذلك استخدام التكنولوجيا فيها. ويكفينا بأن الله عز وجل قد ذكر السمع قبل البصر في عدة مواضع نذكر واحدة منها: قال تعالى "ان السمع والبصر والفؤاد كل أولئك كان عنه مسؤولا".

وفي رحلتنا مع الصوت سنمر بمراحل شتى نتعلم من خلالها الكثير مثل مكونات السماعات وأجهزة الالتقاط، المايكروفون، وكيفية عملها. وأخيراً ومع نهاية هذه الوحدة، سنتعرف على مكونات الملف الصوتي مثل WAV، ونقوم ببعض التجارب الممتعة التي سنتعلم من خلالها كيفية التعامل مع مثل هذه الملفات الصوتية.

ومن أهداف هذه الوحدة التالي:

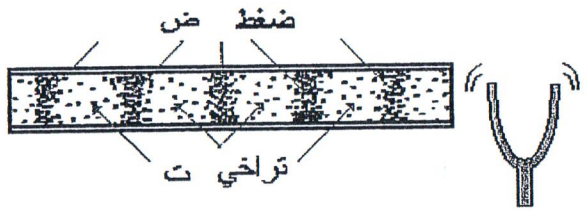
1. التعرف على المراحل التي يمر بها الصوت من المصدر وحتى قرص التخزين.
2. التعرف على خصائص الصوت.
3. تعلم كيفية تحويل الصوت من النظام الخطي إلى النظام الرقمي.
4. التعرف على أنواع ملفات الصوت مثل WAVE و MIDI

## 1 الموجات الصوتية Sound Waves

يمكننا تعريف الصوت بأنه عبارة عن موجات تنتج من اهتزاز أجسام وتنتقل عبر وسيط ما من مكان لآخر. فعندما يكون الوسيط هواء، على سبيل المثال، فإن انتقال الصوت يكون من خلال اهتزازات جزيئات الهواء، فتكّون موجات. ثم تشكل مناطق تكون فيها هذه الجزيئات الهوائية مكثفة ومركزة، وأخرى تكون متباعدة وأقل تركيزاً. تسمى المناطق ذات الجزيئات المكثفة وشديدة الاهتزاز بمناطق الضغط (Compression) والأخرى بالتراخي (Rarefaction).

ولمعرفة كيف تنتج تلك المناطق، ننظر معاً إلى الشوكة الرنانة في الشكل 1.2. تصدر الشوكة الرنانة صوتاً عندما تهتز ولو قليلاً. في هذه الحالة تدفع الشوكة جزيئات الهواء شمالاً لتنتقل جزئياً إلى منطقة تتكاثف فيها جزيئات الهواء، لتعمل بدورها على دفع جزيئات الهواء بتلك المنطقة إلى اليسار. ومع رجوع الشوكة الرنانة إلى جهة اليمين تولد مناطق تراخي شبه فارغة من جزيئات الهواء التي تكون ملاصقة للشوكة، فتعود إليها الجزيئات المدفوعة وهكذا.

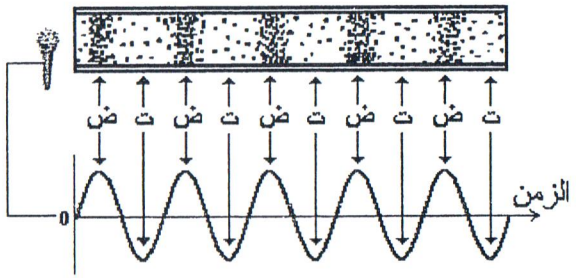
يمثل الشكل 1.2 الموجات الصوتية داخل أنبوب مفتوح تظهر فيها جزيئات الهواء على سبيل التوضيح في مناطق الضغط وفي مناطق التراخي.




الشكل 2. 1 الشوكة الرنانة



فإذا وضعنا ملتقط الصوت (الميكروفون) في الطرف الآخر من الأنبوب فإنه يصدر إشارات كهربائية تتناسب مع كثافة اهتزازات الجزيئات، تنتج عنه موجة كهربائية تتمثل في الشكل 2.2 لتبين قوة الإشارات المرتبطةَ مع الوقت بهذه الموجة، ثم نرى ارتفاعات وانخفاضات منتظمة تشبه أمواج الجيب أو الجتا. تمثل الارتفاعات مناطق الضغط، والانخفاضات مناطق التراخي. أما نقاط الصفر فإنها تمثل الأوقات التي تكون فيها جزيئات الهواء متباعدة التباعد الطبيعي.



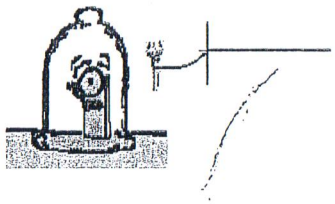

الشكل 2.2 إشارات كهربائية

تجدر هنا ملاحظة أن الموجات الصوتية ليست منتظمة جميعها، ولكن وكما ذكرنا فإن قوة الإشارة الكهربائية ترتفع بارتفاع الضغط، وتنخفض بانخفاضه.

إنّ ما تحدثنا به سابقاً عن اهتزازات جزيئات الهواء ينطبق على الوسائط الأخرى التي ينتقل عبرها الصوت، مثل الحديد والماء وغيرها. فان جزيئات الحديد هي التي تهتز بدلا من جزيئات الهواء عندما ينتقل الصوت خلال الحديد. وقد تستنتج في هذه الحالة بأن سرعة انتقال الصوت في المواد الصلبة مثل الألنيوم والحديد أكبر من سرعة انتقال الصوت في الهواء، وذلك لشدة تلاصق جزيئات الوسيط في المواد الصلبة. فسرعة الصوت في الألنيوم تساوي 5100 م / ث أما في الهواء فهي 332 م / ث.

والوسائط الأخرى كالحديد عبارة عن مجموعة من الجزيئات المترابطة حيث تبدأ بالاهتزاز عند مرور الصوت خلالها. فالأوتار الصوتية تهتز جزيئاتها بمقدار الصوت المراد إخراجه من الفم، وهذه الاهتزازات في الأوتار تدفع الهواء داخل الفم والحنجرة بمقدار اهتزاز هذه الجزيئات، لتولد موجات صوتية في الهواء. وعند انتقال الصوت من وسيط لآخر، ومثال ذلك من الحديد إلى الهواء، فان اهتزاز الجزيئات في الحديد يؤدي إلى قوة دفع جزيئات الهواء ومن ثم توليد موجات صوتية في الهواء.

وتجدر هنا ملاحظة أننا ونحن نتكلم عن الموجات أن الموجات الصوتية تختلف عن الموجات الكهرومغناطيسية، لأن الثانية يمكنها الانتقال من مكان لآخر عبر الفراغ، أما الموجات الصوتية فطبيعتها مثل الموجات الميكانيكية تعتمد على تحرك الجزيئات في الانتقال. لذلك لا يمكن سماع أية أصوات في الفراغ كما يفهم من الشكل 3.2.



الشكل 3.2 الصوت لا ينتقل في الفراغ

## 1.1 اللاقط (الميكروفون) Microphone

وكما وعدناك فإننا في هذه الوحدة سوف نتعرف على المراحل التي يمر بها الصوت منذ صدوره من خلال الأوتار الصوتية باهتزازها، ومن ثم اهتزاز جزيئات الهواء وصولاً به إلى أن ينتهي على قرص التخزين المغناطيسي. ومن هذه المراحل مرور الأمواج الصوتية أو التقاطها من خلال الجهاز اللاقط أو الميكروفون. ودعنا نتعرف على هذا الجهاز ولو قليلاً لنعرف ما يحدث للأمواج الصوتية.



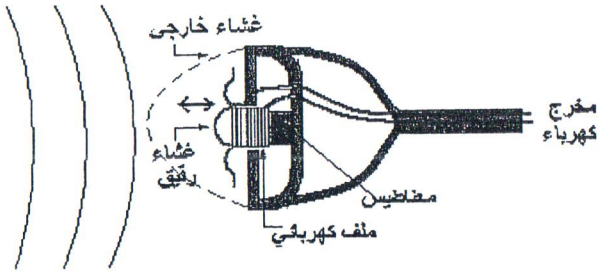
الميكروفون هو جهاز لاقط للأمواج الصوتية أو محول للطاقة، يلتقط الأمواج الصوتية ليحولها إلى طاقة كهربائية لتستخدم في مكبرات الأصوات أو التسجيل. ويفترض بأن تكون الأمواج الصوتية الملتقطة من خلال المبكروفون والصادرة من مكبرات الأصوات متماثلة.

وهناك عدة أنواع من أجهزة الميكروفون سنعرض في هذه الوحدة اثنين منها وهما: الميكروفون الديناميكي والميكروفون المكثف، وهما النوعان الأكثر استخداما في الاستوديوهات ومحطات الإذاعة وفي المسارح.

### 1.1.1 الميكروفون الديناميكي Dynamic Microphone

يحتوي هذا النوع من الميكروفون غشاء رقيقاً وملفاً كهربائياً مرتبطاً به. يوضع الملف حول عمود مغناطيسي، كما في الشكل 4.2. يتحرك الغشاء حسب ذبذبات جزيئات الهواء القريبة منه. فعند استقبال الجزيئات المتذبذبة المكثفة المضغوطة يهتز الغشاء إلى الداخل وإلى الخارج بقوة. وعند استقبال الجزيئات المتراخية يهتز الغشاء بضعف. وبهذه الحركة الاهتزازية يتحرك على أثرها الملف الكهربائي المرتبطة به ، وبحركة الملف الكهربائي المحيط بمغناطيس من الداخل يتولد تيار كهربائي عبر الملف.

لعلك تذكر أن تولد تيار كهربائي في ملف يكون كالتالي: يولد المغناطيس مجالاً مغناطيسياً حوله ما بين القطب الشمالي والجنوبي له. وعندما يُقطع هذا المجال بأسلاك كهربائية فإن الإلكترونات تبدأ بالتحرك لتولد تياراً كهربائياً. ويتناسب انتظام التيار بانتظام الأسلاك الكهربائية وانتظام حركة الملف القاطع للمجال المغناطيسي أو حركة المغناطيس نفسه كما في الشكل 5.2. وكذلك قوة التيار تكون بكثافة المجال المغناطيسي المقطوع. فإذا أردنا تياراً قوياً نرفع كثافة الملف بزيادة عدد لفاته أو باستخدام مغناطيس أقوى أو بكليهما معاً. وجدير بالذكر بأن التيار يتولد عند انقطاع المجال المغناطيسي إما بتحرك المغناطيس كما في الشكل 5.2 أو بتحريك الملف كما في الميكروفون.




الشكل 4.2 الميكروفون الديناميكي

الشكل 5.2 توليد الكهرباء بقطع المجال المغناطيسي بوساطة ملف كهربائي

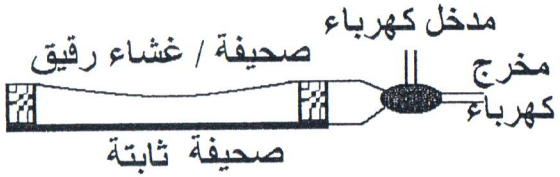
### 1.1.2 الميكروفون المكثف Condenser Microphone

يحتوي هذا النوع من الميكروفون أنبوباً خفيف الوزن وصفيحتين عند أعلى وأسفل الأنبوب، إحداهما ثابتة والأخرى متحركة كما هو موضح في الشكل 6.2. ويعمل الميكروفون من خلال الصفيحتين كعمل مكثف كهربائي تتغير قيمته بتغير المسافة بين الصفحتين. فالتغيير في ضغط الهواء يؤدي إلى تحرك الصفيحة المتحركة، فيؤدي التغير في قيمة المكثف إلى تغير التيار الكهربائي مما يتناسب مع الموجات الصوتية الملتقطة.

وبعكس الميكروفون الديناميكي، فإن الميكروفون المكثف يحتاج إلى مصدر كهربائي يعمل على شحن صفائحه. ويفضل استخدام الميكروفون المكثف على الميكروفون



الديناميكي لانتظام التردد الصوتي ووضوح الصوت الناتج، كذلك فان الميكروفون المكثف يتميز بخفة وزن الغطاء الذي يسمح بالتقاط الأصوات ذات التردد العالي كما يسمح بالتقاط الأصوات ذات التردد المنخفض. مما يجعل الصوت الناتج أقرب إلى الصوت الطبيعي فيتميز بوضوحه وخلوه من الإزعاج.




الشكل 6.2 الميكروفون المكثف

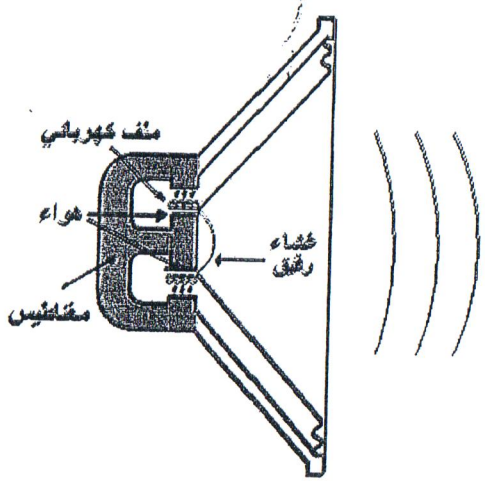
لذلك فإن الميكروفون المكثف كثيراً ما يستخدم في التسجيل الإذاعي. ويستخدم عادةً هذا النوع من الميكروفون في غرف الاستوديوهات المحترفة. ويتميز هذا النوع من الميكروفون المكثف أيضاً بعدم تواجد الحركة الميكانيكية الكبيرة التي قد تنتج بعض التشويش. وتكون سماكة الصفيحة المتحركة حوالي 3 ميكرون أي اقل من 100,0000/1 من سم، كما أن وزن الميكروفون المكثف أقل وزن من الميكروفون الديناميكي ويمكن أن يكون أقل حجما منه بكثير، مما يجعله الاختيار المفضل في كثير من التطبيقات.

## 1.2 السماعات Speakers

إن الميكروفون جهاز لاقط ومستقبل للموجات الصوتية لذلك فهو يحول الموجات إلى تيار كهربائي تختلف قوته باختلاف قوة الموجات الصوتية الملتقطة، بينما السماعات

تشكل الجهاز العكسي لذلك والذي يحول التيار الكهربائي إلى موجات صوتية تتناسب مع شدة التيار.

وهناك تشابه كبير بين السماعات والميكروفونات وخصوصاً الميكروفونات الديناميكية من ناحية التركيب والأجزاء. تتكون السماعات من غشاء بلاستيكي أو ورقي محدب الشكل، ويصل طول هذا الغشاء أحيانا إلى 10 أو 20 سم. ويتصل مع هذا الغشاء ملف من الأسلاك الدقيقة المعزولة الملفوفة حول مغناطيس بطريقة تترك فراغين من الهواء حول الملف من الداخل والخارج لئلا يعيقه بالحركة، كما هو موضح في الشكل 7.2. يصدر الملف السلكي مجالاً كهرومغناطيسي عندما يمر به تيار كهربائي، مما يجعله يتنافر أو يتجاذب مع المجال المغناطيسي التابع للمغناطيس الداخلي. وبما أن المغناطيس ثابت فإن الملف سيضطر إلى التحرك إلى الداخل أو الخارج حسب قوة المجال الكهرمغناطيسي المولد من جراء مرور التيار في الملف. وبما أن الملف موصول مع الغشاء البلاستيكي المحدب الشكل فإن الحركة تنتقل إلى هذا الغشاء فيتحرك معه للداخل والخارج، فيدفع جزيئات الهواء المتلاصقة بالغشاء فتهتز، مكونة موجات صوتية.




الشكل 7.2 السماعات



وإذا ما قارنّا السماعة بالميكروفون الديناميكي، فان كليهما يشبه الآخر، فكلاهما يحتوي غشاءً وملفاً كهربائياً ومغناطيساً يلتف حوله ملف كهربائي. ولكن الفرق الأساسي هو في كيفية العمل، ففي السماعة يسير الكهرباء في الملف فينتج مجال كهرمغناطيسي يتداخل مع المجال المغناطيسي الثابت فيضطر الملف للاهتزاز مع الغشاء المتلاصق مصدراً أمواجاً صوتية. أما في الميكروفون الديناميكي فإن الأمواج الصوتية تدفع الغشاء للداخل والخارج، فيتحرك الملف الكهربائي المتصل مع الغشاء. وبهذه الحركة يقطع الملف المجالات المغناطيسية الثابتة مما يجعل التيار الكهربائي يسير فيه بمقدار يتناسب مع قوة الاهتزازات الملتقطة.

## 1.3 خصائص الموجات الصوتية Sound Waves Properties

للموجات الصوتية خصائص عدة يتميز بها صوت عن الآخر. ومن هذه الخصائص:

1- التردد
2- الطاقة
3- الزاوية

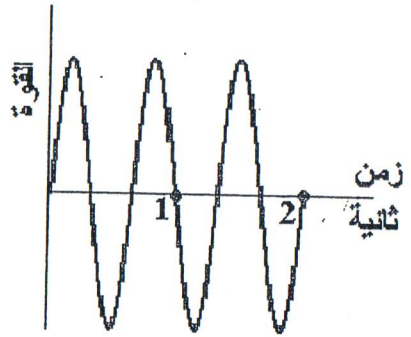
### 1.3.1 التردد Frequency

أيا كان مصدر الصوت فإن اهتزازات الجزيئات في الوسط الناقل إلى الأمام والخلف تكون بتردد معين، ويعرف هذا التردد بتردد الصوت أو بمعدل اهتزاز الجزيئات عند مرور الصوت خلالها.

ويقاس تردد الصوت بعدد الاهتزازات إلى الأمام ومن ثم إلى الخلف لجزيئات الوسيط في وحدة زمنية معينة. فعلى سبيل المثال، إذا اهتزت جزيئات الهواء بمعدل 1000 اهتزاز كامل للأمام وللخلف خلال ثانية واحدة، فإن تردد ذلك الصوت هو 1000 اهتزاز في الثانية. وتستخدم وحدة (Hz) وتلفظ هيرتز للدلالة على ذلك، فنقول إن اهتزاز هذا الصوت هو 1000 Hz. (1 هيرتز = 1اهتزاز في الثانية)

**مثال:**

ما هو تردد الصوت المبين في الشكل 8.2 ؟




الشكل 8.2 موجة صوتية

**الحل:**

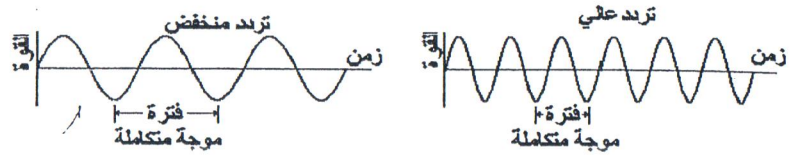
هناك 3 دورات كاملة بمقدار ثانيتين. فهذا يعني ان تردد الصوت يساوي $\frac{3}{2}$ هيرتز.

وتساوي 1.5 هيرتز.

وإذا أردنا أن نفهم الاهتزازات الكاملة فلننظر إلى الموجة المنتظمة في المثال السابق، لنرى أن اللاقط يلتقط 3 مناطق ضغط في الثانيتين، وكذلك سيلتقط مناطق الرخاوة بمعدل 3 في الثانيتين، فنقول إن تردد الصوت هنا هو 1.5 Hz أو هيرتز.

إن الموجات الصوتية ذات التردد العالي تجعل المسافة بين مناطق الضغط المتتالية أو مناطق الرخاوة المتتالية صغيرة، وبالعكس فان الموجات الصوتية ذات التردد المنخفض تجعل المسافة بين مناطق الضغط المتتالية أو مناطق الرخاوة المتتالية كبيرة. الشكل 9.2 يبين الاختلاف بين موجتين صوتيتين: إحداهما ذات تردد عالي، والأخرى ذات تردد منخفض.






الشكل 9.2 الموجات ذات التردد العالي وأخرى ذات التردد المنخفض

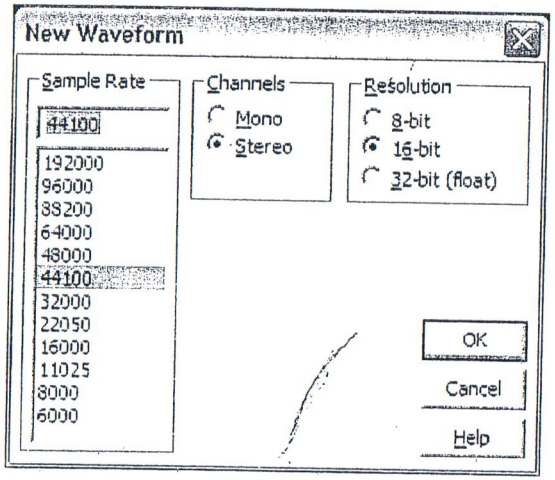
ومن الجدير بالذكر أن نقول إن طبلة أذن الإنسان قادرة على التقاط أصوات ذات مدى ترددي كبير يتراوح بين 20 هيرتز و20,000 هيرتز، وان الإنسان لا يسمع الأصوات التي يزيد أو يقل ترددها عن هذا المدى. إن الموجات الصوتية ذات التردد الأقل من 20 هيرتز تعرف بانفراساوند Infrasound، بينما الموجات الصوتية ذات التردد الذي يفوق أعلى تردد يسمعه الإنسان أي أعلى من 20,000 هيرتز فتعرف بـ الالتراساوند Ultrasound.

ومن الجدير بالذكر أيضاً أن بعض الحيوانات مثل الكلاب تتمتع بقدرة على السمع لمدى تردد صوتي اكبر من الإنسان، وهذا المدى هو 50 هيرتز إلى ما يقارب 45,000 هيرتز. لذلك نلاحظ بأن الصفارة التي تعرف بصفارة الكلاب لا يسمعها الإنسان وتسمعها الكلاب، لأنها تنتج أصواتاً ذات تردد عال ضمن مجال الالتراساوند.

كما أن القطط أيضا تتمتع بقدرة على السمع تفوق قدرة الإنسان، فمدى سمعها للموجات الصوتية يكون اكبر وأعلى من مدى الموجات الصوتية التي يسمعها الإنسان، وهذا المدى هو 45 هيرتز إلى 85,000 هيرتز. وبعكس الكلاب والقطط والإنسان فإن هناك حيوانات أخرى مثل الفيلة لها قدرة على سماع أصوات ضمن مجال الانفراساوند مثل 5 هيرتز. ومن المصطلحات البديلة للتردد كلمة الحدّة Pitch، فالأمواج الصوتية ذات الحدّة العالية تقابل الأمواج الصوتية ذات التردد العالي، بينما الأمواج الصوتية ذات الحدّة المنخفضة تقابل الأمواج الصوتية ذات التردد المنخفض.

## نشاط:

في هذا النشاط سنحاول معرفة المجال الترددي الذي تستطيع أن تسمع أنت به الأصوات. تأكد في بادئ الأمر من وجود سماعات ذات جودة عالية. يمكنك استخدام أي من البرمجيات الصوتية التي تستطيع إنشاء موجات جيبية ذات تردد معين ولكننا في هذا النشاط سنستخدم برنامج Adobe Audition .




الشكل **10.2** نافذة الترقيم لبرنامج **Adobe Audition**

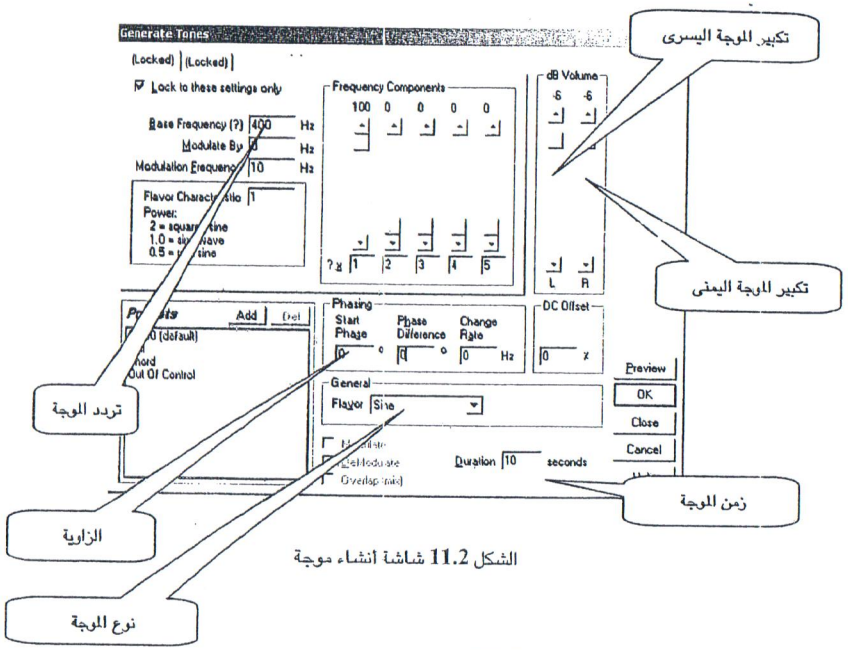
أنشئ موجة جيبية ذات تردد يساوي 400 هيرتز. لعمل ذلك قم بفتح برنامج Adobe Audition باختيار نغمة Tones تحت قائمة انشاء Generate. ستفتح لك نافذة سنطلق عليها نافذة الترقيم، كما في الشكل 10.2 . سنقوم بشرح هذه النافذة في الأقسام اللاحقة بالتفصيل إن شاء الله. ولكن الآن عليك اختيار الآتي منها:

- Sample Rate = 44100
- Channels = Stereo
- Resolution = 16-bit



ومن ثم اضغط Ok تفتح لك شاشة أخرى لاختيار الموجة المراد إنشاؤها، كما في الشكل 11.2. تأكد في هذه الشاشة من التالي:

- الزاوية صفر.
- تردد الموجة 400
- نوع الموجةSin (جيب).
- الزمن 10 ثوان.

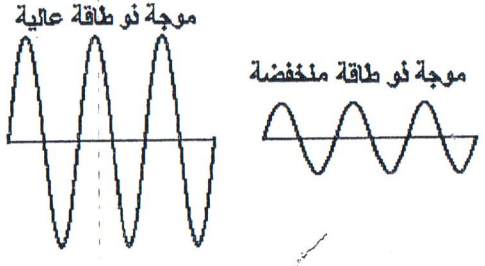



الشكل **11.2** شاشة انشاء موجة

اضغط Ok ثم اضغط Play للتشغيل وسماع الموجة بعد أن تكون قد وضعت السماعات الرأسية على أذنيك. ستسمع أنيناً بمثل الموجة الجيبية المنشأة. أغلق الموجة باختيار اغلقClose تحت قائمة ملف File ومن ثم أعد ما سبق واختر ترددات مختلفة للموجة. قم بتسجيل أعلى وأدنى تردد تستطيع سماعه.

## 1.3.2 الطاقة Energy

من خصائص الموجات الصوتية خاصية الطاقة. تعتمد الطاقة المنقولة إلى الوسيط على طول المسافة المقطوعة عند الاهتزاز يميناً وشمالاً بجزيئات الهواء، فعلى سبيل المثال، إذا تصورنا أن الأمواج الصوتية مصدرها وتر جيتار، فنقول بإن الأمواج الصوتية تكون ذات طاقة عالية إذا صدرت عن اهتزاز كبير لوتر الجيتار جراء زيادة شده ومن ثم تركه، لأن شدة اهتزاز وتر الجيتار تجعل جزيئات الهواء تتذبذب بمسافات اكبر فتنتج موجات صوتية ذات طاقة عالية.




الشكل 12.2 الموجات الصوتية ذات الطاقة المنخفضة والموجات الصوتية ذات الطاقة العالية

نرى في الشكل 12.2 الفرق بين الموجات الصوتية ذات الطاقة المنخفضة والموجات الصوتية ذات الطاقة العالية في حين أن التردد ثابت لكليهما.

وتعرف كثافة الصوت بطاقة الصوت لزمن معين و لمساحة معينة.

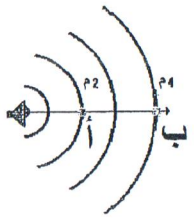
$$\text{كثافة الصوت} = \frac{\text{طاقة الصوت}}{\text{مساحة} \times \text{زمن}}$$

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}} \quad \text{وتكون الوحدة هي واط / م}^2$$

وتدل المعادلة السابقة على أن الكثافة تنقص بازدياد المساحة. وبما أن الصوت ينتشر من خلال أمواج كروية يكون مركزها مصدر الصوت، لذلك تنتشر الطاقة على مساحات أكبر كلما بعدنا عن مصدر الصوت. ويوضح الشكل 13.2 أمواجاً صوتية تنتشر من



خلال أشكال دائرية، فكلما بعدنا عن مصدر الصوت كانت الكثافة اقل وذلك لازدياد المساحة. كذلك الحال فإن كثافة الصوت في المكان "أ" اكبر منها في المكان "ب".




الشكل 13.2 امواج صوتية تنتشر من خلال أشكال دائرية

ومن الجدير بالذكر أن أدق الأصوات التي يستطيع الإنسان أن يسمعها تعرف بحد السمع، وأكثر الأصوات كثافة والتي يستطيع الإنسان أن يسمعها بدون معاناة أو الحاق الأذى بطبلة الأذن تكون بليون ضعف من حد السمع. ولأن المدى في كثافة الموجات الصوتية التي يسمعها الإنسان كبير جدا، فإن المقياس الذي يستخدم لقياس الكثافة مبني على مضاعفات الـ 10 ، ويعرف بالمقياس اللوغارتمي ويسمى بمقياس دسابل (decibel) ويرمز له بالرمز (dB). فيكون حدّ السمع هو صفر ديسابل وعشرة أضعاف كثافة هذا الصوت تساوي10 ديسابل.

الجدول 1.2 التالي يوضح مستوى الديسابل لبعض الأصوات المعروفة:

| الصوت | ضعف بحد السمع | مستوى الكثافة |
|---|---|---|
| حد السمع | $10^0$ | 0 dB |
| الهمس | $10^2$ | 20 dB |
| محادثة طبيعية | $10^6$ | 60 dB |
| شارع مزدحم | $10^7$ | 70 dB |
| مكنسة كهربائية | $10^8$ | 80 dB |

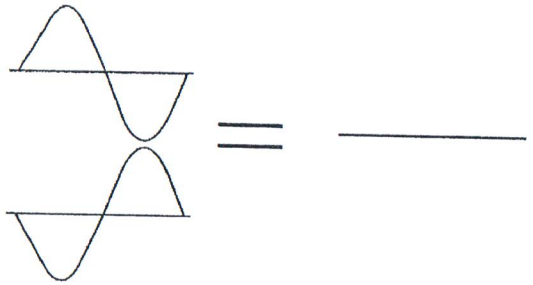
| | | |
|---|---|---|
| حد التألم | $10^{13}$ | 130 dB |
| محرك جت | $10^{14}$ | 140 dB |
| ثقبان الاذن | $10^{16}$ | 160 dB |

الجدول 1.2 مستوى الديسابل لبعض الاصوات المعروفة

### 1.3.3 الزاوية Phase

ذكرنا خاصيتين مهمتين من خصائص الصوت حتى الآن وهما: التردد والطاقة. وهاتان الخاصيتان تكونان لأية موجة صوتية على حدة. أما الخاصية الثالثة "الزاوية"، فهي خاصية تصف العلاقة بين موجة صوتية وأخرى. فعلى سبيل المثال، نستطيع أن نصف موجتين بأنهما متقابلتان تماما، كما في الشكل 14.2 ، إذا ما اختلفتا بخاصية الزاوية بمقدار 180°.

وفي هذه الحالة، أي عند الاختلاف 180° وعندما تشترك الموجتان بنفس التردد والطاقة، فإن تأثير إحداهما يلغي تأثير الأخرى، وهذا ما يحدث عندما نجمعهم جمعاً جبرياً، فيكون الناتج صفراً، حيث إن مجموع القيم الموجبة تعادل مجموع القيم السالبة. ويطلق على هذه العلاقة التي تكون بين الموجتين (التداخل الهادم) Destructive Interference.

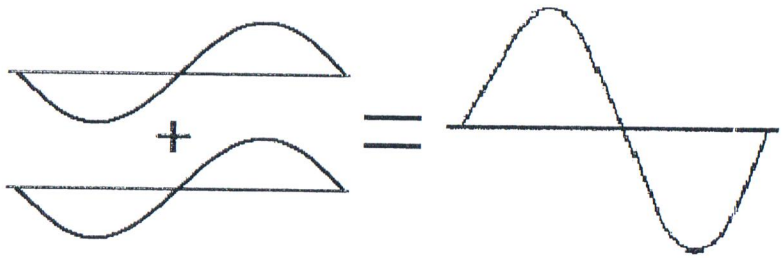


الشكل 14.2 موجتان متقابلتان تماما



وهذا ما يستخدم أحياناً عندما يراد إلغاء الضجيج غير المرغوب به. فمن المعروف أن صوت الطائرة العمودية عالٍ جداً لدرجة أنك لا تستطيع أن تكلم من هم بجانبك إذا ما كنت بداخلها دون أن تتكلم بصوت مرتفع أو أن تصرخ. ولكن في الوقت نفسه يمكنك التكلم مع الآخرين بهدوء وبدون صراخ من خلال استخدام الميكروفون والسماعات الموجودة بالطائرة. وأن تسمع بوضوح دون سماع ضجيج مروحة الطائرة. ويحدث ذلك لأن الأصوات الملتقطة من خلال جهاز الميكروفون تجمع مع أمواج صوتية ملتقطة من جهاز ميكروفون آخر موضوع بقرب مروحة الطائرة ويكونان مختلفين بزاوية 180° من خلال استخدام جهازقلب يوضع على أحد الميكروفونين ليلغي بذلك ضجيج المروحة الملتقط من كلا الميكروفونين مبقياً صوت المتكلم.

إن الموجات الصوتية تلتقي بزوايا مختلفة فمنها على سبيل المثال 60° ومنها 100°. وفي هذه الحالة بدلا من أن تلغي الواحدة الثانية، فإنها تقوي الثانية في ترددات معينة وتلغي الثانية في ترددات أخرى. فعند الاختلاف بزاوية صفر 0 ، أي لا اختلاف، وعندما تشتركان بنفس التردد فإن تأثير إحداهما يقوي تأثير الأخرى كما في الشكل 15.2. وتسمى العلاقة بين الموجتين بـ (التداخل البناء) Constructive Interference.



الشكل 15.2 التداخل البناء

لذلك عند تثبيت أجهزة الميكروفون في غرفة المؤتمرات، مثلاً، فان وضع أجهزة الميكروفون تكون بدراسة دقيقة لزواياها كي لا يلغي بعضها البعض. وخاصية الزاوية هي التي تساعد السامع كالإنسان مثلاً على معرفة اتجاه مصدر الصوت. لأن الموجة

التي يستقبلها الإنسان من جهة الأذن اليمنى تختلف عن تلك التي يستقبلها من جهة الأذن اليسرى بزاوية معينة إذا كان مصدر الصوت يميناً أو شمالاً. وتحليل كلتى الموجتين في الدماغ يساعد على تمييز اتجاه مصدر الصوت.

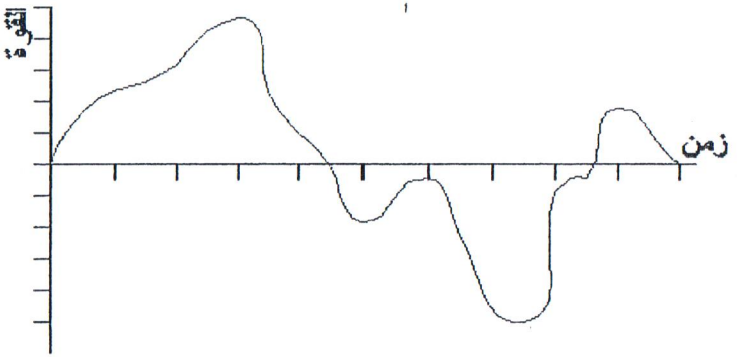
2. تمثيل البيانات الصوتية Representation

لدراسة الموجة الصوتية أو الإشارة الكهربائية الناتجة عن التقاطها بالميكروفون على سبيل المثال، هناك تمثيلان نستطيع من خلالهما استنتاج بعض صفات الموجة الممثلة. وهذان التمثيلان هما:

1. التمثيل في المجال الزمني.
2. التمثيل في المجال الترددي.

## 1.4 المجال الزمني Time Domain

التمثيل الأكثر استخداما هو التمثيل في المجال الزمني. حيث يمثل المحور العمودي قوة الإشارة بينما يمثل المحور الأفقي الزمن. الشكل 16.2 يمثل موجة ما بالتمثيل الزمني.




الشكل 16.2 التمثيل في المجال الزمني

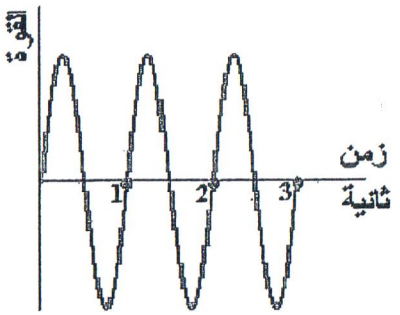


ويمكننا تمثيل أية إشارة في أحد هذين المجالين ويمكننا الانتقال من مجال لآخر بمساعدة تحويل فورير Fourier Transform.

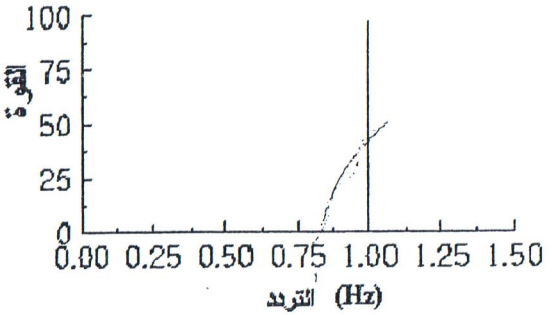
## 1.5 المجال الترددي Frequency Domain

أما التمثيل الثاني فهو في المجال الترددي. وفي هذا المجال يمثل المحور الأفقي التردد بينما يمثل المحور العمودي مجموع قوة الإشارة. يفيدنا المجال الترددي بالتعامل مع الإشارة بسهولة أكثر وحسابات أقل تعقيدا. فالحصول على تردد إشارة ما من خلال التمثيل الزمني غالباً ما يكون معقداً ومن خلال عمليات رياضية قد تحتمل الخطأ إذا ما كانت الإشارة ذات ترددات مختلفة باختلاف الزمن. بالإضافة إلى أن اختيار الفترة الزمنية التي يراد دراستها واستخراج التردد أو الترددات التي فيها، تعتمد كثيراً على بداية الفترة ونهايتها، لذلك فإن التمثيل في المجال الترددي يعرض لنا بديلا من ذلك في المجال الزمني لتمثيل الإشارة باستبدال المحور الأفقي بمحور يمثل التردد بدلا من الزمن. وعندها يمكننا أن نتعرف على أهم صفات تلك الإشارة والترددات المختلفة التي تتواجد فيها من خلال تمثيلها في المجال الترددي.

فعلى سبيل المثال إذا نظرنا إلى الشكل 17.2 أدناه والذي يمثل إشارة كهربائية بشكل الجيب نستطيع إن نقول أن تردد هذه الإشارة هو 1 هيرتز. وهذا ما ينتج إذا حسبنا عدد الدورات الكاملة في الثانية الواحدة. وكما نلاحظ فإن اختيار الفترة لقياس التردد غير مهم وذلك لأن تلك الموجة لها تردد واحد. فيكون التمثيل الترددي لهذه الموجة بسيطاً وكما في الشكل 18.2. فإذا نظرنا إلى هذا التمثيل نقول بسرعة وبسهولة أن تردد الإشارة هو 1 هيرتز. ومن الملاحظ في الشكل أن المحور العمودي لا يمكن أن يحتوي قيماً سالبة فهي تمثل مجموعة الطاقة الصوتية لتردد معين.



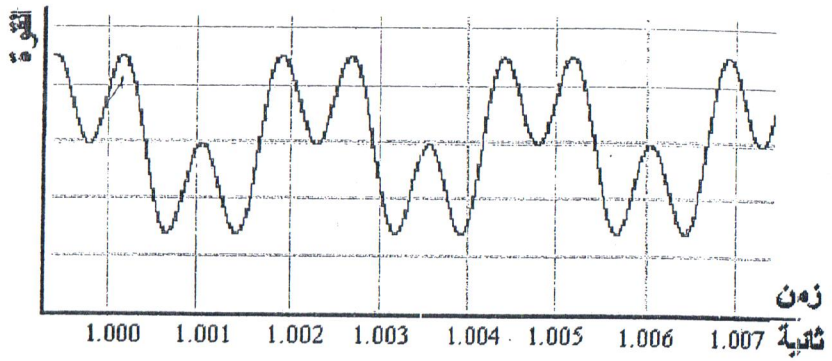

الشكل 17.2 موجة صوتية بشكل الجيب



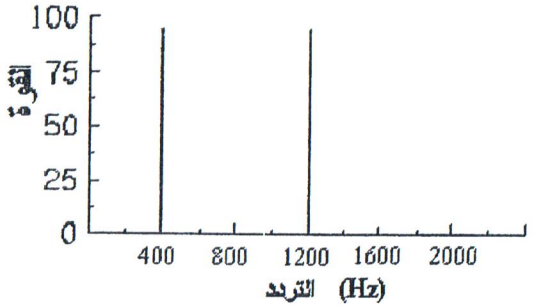

الشكل 18.2 تمثيل موجة بشكل الجيب في المجال الترددي

ولنأخذ الآن موجة أخرى كما في الشكل 19.2 ممثلة بالتمثيل الزمني بحيث يمثل المحور العمودي قوة الموجة. فإذا نظرنا إلى تمثيل الموجة في المجال الترددي، كما في الشكل 20.2 والتي تمثل الموجة المبينة في الشكل 19.2. نقول بسهولة أنها عبارة عن مزيج من موجتين جيبيتين ذواتا ترددين مختلفين. وهذا مالا نستطيع قوله بسهولة عند النظرإلى تمثيل الموجة في المجال الزمني والمبينة في الشكل 19.2.



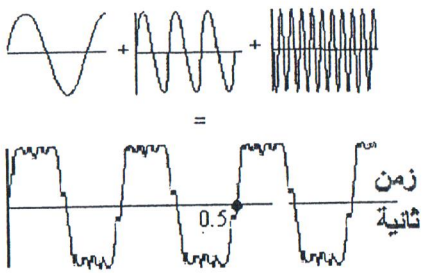



الشكل 19.2 موجة صوتية ذات تردد غير واضح

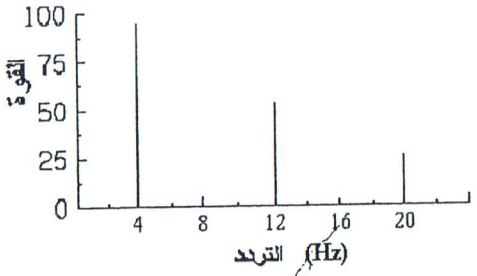



الشكل 20.2 تمثيل موجة ذات موجتين جيبيتين في المجال الترددي

وأخيرا لنأخذ موجة صوتية تتكون من عدة موجات جيبية ذات ترددات مختلفة. فإذا كانت العلاقة بين ترددات هذه الموجات وقوة كل منهما متناسقة بطريقة معينة فإنها تنتج موجة صوتية تشبه الموجة المربعية، كما في الشكل 21.2. وقد تخوننا حسابات تردد هذه الموجة إذا استخدمنا التمثيل الزمني، فقد نقول بسذاجة أن تردد هذه الموجة هو عدد الدورات المتكاملة في الثانية أي 4 هيرتز. أما إذا لاحظنا التمثيل الترددي لهذه الموجة فإنها توضح الترددات المختلفة فيها كما هو في الشكل 22.2.




الشكل 21.2 دمج عدة موجات جيبية ذات ترددات مختلفة متناسقة



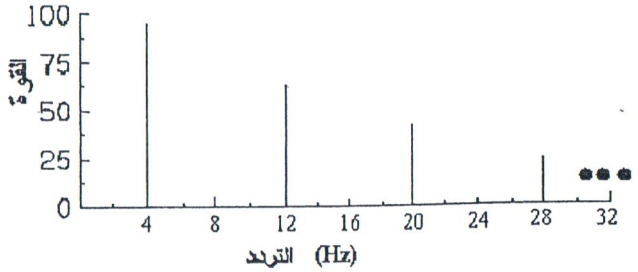

الشكل 22.2 التمثيل الترددي لموجة ذات موجات جيبية عدة وذات ترددات مختلفة متناسقة

فالموجة المربعية الصحيحة والدقيقة كما في الشكل 23.2 هي عبارة عن مجموعة موجات جيبية متناسقة الترددات والقوة وغير متناهية العدد.

الشكل 23.2 موجة المربعية



فالتمثيل الترددي لموجة مربعية يوضح لنا ترددات الموجات الجيبية المختلفة والمدموجة مع بعضها البعض. ونلاحظ هنا في الشكل 24.2 أن علو الموجات يبدأ بالانخفاض حيث إن هذا العلو يمثل علو الموجة الجيبية، فالموجة الجيبية المتمثلة بالخط الأول ذي العلو الأعلى تكون هي الغالبة في الصوت على الموجات الأخرى. وهذا أيضاً يمثل عدد الدورات المتكاملة في الثانية للموجة المربعية.




الشكل 24.2 التمثيل الترددي لموجة مربعية

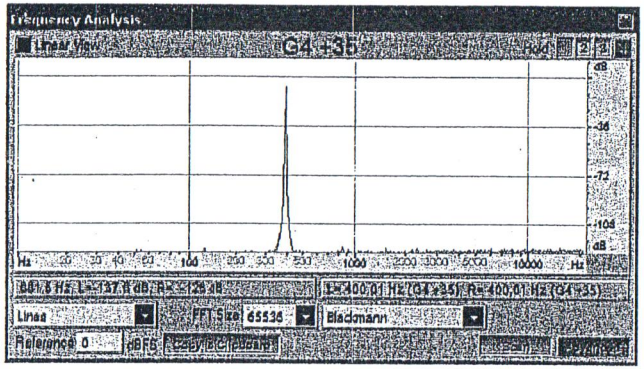
وكملخص لما سبق، فإن التمثيل الزمني للموجة الصوتية يوضح تغيير الموجة خلال الوقت، بينما التمثيل الترددي يوضح تغيير مقدار كمية الصوت لترددات مختلفة. ونستطيع استخراج التمثيل الترددي باستخدام تقنية تعرف بـ Fourier Transform وهذه التقنية تعتمد على سلسلة الـ Fourier.

## نشاط

استخدم برنامج Adobe Audition وأنشىء موجة صوتية جيبية بتردد 400 هيرتز وبطول 10 ثوان وبالمواصفات التالية:

- Sample Rate = 44100
- Channels = Stereo
- Resolution = 16-bit

لنشاهد التمثيل الترددي لهذه الموجة إختر Show Frequency Analysis من قائمة Analyze لتظهر لك تمثيل الموجة في المجال الترددي كما في الشكل 25.2 وليظهر لك نفس المنحنى. وتأكد من القيم المبينة في الشكل 25.2.




الشكل 25.2 التمثيل الترددي لموجة صوتية جيبية بتردد 400

تلاحظ بأن الإشارة تشبه خطاً عمودياً عند 400 هيرتز.

أعد النشاط ولكن باختيار موجة مربعية وانظر إلى التمثيل الترددي لها.

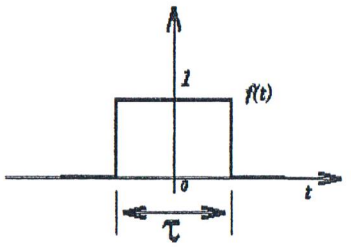
## 1.6 تحويل الفوريير Fourier Transform

تحويل الفوريير يعتمد على سلسلة الفوريير Fourier Series. في هذا القسم لن نستطيع تغطية تفاصيل كليهما لأن فهمهما يعتمد على مواضيع رياضية أخرى.

تحويل الفوريير يطبق على الموجات الخطية المتصلة وتعرف بالمعادلة التالية:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\, e^{-j\omega t}\, dt$$

حيث $\omega$ تمثل قيمة ثابتة تساوي $2\pi$ .




الشكل 26.2 نبضة مربعية واحدة



وإذا أخذنا تحويل الفوريير لنبضة مربعية واحدة مبينة في الشكل 26.2 نحصل على التالي:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\, e^{-j\omega t}\, dt$$

وبما أن قيمة الموجة f(t) هي صفر ما عدا في الفترة $2/\tau$ و $-2/\tau$ ، فإن الموجة في المجال الترددي تصبح:

$$F(j\omega) = \int_{-\tau/2}^{\tau/2} e^{-j\omega t}\, dt = \left. \frac{e^{-j\omega t}}{j\omega} \right|_{-\tau/2}^{\tau/2}$$

وإذا حللنا المعادلة التالية:

$$F(j\omega) = \frac{e^{j\omega(\tau/2)} + e^{-j\omega(\tau/2)}}{j\omega}$$

باستخدام تعبير Euler التالي:

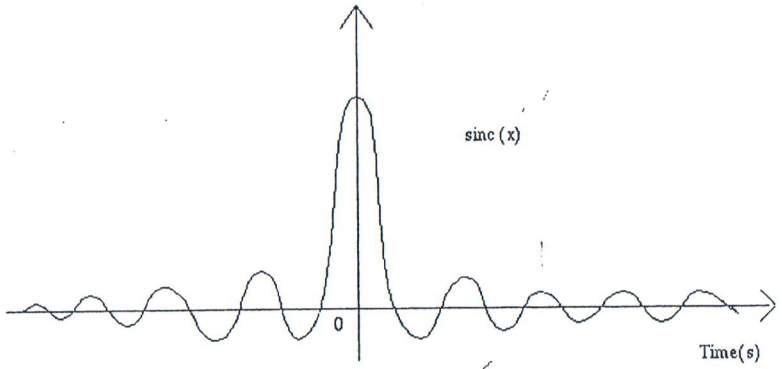
$$e^{j\omega t} + e^{-j\omega t} = 2\cos\omega t$$

$$e^{j\omega t} - e^{-j\omega t} = 2j\sin\omega t$$

يصبح الشكل النهائي للموجة في المجال الترددي هو:

$$F(j\omega) = \tau\left(\frac{\sin\frac{1}{2}\omega\tau}{\frac{1}{2}\omega\tau}\right) = \tau\,\mathrm{sinc}(x)$$

والشكل 27.2 يمثل sinc(x) علماً بانه معروف كثيراً لدى العاملين في مجال DSP.




الشكل 27.2 sinc(x)

أما باستخدام سلسلة الفوريير Fourier Series فإذا كانت موجة على الشكل f(t) تتكرر كل T من الزمن، فإن سلسلة الفوريُر تكون كالتالي:

$$X(t)=\sum_{k=0}^{u}\alpha\, ku\cos\left(\frac{2\pi\, kt}{T}-\phi\, ku\right)$$

ومن هذه المعادلة نفهم بأننا نستطيع تحليل الموجة إلى حزمة من الموجات الجيبية، لكل واحدة منها علو وزاوية معينة. ولكن يجدر التنويه هنا إلى أنه ليس من الضروري أن تكون الموجة الأصلية هي موجة جيبيه، ولا يفهم من ذلك أن سلسلة الفوريير لا يمكنها تحليل إلا الموجة الجيبية، بل وعلى العكس، فإنه يمكن لسلسلة الفوريير تحليل أي موجة كانت. لذلك فإن جميع الموجات يمكنها أن تحلل رياضيًا إلى موجات أساسية وأن مجموع



تلك الموجات تكوّن الموجة الأصلية. التقنية التي تحول تمثيل موجة من مجال لمجال آخر تعرف بتقنية التحويل وتعتبر الفوريير من التقنيات المتداولة التي تحول موجة من المجال الزمني إلى المجال الترددي من خلال معادلات دورية مثل معادلة الجيب.

## نشاط:

في هذا النشاط سوف ندمج عدة موجات جيبية لندرس الموجة في المجال الزمني والمجال الترددي. استخدم برنامج Adobe Audition وانشىء موجة صوتية جيبية بتردد 400 هيرتز وبطول 10 ثوان وزاوية صفر. بالإضافة إلى المواصفات التالية:

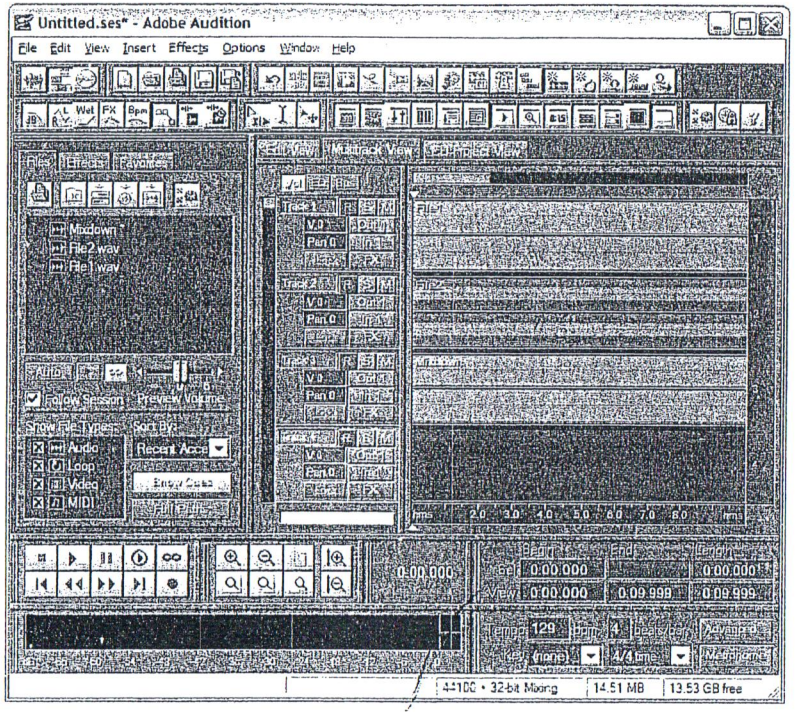
- Sample Rate = 44100
- Channels = Stereo
- Resolution = 16-bit

قم بتخزين الموجة بملف يدعى File1 وتأكد من أن يكون نوع الملف Windows PCM. ثم اختر Close من قائمة File.

أعد ذلك لتردد يساوي 1200 هرتز ولكن بتصغير يساوي 10 (أي تكبير سالب 10) بملف يدعى File2

وبعد كل ملف اختر Close من قائمة File. بعد الانتهاء من إنشاء الملفات اضغط على متعدد المسارب Multitrack والذي يسمح لنا بدمج الموجات الصوتية مع بعضها البعض.

في المسرب الأول Track 1 ادخل الموجة الأولى وذلك بتحريك الفأرة لتستقر فوق بداية المسرب الأول ومن ثم اضغط على يمين الفأرة واختر من النافذة المعلقة Wave From File من قائمة Insert ومن ثم اختر الملف الأول File1. أعد ذلك في المسرب الثاني واختر File2. أما في المسرب الثالث، فاختر من النافذة المعلقة All Waves من قائمة Mix Down to Tracks.

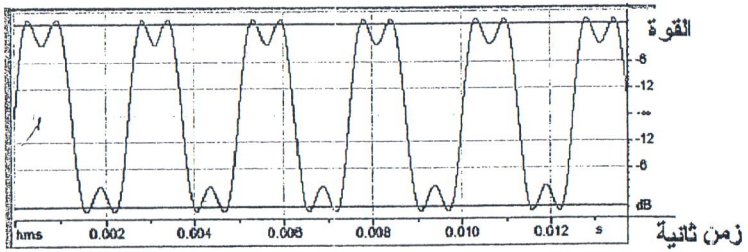



الشكل 28.2 دمج عدة موجات صوتية

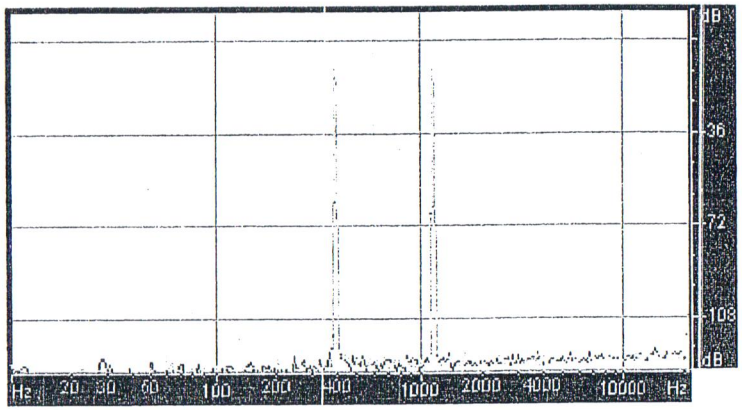
اختر المسرب الثالث واضغط على المشاهدة Edit View ليرجعك البرنامج إلى تمثل الموجات التي تصدر من السماعات اليمنى واليسرى، أو اضغط على الفأرة وأنت في المسرب الثالث مرتين. كبر المشاهدة للموجة بالضغط على العدسة فنلاحظ أن الموجة تختلف عن موجة جيبية وتشبه الموجة في الشكل 29.2.

أضف إلى هذا الدمج الملف الثالث وأنظر إلى الموجة الناتجة.






الشكل 29.2 موجة صوتية ذو ترددان




الشكل 30.2 تمثيل ترددي

## 2. ترقيم الموجات الصوتية Digitization

تعلمنا حتى الآن في هذه الوحدة الكثير عن الموجات الصوتية وصفاتها الأساسية من تردد وطاقة وزاوية. كما تعرفنا على بعض الأجهزة اللاقطة كالميكروفون والأجهزة المصدرة للصوت كالسماعات. وكل ذلك يعرف بالمجال Analog الخطي. فالأجهزة والإشارات المختلفة حولنا تكون إما خطية أو Digitalرقمية. ففي الأجهزة والأنظمة

الخطية المتواصلة هناك عدد غير متناهي من الإشارات الكهربائية التي يصدرها الميكروفون لتمثل علو الصوت الملتقط. وغالبا ما تؤخذ هذه الإشارات لتمر تحت مراحل معالجة كالتكبير وإدخال الصدى وخلطها مع أصوات أخرى، ومن ثم نقلها إلى أماكن قد تكون بعيدة لإعادة تحويلها من إشارات كهربائية إلى أمواج صوتية من خلال أجهزة كالسماعات، أو تخزينها في أشرطة مغناطيسية كتلك المتداولة في الأسواق.

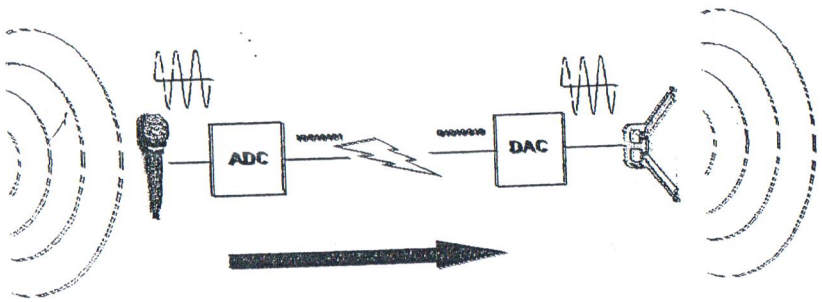
ومن خلال هذه العمليات من معالجة ونقل وتخزين للإشارات تصبح الإشارات عرضة لتشويش والتخريب مما يؤثر على جودة الصوت، لذلك فإنه يوضع عادةً حد أقصى لمراحل عمليات المعالجة على الصوت من النظام الخطي ليظل فيها الصوت ضمن المستوى المقبول. ولتفادي هذه المشكلة وللمحافظة على جودة الصوت عند النقل أو التخزين كان يجب تحويل الإشارات من النظام الخطي إلى النظام الرقمي الذي تكون فيه الإشارات الأصلية للصوت بشكل بيتس (Bits).

عملية التحويل هذه من النظام الخطي إلى النظام الرقمي تدعى Analog-To-Digital Conversion (ADC) أو (A\D) وتكون هذه العملية قبل تخزين الصوت أو نقله وذلك لتفادي التدني في الجودة وكذلك للتمكن من ضغط المعلومات. أما المرحلة العكسية التي تكون عند الحاجة لإرسال الإشارة المستقبلة أو المسترجعة إلى السماعات، فهي تحويل الإشارة من النظام الرقمي إلى النظام الخطي وتسمى Digital-To-Analog Conversion (DAC) أو (D\A) . ومن المراحل الأساسية لهذا التحويل الأول من النظام الخطي إلى الرقمي مرحلتان : تسمى الأولى مسح العينات (Sampling) والأخرى التسوية (Quantization) .

## 1.7 المسح العيني ومعدل نكويست Sampling and Nyquist Rate

العالم الطبيعي حولنا بما فيه الصوت يعمل بالنظام الخطي. لاقطات الصوت مثل الميكروفون تحول الموجات الصوتية إلى موجات كهربائية، وبالعكس، فالسماعات تحول الموجات الكهربائية إلى موجات صوتية وكل ذلك في النظام الخطي.

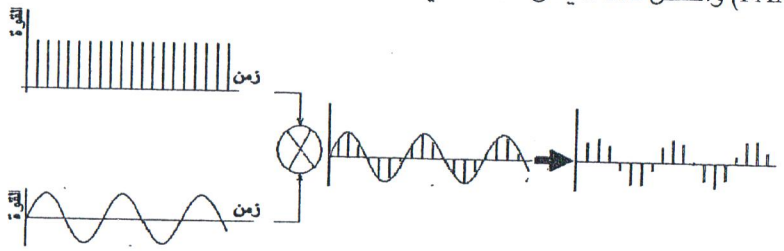





الشكل 31.2 التحويل من النظام الخطي إلى النظام الرقمي وبالعكس

وما بينهما تحويلان فالأول من النظام الخطي إلى الرقمي والآخر بالعكس، أي من النظام الرقمي إلى الخطي كما يوضح الشكل 31.2. وأول مراحل عملية التحويل إلى الرقمي هي عملية مسح العينات. ومسح العينات هو ببساطة أخذ عينات من الإشارة الخطية المتواصلة في فترات زمنية متساوية. فتصبح الإشارة متقطعة. ومن أهم عوامل إنجاح هذه العملية وبدون تدني جودة الصوت الأصلي، اختيار الفترة الزمنية المناسبة. فكلما كانت الفترة الزمنية صغيرة كلما كانت الإشارة المتقطعة الناتجة أقرب إلى الإشارة الأصلية وأكبر في عدد العينات الناتجة، ولكن يكبر بذلك حجم الملف الصوتي إن أردنا تخزينه. أما إذا تباعدت الفترات الزمنية فإن عدد العينات يقل فتختلف الإشارة إذا ما قورنت بالأصلية فتتدنى الجودة ولكن يصغر حجم الملف. فاختيار الفترة المناسبة التي تراعي كلتا الحالتين تعتمد على سرعة التغيرات في الموجة الخطية أو بمعنى آخر على تردد الموجة الخطية. وهنا نأتي لنتعرف على نظرية نكويستNyquist التي تقول أن معدل أخذ العينات للموجة الخطية يجب أن يكون على الأقل ضعف أكبر تردد للموجة الخطية، وذلك إذا أردنا أن نسترجع الموجة الخطية الأصلية بدون انخفاض مستوى الجودة. ونقصد بمعدل أخذ العينات هو عدد العينات المأخوذة في الثانية ويقال لها معدل مسح العينات Sampling Rate.

والفترة الزمنية تساوي مقلوب هذا التردد. وقد ننظر إلى عملية مسح العينات بمنظار آخر فنقول إنها عبارة عن ضرب الموجة الخطية بتدفق من نبضات متكررة ومنتظمة بمعدل مسح العينات المطلوب، وهذا ما يطلق عليه ( Pulse Amplitude Modulation PAM) والشكل 32.2 يمثل هذه العملية.



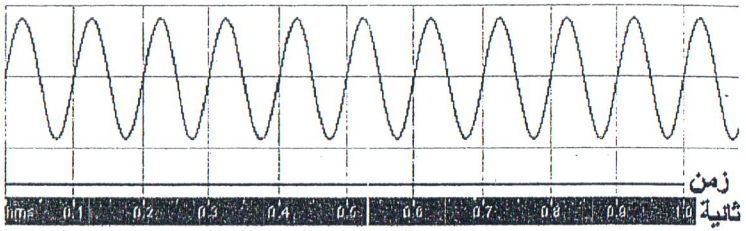

الشكل 32.2 عملية PAM

نظرية النكويست إذا نظرنا لها من جهة أخرى نقول إن أعلى تردد في النظام الخطي يمكن استرجاعه في النظام الرقمي يساوي نصف معدل مسح العينات والذي يسمى أيضا بتردد نكويست نسبة إلى هاري نكويست. فإذا علمنا أن معدل مسح العينات للأصوات المخزنة على القرص الليزري الصوتي هو 44.1 ألف هيرتز فان أعلى تردد يمكن استرجاعه بدون أي ضعف في الجودة إذا ما قورن بالموجة الأصلية يساوي 22.05 ألف هيرتز، أي أعلى بكثير من 20 ألف هيرتز وهو حد السمع الترددي الأعلى للإنسان. أما إذا أردنا أن نعرف ماذا يحدث للأصوات ذات التردد العالي والذي يكون أعلى من نصف التردد العيني، فإنها غالبا ما تتغير إلى تردد منخفض وأحيانا أقل بكثير من ترددها الأصلي. وهذا التغير في التردد الأصلي أو في الموجة الأصلية الذي يطلق عليه Aliasing إلياسنغ، فيتسبب في تعكير صفاء الصوت.

وللعلم، فإن الأصوات والموسيقى التي تكون غالبا مسجلة على مثل هذه الأقراص الليزرية الصوتية غالبا لا يزيد ترددها على 10 كيلو هيرتز. ولكن مع ذلك هناك ادعاءات بان بعض الأصوات قد تزيد على ذلك، لذلك فإن الاستوديوهات غالبا ما تستخدم تردد عيني بمقدار 48 كيلو هيرتز.

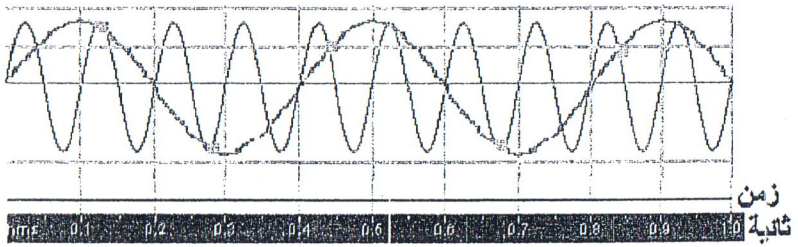


وللتعرف على الـ إلياسنغ اكثر، فإنه ينتج عندما يكون معدل مسح العينات أقل من ضعف تردد النكويست، أي أقل من ضعف التردد الأعلى للموجة الأصلية. وعندها تتحول الأصوات ذات التردد العالي إلى أصوات ذات تردد منخفض. فإذا كان التردد للموجة هو 10 هيرتز كما في الشكل 33.2 فنقول إن معدل مسح العينات يجب أن لا يقل عن 20 هيرتز أي عشرين عينة في الثانية.



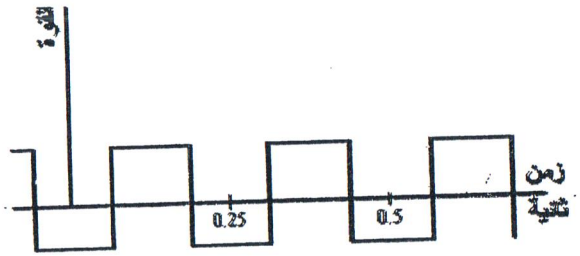

الشكل 33.2 موجة ذات تردد 10 هيرتز

ونرى في الشكل 34.2 أن معدل مسح العينات المستخدم هو قرابة 5 هيرتز أي 5 عينات في الثانية أي يساوي ربع الـ 20 هيرتز. وباستخدام نظرية النكويست نقول إن أعلى تردد يمكن الحصول عليه من استخدام هذا التردد هو نصف ألـ 5 فهو 2.5 هيرتز. وهذا ما يتضح من الشكل لأننا إذا أردنا أن نستخرج الموجة من العينات المعطاة فإننا سنلاحظ أن الموجة الناتجة تساوي 2.5 هيرتز أي أقل مما كانت عليه، 10 هيرتز، وذلك لاستخدام تردد عيني صغير وهذا ما لا يتماشى مع نظرية النكويست.



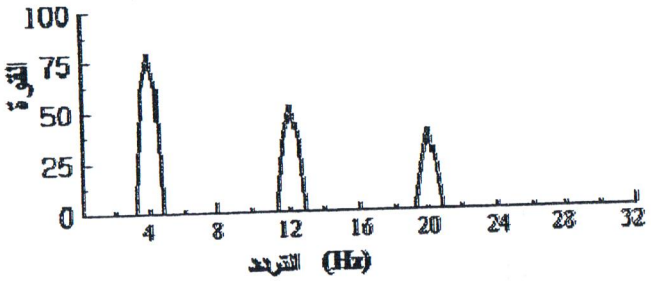

الشكل 34.2 التغير في التردد الأصلي Aliasing

وكذلك في الشكل 35.2 والذي يمثل موجة مربعية، وكما علمنا سابقا فإن الموجة المربعية هي عبارة عن مجموعة من الموجات الجيبية ذات التردد المنتظم والعلو المتناقض، فالموجة المربعية التالية لا يمكننا فيها حصر التردد الأعلى.




الشكل 35.2 موجة مربعية ذات تردد إجمالي يساوي 5 هيرتز

فمهما كان اختيارنا لمعدل مسح العينات فإن جميع الموجات ذات التردد الذي يكون أعلى من نصف معدل مسح العينات سينخفض ترددها الأصلي لينتشر إلى ما دون نصف معدل مسح العينات المختار، ليصبح لنا التمثيل الترددي للموجة المسترجعة كما هو بالشكل 36.2 والذي يمثل الوجه المسترجعة في المجال الترددي إذا كان معدل مسح العينات المختار يساوي 50 هيرتز. فنقول إن أعلى تردد للموجة نستطيع الحصول عليه هو أقل من نصف 50 هيرتز أي 25 هيرتز.




الشكل 36.2 التمثيل الترددي للموجة المربعية ذات معدل مسح العينات الذي يساوي 20 هيرتز



**مثال:**

موجة جيبية بتردد 500 هيرتز، ما هو أقل تردد عيني يمكن أن نستخدمه بدون أي انخفاض للجودة الصوتية؟

**الحل:**

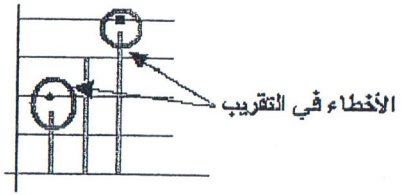
بما أن تردد الموجة هو 500 هيرتز والموجة جيبية فإن أعلى تردد لتلك الموجة هو أيضاً 500 هيرتز. فمعدل مسح العينات الأدنى وبدون انخفاض للجودة الصوتية حسب نظرية Nyquist هو

$500 \times 2 = 1000$ هيرتز.

## 1.8 التسوية Quantization

التسوية هي المرحلة الثانية من مراحل الترقيم للموجات الصوتية من النظام الخطي، وهي تتضمن إعطاء مستوى أو رقم لكل عينة ناتجة من عملية مسح العينات السابقة وتحويل هذه القيم إلى أرقام في المجال الثنائي Binary. وعدد هذه المستويات يحدد بعدد الـ Bits بيتس المستخدمة لكل عينة، فاستخدام Bit بيت واحد يعطينا مستويين، واستخدام اثنين من البيتس يعطينا 4 مستويات، وهكذا.....

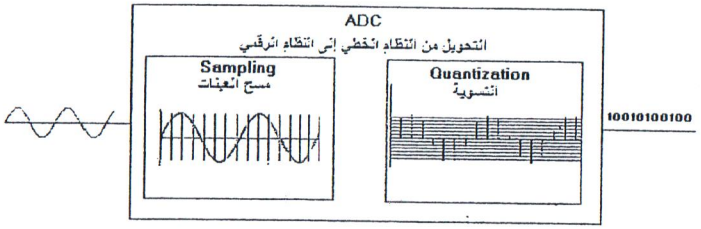
فعدد المستويات تساوي (2) قوة عدد البيتس. فالتسوية هي عبارة عن تمثيل كل عينة بأقرب مستوى معطى، وهذا ما يسمى أيضاً بعملية التقريب. فكلما قل عدد البيتس المستخدمة كلما كانت عملية التقريب ذات مسافات أكبر، أما الفرق بين القيمة الحقيقية والقيمة المقربة فيدعى خطأ التسوية كما هو موضح بالشكل 37.2.




الشكل 37.2 خطأ التسوية

وبالتالي، فكلما كبرت عملية التقريب نتيجة تصغير حجم العينة أو تقليل عدد البيتس المستخدمة لكل عينة، كبرت لدينا نسبة التغيير بالموجة الأصلية فتقل جودة الصوت ويكثر التشويش، ولكن بالمقابل يقل حجم الملف الصوتي. ولتفادي هذه الأخطاء فما علينا إلا أن نزيد عدد البيتس المستخدمة لكل عينة. وتسمى عدد البيتس المستخدمة لكل عينة بحجم العينة أو عمق العينة (Sample Depth). فإذا أخذنا القرص الليزري الصوتي فإن حجم العينة هو 16 أي 65536 مستوى. وحالياً تستخدم الاستوديوهات المتميزة حجم عينة يساوي 20 أي 1048576 مستوى وأحيانا تستخدم 24 أي 16777216 مستوى.

ومما تقدم نستطيع أن نلخص عملية التسوية فنقول إنها العملية التي من خلالها يكون القيم فيها محددة ومقطعة، وهي العملية التي تقرب القيم المتواصلة إلى قيم محددة أو صحيحة.




الشكل 38.2 التحويل من النظام الخطي إلى النظام الرقمي ADC

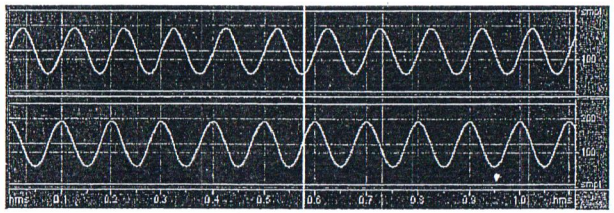


عمليتا مسح العينات والتسوية تمثلان العمليتين الأساسيتين لمرحلة تحويل الإشارة من النظام الخطي إلى النظام الرقمي. فتكون بعدها الإشارة أكثر جاهزية للتخزين أو النقل. ولكن قبل ذلك نحتاج إلى وضع المعلومات الناتجة في قالب أو ملف لنتعرف على البداية والنهاية للمعلومات التي تحتوي الصوت وكذلك كيفية التعامل مع المعلومات وفهمها. فإذا أعطي شخص العينات التالية 001010111001100 وطلب منه أن يرسم الموجة الناتجة فإنه لا يستطيع لجهله بعمق العينة ومعدل مسح العينات وغيرها من المعلومات الأساسية لفهم الموجة.

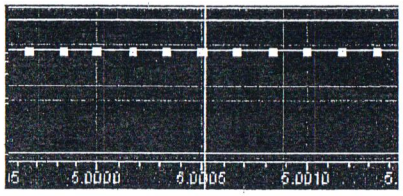
**مثال:**

من الموجة الجيبية المبينة في الشكل 39.2 والمكبرجزء منها في الشكل 40.2 ، احسب التالي:

1- التردد العيني.
2- تردد الموجة الخطي.
3- عمق العينة.



الشكل 39.2 الموجة الجيبية



الشكل 40.2 جزء مكبر من الموجة الجيبية

**الحل:**

عدد الدورات في الثانية إذا ما نظرنا إلى الشكل 39.2 يساوي 10 وهو تردد الموجة ويساوي 10 هيرتز.

أما إذا نظرنا إلى الشكل 40.2 فإن النقاط تمثل العينات. لذلك نجد هناك 6 نقاط في الفترة ما بين (5.0 – 5.001) ثانية فنقول بأن معدل مسح العينات يساوي.

$$\frac{6}{0.001} = 6000 \quad \text{هيرتز}$$

أما عمق العينة فنجد إذا ما أمعنا النظر في المحور العمودي للشكل 39.2بأن أعلى قيمة فيه تقارب الـ 250 أي تتراوح ما بين 200 إلى 300 فنقول أننا بحاجة الى قيمة س تحقق الشرط التالي

$$200 > س^2 > 300$$

فنجد أن قيمة س التي تحقق الشرط هي 8 لأن في حال أن س تساوي 9 فيكون الناتج 500 وفي حال أن س تساوي 7 فيكون الناتج 128 وهما بعيدان عن القيمة العليا للمحور العمودي. لذلك من خلال الشكل نقول بأن عمق العينة هو 8 بيتس.

## 1.9 الملفات الصوتية Audio Files

إن المعلومات التي نحصل عليها من عملية الترقيم ADC مثل 1001010000101، يمكننا أن نرسلها أو نخزنها كما هي، ولكن ذلك سيؤدي إلى عدم القدرة على فهم تلك المعلومات عند استقبالها أو استرجاعها. ومن الأسئلة التي قد نطرحها عند البدء في عملية التحويل الى النظام الخطي DAC، وهي العملية العكسية لـ ADC :

1. كم من البيتس استخدمت لتمثيل كل عينة؟



2. كم هو زمن الموجة الصوتية الممثلة بتلك المعلومات؟
3. كم من العينات أخذت لكل ثانية؟
4. ما هذه المعلومات وهل هي مضغوطة أم لا؟
5. هل هناك موجة واحدة أم اثنتين أم أكثر؟
6. ما هي نوعية الضغط المستخدم؟

إلى غير ذلك من الأسئلة.

ولتمكين مرحلة DAC من الفهم والتعامل مع المعلومات، نحتاج إلى تغليف هذه العينات الصوتية في ملف نجد فيه جميع الأجوبة عن تلك الأسئلة وغيرها التي نحتاجها، ويطلق عليها اسم رأس الملف.

تسمى الملفات التي تحتوي موجتين صوتيتين الأولى يمين والأخرى شمال (بملفات الستيريو) Stereo. وتسمى الملفات التي تحتوي موجة واحدة (بملفات المونو)Mono. وهناك أيضاً أصوات ذات موجات منفصلة متعددة تزيد عن اثنتين. وتحتوي ملفات الستيريو موجتين منفصلتين يمنى ويسرى بوضعية التداخل(Interleave) ونعني بذلك أن يكون تدفق العينات في الملف عينه لكل موجة في تدفق واحد مثل (ي ش ي ش ي ش.....) حيث تمثل (ي) عينة في موجة اليمين و(ش) عينة في موجة الشمال.

وهناك وضعية أخرى لملفات الستيريو، وتسمى المنفصل(Split) ، حيث يكون هناك ملفان: الأول يمثل الموجة اليمنى والآخر يمثل اليسرى. ومن الطبيعي أن يسمى الملف الأول باسمه الأصلي منتهيا بـ R، حيث أن R تمثل Right يمين، والملف الآخر بنفس الاسم منتهيا بـ L حيث أن L تمثل Left شمال.

**مثال:**

إذا كان ملف ستيريو بوضعية المنفصل اسمه *محاضرتي* ، فما هي أسماء الملفات التي تكون الملف الصوتي؟

**الحل:**

اسم الملف الذي يحتوي الموجة اليمنى: *R. محاضرتي*

اسم الملف الذي يحتوي الموجة الشمال *L. محاضرتي*

عند التعامل مع مثل هذا النوع الملفات من خلال البرمجيات الصوتية، فإن هذه البرمجيات تفتح كلا الملفين مع بعضهما في حالة الستيريو المنفصل. والجدير بالذكر أن اغلب الأقراص الليزرية لا تحتوي إلا الملفات الصوتية المتداخلة.

وهناك تصنيفان من الملفات يحتوي كل تصنيف مجموعة من أنواع الملفات ويحتوي الآخر أنواعاً أخرى. ويمكن لنوع واحد من الملف أن يستخدم أياً من التصنيفين، فيذكر نوع التصنيف المستخدم في رأس الملف. وهذان التصنيفان يكونان واضحين عندما تكون العينة بحجم 16 بيت أي بحجم 2 بايت، فتسمى الأولى بالعظمى والثانية بالصغرى. فيكون الملف بوضع Big Endian إذا سبق ترتيب الكبرى الصغرى وLittle Endian إذا سبق ترتيب الصغرى الكبرى في الملف.

وبالرغم من اختلاف أنواع الملفات الصوتية فإن أغلب البرامج الصوتية مثل Media Player وReal Audio تستطيع فهم وتحويل وتشغيل عدة أنواع من الملفات. وسنتعرف على بعض أنواع هذه الملفات لاحقاً وخصوصاً المستخدمة بكثرة منها.

تجمع الملفات الصوتية قيم العينات الرقمية بنموذج متعارف عليه يمكنها أن تخزنه في جهاز الحاسوب، أو تنقله إلى أجهزة حاسوبية أخرى، أو تضعه على الشبكة العالمية للتنزيل. وتختلف الملفات عن الأقراص الليزرية الصوتية، والتي غالبا ما تحتوي العينات الصوتية فقط بشكلها الأصلي، وذلك لأن المعلومات التي نحتاجها لفهم العينات على الأقراص ثابتة على جميع الأقراص الصوتية. فمعدل مسح العينات في الأقراص الصوتية يجب أن يكون 44.1 ألف هيرتز وعمق العينة يجب أن يكون 16 بيتس، أما



عدد الموجات المستخدمة فهي اثنتان وتمثل ستيريو. لهذا السبب فإن الأقراص الليزرية غالبا ما تحتاج إلى قراءتها وتغليفها في ملفات يحتوي رأسها تلك المعلومات وغيرها لتستطيع برامج الحاسوب فهمها قبل تشغيلها وسماع ما تحتويه.

وتتميز ملفات الصوت عن المراسلات والرسائل الكتابية وغيرها من الملفات التي تحتوي حروفاً بأن أحجامها كبيرة. فعلى سبيل المثال، حجم ملف صوتي يتصف بالصفات التالية 16 بيتس و44.1 كيلو هيرتز، وستيريو يحتاج إلى ما يقارب 172 كيلوبايت في الثانية (KB/s) مساحة للتخزين في حالة عدم ضغطه.

**مثال:**

ما المساحة التخزينية لملف صوتي عمق العينة فيه 16 بيتس وتردد العيني يساوي 22.05 كيلو هيرتز، ويمثل ستيريو وطوله 15 دقيقة؟

**الحل:**

يحتاج الملف إلى:

$$\frac{16 \text{ بيتس}}{\text{عينة}} \times \frac{22050}{\text{ثانية}} = 352800 \text{ عينة بيتس لكل ثانية لكل موجة}$$

أي 44100 بايت لكل ثانية لكل موجة إذا ما قسمنا الجواب على 8 (لأن البايت تمثل 8 بيتس) أو 43.1 كيلوبايت لكل ثانية لكل موجة. وبما أن الملف ستيريو أي موجتين فينتج عندنا قرابة $43.1 \times 2 = 86.2$ كيلوبايت في الثانية (KB/s) مساحة للتخزين في حالة عدم ضغطه. والملف في المثال طوله 15 دقيقة فيحتاج إلى ما يقارب $15 \times 60 \times 86.2 = 77580$ كيلوبايت.

وسنتعرف على وسائل متعددة للضغط لاحقاً في الوحدة الخامسة أما في هذه الوحدة فإن تعاملنا سيكون مع الملفات التي تحتوي معلومات غير مضغوطة أو خامة.

## 1.10 أنواع الملفات الصوتية المتداولة

هناك الكثير من نماذج الملفات الصوتية والمتداولة بين الناس وهي في تزايد مستمر. ومن أسباب اختلاف النماذج هي اختلاف البيئة الحاسوبية أو الأجهزة، فمنها ما يستخدم في أجهزة Mac ومنها في Sun وأخرى في IBM- Compatible. ومن أسباب تواجد الاختلافات أيضاً اختلاف أنواع الضغط المستخدم لضغط العينات واختلاف المعلومات التي قد تحتاجها البرمجيات لفك الضغط وإرجاع المعلومات الخامة. فمن هذه الملفات AC3، ra ، و MP3 وغيرها.

أما الملف الأكثر تداولاً والذي يحتوي المعلومات غير المضغوطة وصمم بالأصل لأجهزة IBM- Compatible فهي WAV. وقبل أن نفصل هذا النوع من الملفات سنعرض لكم موجزاً عن بعض النماذج من الملفات الصوتية المتداولة في الأجهزة والبرمجيات الصوتية.

### 1.10.1 MP3

وهي الطبقة الصوتية الثالثة ل MPEG-1 . حيث استطاع العلماء في نهاية العام 1978 أن يتوصلوا إلى طريقة قوية لضغط الصوت وإطلاق ما يسمى بـ ISO-MPEG Audio Layer 3. ومن أهم ميزات الـMP3 هي نسبة الضغط التي قد تصل إلى 1: 24 ضعف من الحجم الأصلي لملف الصوت، بينما لا تبعد الجودة كثيراً عن جودة الأقراص الليزرية الصوتية، وان الميزة بذلك هي نسبة الضغط والجودة معاً.

ويمتاز هذا النوع من الملفات أيضاً بخاصية تدفق الملف، فإن الملفات الصوتية ضمن هذا النموذج، كما سيأتي معنا لاحقاً، يمكن لها أن تسحب عبر الشبكة العالمية وتشغل معاً دون الحاجة إلى الانتظار لتنزيل أو سحب الملف كاملاً.



### 1.10.2 RA أو RAM أو RM

ويسمى أيضاً هذا النوع بـReal Audio . يتمتع هذا النموذج من الملف بخاصية التدفق التي شرحناها سابقا لأن الشخص يستطيع إنزال تلك الملفات من الشبكة العالمية وتشغيلها على الفور دون الحاجة للانتظار لتنزيل الملف كاملاً. وبالإمكان دمج هذا النوع مع الفيديو أو الصور المتحركة والحفاظ على خاصية التدفق أيضاً. ويمكن تشغيل هذا النوع من الملفات باستخدام برمجيات صوتية متعددة وأشهرها Real Audio . أما بالنسبة لجودة الصوت فإنها غالباً ما تتأثر كثيراً بسبب نسبة الضغط الكبيرة.

### 1.10.3 WAVE

هذا النموذج المتعارف عليه للملفات الصوتية الرقمية على أجهزة IBM Compatible . وعادةً ما تكون البيانات الصوتية فيها على نموذج الـ Pulse Code Modulation PCM والتي سنتطرق لها لاحقاً، أي بمعنى آخر فهي غير مضغوطة وتستخدم مساحة كبيرة على قرص التخزين. وسيأتي تفصيل لملفات WAV معنا لاحقاً.

### 1.10.4 AIFF

هذا النموذج المتعارف عليه للملفات الصوتية الرقمية على أجهزة الماكنتوش وعادةً ما تكون البيانات الصوتية فيها على نموذج الـ PCM أيضاً، أي بمعنى آخر هي غير مضغوطة وتستخدم مساحة كبيرة على قرص التخزين.

### 1.10.5 AU

وهي نماذج الملفات الصوتية المتعارف عليها في أجهزة الـ SUN وكذلك الحال فإن البيانات الصوتية غير مضغوطة. ولكن هذا لا يعني بأنه لا يمكن التعامل مع هذه الملفات سواء AU أوAIFF من خلال البرمجيات الموجودة على أنظمة التشغيل (النوافذ)

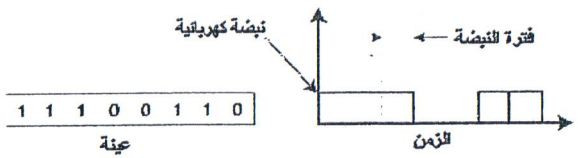
Windows على أجهزة IBM Compatible. بل إن بعض البرمجيات على أنظمة التشغيل النافذة مثل Media player تستطيع فهم وتشغيل مثل هذه الملفات.

## 1.11 خاصية تدفق الصوت Audio Streaming

خاصية تدفق الصوت هي عبارة عن آلية لتجنب مشكلة الحجم الكبير لملفات الصوت. فبدلاً من أن ينتظر المستخدم فتح وقراءة الملف كاملاً من خلال برنامج التشغيل وتحميله في ذاكرة الحاسوب، فإنه بهذه الآلية يستطيع البدء في سماع الملف الصوتي وذلك من خلال قراءة البرنامج الصوتي لجزء يسير من الملف. وهذه الآلية تستخدم بكثرة في استقبال الملفات من خلال شبكة الإنترنت وسماعها في نفس الوقت، وذلك حال وصول جزء يسير من الملف. وقد يحتاج أحياناً الى تخزين بيانات تعادل عدة ثوان من ملف الصوت وذلك لتغطية تأخر وصول بعض البيانات عبر الانترنت لكي لا يشعر السامع.

وتستطيع أن تستفيد من هذه الآلية كثيراً في نماذج الملفات الصوتية من خلال تغليف الملفات بنماذج تدفق مثل مايكروسوفت Active Streaming Format (ASF) والتي يمكن استخدامها لتغليف ملفات مثل WAV وWMA وغيرها.

### 1.11.1 Pulse Code Modulation - PCM




الشكل 41.2 Pulse Code Modulation



هو تمثيل مباشر للمعلومات الرقمية والتي تتمثل بـ (1 و صفر) من قيم العينات. فعندما نستقبل البيانات الصوتية على شكل PCM فإن 1 تتمثل بنبضة من التيار الكهربائي وصفر تتمثل بـ غياب نبضي من التيار. وهي الطريقة المشهورة لتخزين ونقل البيانات الرقمية غير المضغوطة. وبما أنها نموذج عام فإن أغلب البرامج الصوتية تستطيع قراءتها وفهمها. ويستخدم هذا النموذج في الأقراص الصوتية الليزرية وأشرطة الأصوات الرقمية، كما يستخدم في ملفات AIFF و الـ WAV. الشكل 41.2 يمثل PCM.

يأتي الصوت الرقمي في عدة أشكال وعدة نماذج وتأتي البرامج والأجهزة لتدعم هذه النماذج المختلفة من الصوت الرقمي ولكن قد يحدث أن تفشل بعض هذه الأجهزة والبرامج الصوتية بفتح ملف عندما تحاول ذلك، وهذا عادة ما يحدث عندما يكون نموذج الملف إما جديداً أو غير مشهور أو قديماً جداً، ومع ذلك فإنك دوماً تستطيع أن تجد البرامج من خلال الشبكة العالمية التي تحول الملفات الصوتية من نموذج إلى آخر أكثر شهرة.

وتلخيص ما سبق، أن الملف الصوتي يتكون عادةً من قسمين: المقدمة والمعلومات الصوتية. وتستخدم المقدمة لتخزين معلومات عن طبيعة الملف الصوتي ونوع النموذج المستخدم. ومن هذه المعلومات معدل مسح العينات، نوع الضغط المستخدم، وعدد البيتس لكل عينة. وأحياناً يستخدم التغليف لإضافة معلومات أخرى مثل حقوق الطبع وقدرة التدفق التابع للملف.

أما نماذج الملفات الصوتية الرقمية فهي تعكس طبيعة هيكلية المعلومات الصوتية المخزنة في الملف، وغالباً ما تحتوي مؤخرة اسم الملف دلالة النموذج المستخدم للملف، ويمثل الجدول 2.2 التالي بعض النماذج المستخدمة في الملفات الصوتية والمؤخرات الاسمية وهيكلية المعلومات الصوتية.

| نموذج الملفات | مؤخرة إسم الملف | نموذج المعلومات الصوتية |
|---|---|---|
| AIFF (Mac) | .aif, .aiff | PCM |
| AU (Sun/Next) | .au | u-law |
| CD audio (CDDA) | N/A | PCM |
| MP3 | .mp3 | MPEG Audio Layer-III |
| Windows Media Audio | .wma | خاص بميكروسوفت (Microsoft) |
| QuickTime | .qt | خاص بأبل (Apple Computer) |
| RealAudio | .ra, .ram | خاص (Real Networks) |
| WAV | .wav | PCM |

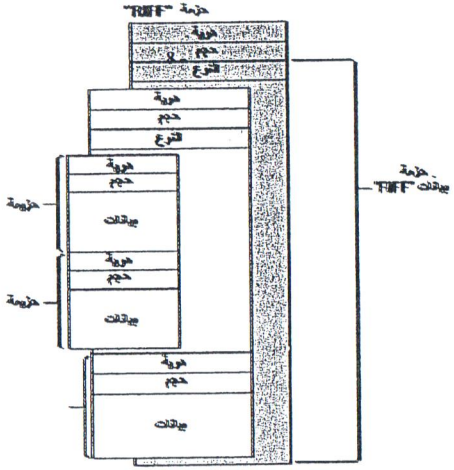
الجدول 2.2 نماذج الملفات

## 1.12 الملف الصوتي الرقمي WAV

هذا هو النموذج المتعارف عليه في الملفات الصوتية الرقمية على أجهزة الحاسوب PC ذات نظام تشغيل النوافذ Windows. وتستخدم هذه الملفات هيكلية الـ PCM شكلاً من أشكال المعلومات الصوتية غير المضغوطة. لذلك فإننا نتوقع من ملف الـ WAV أن يأخذ الحيز الكبير وأن يحتاج إلى سعة كبيرة للتخزين.

ونموذج ملف WAV هو عبارة عن جزء من مواصفات RIFF *Resource Interchange File Format* التابع لميكروسوفت والذي يعطي ضوابط لتخزين ملفات الـ Multimedia. يبدأ ملف الـ RIFF بمقدمه ويتبعها بحزم متتابعة من البيانات كما في الشكل 42.2. وملف WAV هو عبارة عن ملف RIFF كما في الشكل 43.3 ولكن بحزمتين تمثل الأولى معلومات النموذج التي تصف البيانات الصوتية، والثانية تحتوي البيانات الصوتية نفسها أي العينات الصوتية. ويوضح الشكل ترتيب المعلومات في الملف وحجم كل معلومة بوحدة البايت. فتبدأ بأحرف أربعة RIFF وحجمها أربعة بايت وتنتهي ببيانات العينات.






الشكل 42.2 مواصفات RIFF

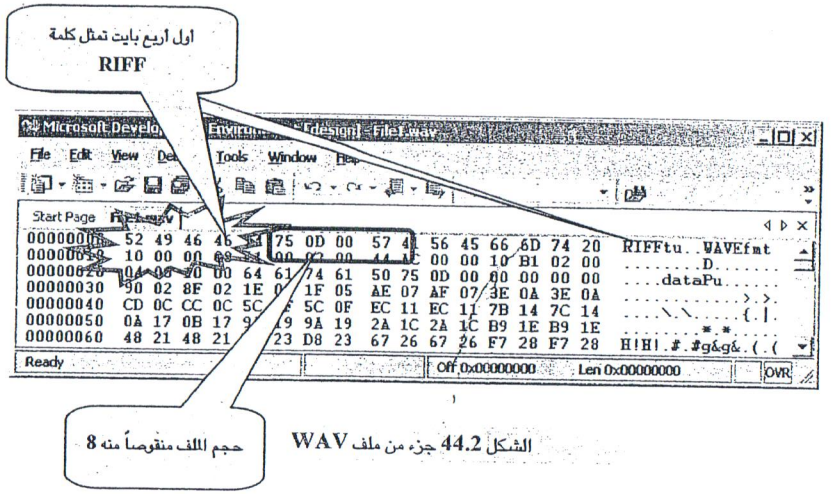
الشكل 43.2 ملف WAV

## مثال

إذا كان الشكل 44.2 التالي يبين أول مائة بايت من ملف WAV فما هو حجم الملف؟

## الحل

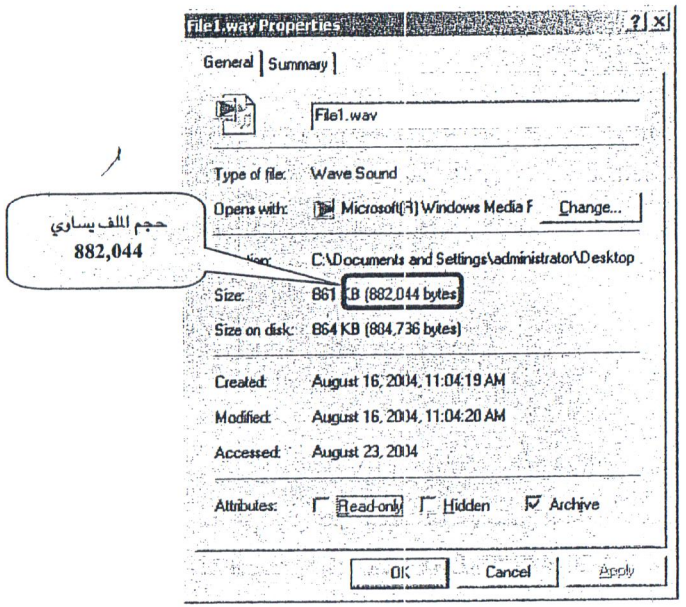
كما هو متوقع فإننا نجد أول أربع بايت منها تمثل كلمة RIFF أما الأربع بايتس اللاحقة فإنها تمثل حجم الملف منقوصاً منه الثمانية الأوائل.




الشكل 44.2 جزء من ملف WAV

وكما هو مبين أعلاه، فإن حجم الملف منقوصاً منه الثمانية يساوي $0\times D7574$ بالنظام السداسي. وهذا يعادل882,036 بالنظام العشري. وإذا لاحظت فإننا عكسنا ترتيب البايتس (ليس البيتس) وذلك لأن ترتيبها في الملف يكون معكوساً في الأصل، أي يخزن البايت الأصغر ترتيباً قبل الأكبر. وإذا أضفنا 8 بايتس فيكون حجم الملف يساوي 882,044 بايت. ولتتأكد من ذلك إذا علمت موقع الملف، قم باختيار صفات الملف من خلال النقر على يمين الفأرة بعد اختيار الملف، وسيظهر لك كما هو في الشكل 45.2.






الشكل 45.2 صفات الملف من خلال ويندوز

## نشاط

يهدف هذا التدريب إلى تعميق الفهم بنموذج الملف الصوتي الرقمي WAV وسنقوم في هذا التدريب بدمج ملفين صوتيين في ملف واحد من خلال التعامل مع المعلومات الرقمية الموجودة داخل الملف.

تحتاج في هذا التدريب إلى القيام بالخطوات التالية:

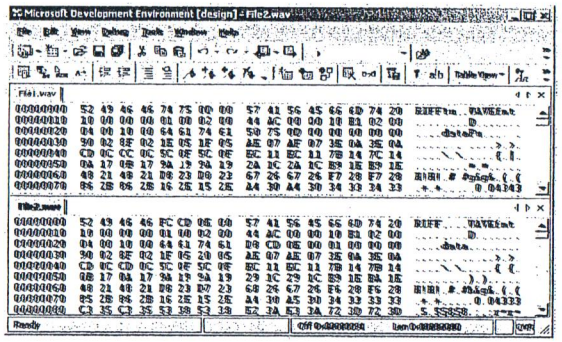
1. أنشىء الملف الأول وذلك باستخدام أحدى البرمجيات الجاهزة مثل Adobe Audition لتكون مواصفاته كالتالي:
   - معدل مسح العينات $KH_Z44.1$
   - 16 بت لكل عينة.
   - ستيريو

ومن خلال الميكروفون عد جهراً من 1 إلى 5 بعد الضغط على زر التسجيل ومن ثم قم بتخزينه.

1. انشىء ملفاً آخر بنفس المواصفات وعد جهراً من 6– 10ومن ثم قم بتخزينه.
2. افتح الملف الأول ومن ثم الآخر من خلال برنامج يستطيع قراءة الملف قراءة خامة، أي يظهر المعلومات بشكل بايتس Bytes أي بالنظام الثنائي. ومن هذه البرامج VStudio.
3. المطلوب دمج الملفين في واحد ليحتوي صوتك الذي تعد فيه من 1 –10. وللقيام بذلك نحتاج إلى تعديل أحد الملفين. فلنأخذ على سبيل المثال الملف الأول، فنقوم بما يلي:

- نقل العينات الصوتية فقط من الملف الثاني إلى الملف الأول.
- تغيير المعلومة التي تدل على حجم الملف لتعكس الحجم الجديد.
- تغيير المعلومة التي تدل على حجم العينات لتعكس الحجم الجديد من العينات.

إذا قمنا نحن بذلك نحصل على الملفين الموضحين في الشكل 46.2. ويجب أن ننتبه إلى أن الملفين الذين حصلنا عليهما ليسا من الضروري أن يطابقا الملفين اللذين حصلت أنت عليهما، وذلك لأن الزمن لكل منهما قد يختلف عن ذلك في الملفات التي حصلت عليهما فقد نحتاج نحن إلى 5 ثوان للعد، بينما تحتاج أنت إلى أكثر أو أقل.




الشكل 46.2 تمثيل ثنائي للملفين الصوتين في النشاط



من الشكل نستطيع أن نلخص التالي:

| | الحقل | القيمة السداسية حسب الملف | القيمة السداسية الصحيحة | القيمة العشرية الصحيحة |
|---|---|---|---|---|
| الملف الأول | حجم العينات | 50 75 0D 00 | D7550 | 882000 |
| | حجم الملف – 8 | 74 75 0D 00 | D7574 | 882036 |
| الملف الثاني | حجم العينات | D8 CD 0E 00 | ECDD8 | 970200 |
| | حجم الملف – 8 | FC CD 0E 00 | ECDFC | 970236 |

ولاستخراج الأحجام الجديدة عند الدمج نجمع التالي:

(حجم الملف – 8) للملف الأول + (حجم العينات) للملف الثاني = (حجم الملف –8) للملف الجديد.

(حجم العينات) للملف الأول + (حجم العينات) للملف الثاني = (حجم العينات) للملف الجديد.

فنحصل على التالي:

| | الحقل | القيمة العشرية الصحيحة | القيمة السداسية الصحيحة | القيمة السداسية حسب الملف |
|---|---|---|---|---|
| الملف الجديد | حجم العينات | 1852200 | C43281 | 81 32 C4 00 |
| | حجم الملف – 8 | 1852236 | C434C1 | C1 34 C4 00 |

نعدل القيم في الملف كما في الجدول أعلاه.

وأخيراً ننسخ البيانات التي تمثل العينات من الملف الثاني ونلصقها بعد نهاية البيانات التي تمثل العينات في الملف الأول. فيكون بذلك الملف الأول والذي يمثل دمج الملفين. إحفظ الملف ومن ثم استخدم أي برنامج صوتي لتشغيل الملف ولاحظ طوله بالثواني واسمع العد من 1 – 10.

## 1.13 الملف الصوتي الموسيقي MIDI

وضع نظام الميدي لفهم المعلومات الموسيقية وتسهيل التعامل معها وجعل انتقالها بين الأجهزة الموسيقية أمراً ممكناً. ويسمح النظام للأجهزة مثل الحاسوب والآلات الموسيقية بالتحكم ببعضها البعض. وقد تطور هذا النظام ليمكن أجهزة الحاسوب من إنشاء أصوات موسيقية تجعل منه جهازاً موسيقياً.

صمم بروتوكول الميدي ليستخدم في الآلات الموسيقية من خلال ترابط واضح بينها وبين الحاسوب. وهذا الترابط كان في بادئ الأمر في اتجاه واحد وبسرعة 31250 بيتس في الثانية. ورسائل الميدى مختصرة بشدة وذلك لبطئ الترابط. وتحتوي أغلب الرسائل (بايتاً) يحتوي رقم النغمة وأمراً ومن ثم (بايتاً) أو اثنين من المعلومات الأخرى.

ومن خاصية ملفات الميدي بأنها صغيرة الحجم جداً مقارنة مع الطول الزمني لها. وذلك لعدم الحاجة لعينات صوتية بل لرسائل تحتوي أوامر. لذلك يقتصر ملف الميدي على النغمات الموسيقية ولا يستطيع احتواء أي أصوات أخرى كصوت الإنسان أو غيره. أما مؤخرة اسم ملفات المبدي فهوMIDI .





- موجات تنتج من اهتزاز أجسام وتنتقل عبر وسيط ما من مكان لآخر
- ملتقط الصوت الميكروفون يصدر إشارات كهربائية تتناسب مع كثافة اهتزازات جزيئات الوسيط الناقل للأمواج.
- الميكروفون سواء أكان الميكروفون الديناميكي أوالميكروفون المكثف هو عبارة عن جهاز بسيط يلتقط الأمواج الصوتية ليحولها إلى طاقة كهربائية.
- السماعات تشكل الجهاز العكسي لذلك والذي يحول التيار الكهربائي إلى موجات صوتية تتناسب مع شدة التيار.
- الموجات الصوتية خصائص عدة يتميز بها صوت عن الآخر. مثل التردد والطاقة والزاوية .
- الموجات الصوتية ذات التردد العالي تجعل المسافة بين مناطق الضغط المتتالية أو مناطق الرخاوة المتتالية صغيرة، وبالعكس فان الموجات الصوتية ذات التردد المنخفض تجعل المسافة بين مناطق الضغط المتتالية أو مناطق الرخاوة المتتالية كبيرة .
- تعتمد الطاقة المنقولة إلى الوسيط على طول المسافة المقطوعة عند الاهتزاز يميناً وشمالاً بجزيئات الوسيط الناقل للأمواج .
- الزاوية خاصية تصف العلاقة بين موجة صوتية وأخرى لتكون علاقات مثل التداخل الهادم والتداخل البناء .
- تمثل الموجة الصوتية أو الإشارة الكهربائية إما بالتمثيل في المجال الزمني و التمثيل في المجال الترددي .
- للمحافظة على جودة الصوت عند النقل أو التخزين يجب تحويل الإشارات من النظام الخطي إلى النظام الرقمي .

- من المراحل الأساسية لتحويل الإشارات من النظام الخطي إلى النظام الرقمي مرحلتان تسمى الأولى مسح العينات (Sampling) والأخرى التسوية(Quantization) .
- مسح العينات هي أخذ عينات من الإشارة الخطية المتواصلة في فترات زمنية متساوية .
- نظرية نكويست تقول إن معدل أخذ العينات للموجة الخطية يجب أن يكون على الأقل ضعف أكبر تردد للموجة الخطية .
- إلياسنغ Aliasing ينتج عندما يكون معدل مسح العينات أقل من ضعف تردد النكويست .
- التسوية هي إعطاء مستوى أو رقم لكل عينة ناتجة من عملية مسح العينات السابقة وتحويل هذه القيم إلى أرقام في المجال الثنائي Binary .
- تجمع الملفات الصوتية قيم العينات الرقمية بنموذج متعارف عليه يمكنها أن تخزن في جهاز الحاسوب.
- هناك الكثير من نماذج الملفات الصوتية المتداولة بين الناس وهي في تزايد مستمر.
- WAVE هو النموذج المتعارف عليه للملفات الصوتية الرقمية على أجهزة IBM Compatible .
- ملف WAV هو عبارة عن جزء من مواصفات RIFF Resource Interchange File Format التابع لميكروسوفت .
- صمم بروتوكول الميدي لتستخدم في الآلات الموسيقية من خلال ترابط واضح بينها وبين الحاسوب .

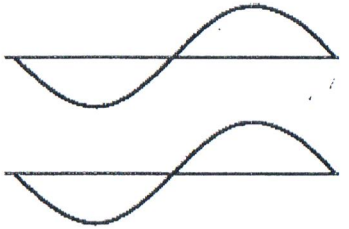


## المراجع

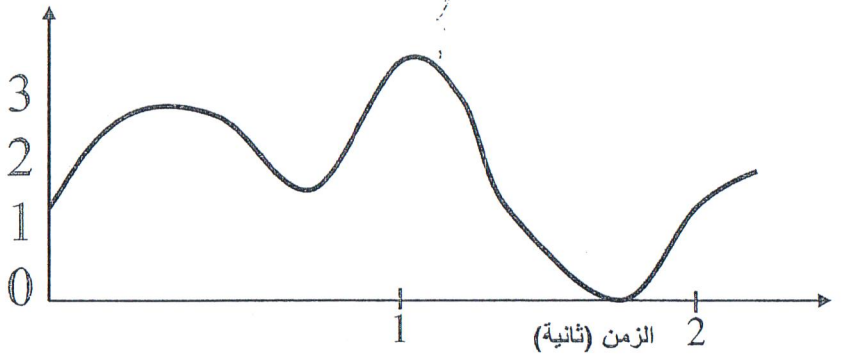

- Middleton C. and Zuk A. (2003) The Complete Guide to Digital Audio: A comprehensive Introduction to Digital Sound and Music-Making. Muska & Lipman Pub.
- PCTechGuide (2004) http://www.pctechguide.com
- Steinmetz R. and Nahrstedt K. (2002) Multimedia Fundamentals Volume I: Media Coding and Content Processing 2nd Ed. USA: Prentice Hall.

## تمارين وتدريبات

1. اذكر اختلافين بين جهاز الميكروفون وجهاز السماعة؟
2. عند مزج الموجتين المبينتين في الشكل كيف تتوقع شكل الموجة الناتجة؟ وماذا يطلق على هذه العلاقة؟



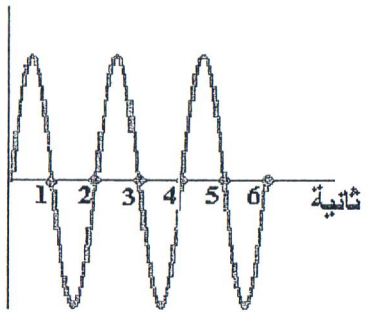
3. هل تؤثر طاقة الصوت على وضوح الخطأ التقريبي؟
4. الموجة في الشكل تمثل موجة صوتية في المجال الزمني وفي النظام الخطي. مطلوب منك تحويل تلك الموجة إلى نظام رقمي باستخدام تردد عيني مقداره 4 هيرتز وعمق العينة يساوي 2 بيت.



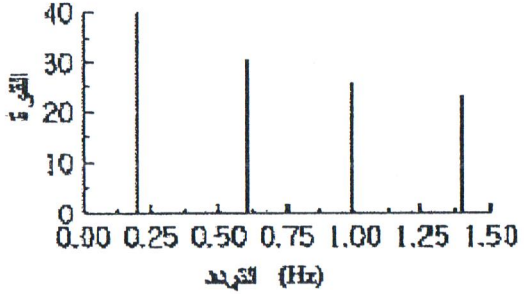

5. كيف يكون شكل الأمواج الصوتية على القمر وكم سرعة الصوت هناك؟
6. ما هو أقل تردد تتأذى بعده طبلة الأذن ؟



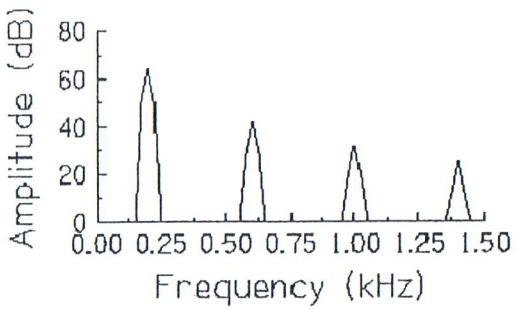
7. ما هي القيمة بالدسابل لموجة صوتية كثافتها 316 ضعف حد السمع؟
8. هل يستطيع الإنسان سماع الأصوات ذات الطاقة العالية والتي تفوق 160 ديسابل؟
9. ارسم جهاز السماعة مبيناً أجزاءه؟
10. لماذا تتولد الكهرباء في ملف كهربائي عند تحريك المغناطيس داخله؟
11. عدد ثلاثًا من خصائص الموجة الصوتية.
12. جد سرعة الصوت خلال خمس وسائط تكون منها وسائط جامدة وأخرى سائلة وأخرى غازية، وقارن بينهم .
13. ما قيمة الزاوية في العلاقة الهادمة بين موجتين صوتيتين وما قيمتها في العلاقة البناءة ؟
14. ما هي وحدة الكثافة الصوتية؟
15. احسب تردد الموجة الجيبية المبينة في الشكل .




16. اذكر تمثيلين للموجة الصوتية يمكننا الاستعانة بهما لمعرفة خصائصها .
17. استخرج معادلة فورير من الموجة الجيبية التالية $f(t) = 2 \sin at$ .
18. ما هو أعلى تردد للموجة الصوتية التي تتمثل بالشكل التالي؟

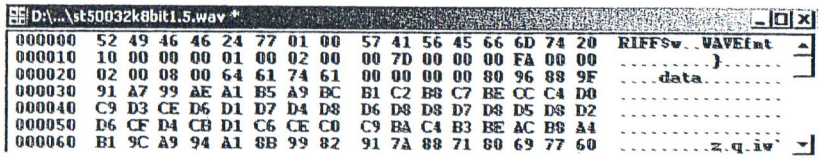



19. متى يكون خطأ التسوية وكيف يمكن تفاديه؟
20. ما هو معدل النيكويست لموجة أعلى تردد فيها يساوي 200 هيرتز؟
21. كيف تقلل أخطاء التسوية؟
22. هل نستطيع تطبيق نظرية النيكويست على موجة مربعية؟
23. كم من البيتس نحتاج إذا أردنا استخدام 30 قيمة مختلفة في عملية التسوية؟
24. ما هو Aliasing وكيف يمكن تفاديه؟
25. ما هو أصغر تردد عيني يمكنك اختياره دون أن تؤثر على جودة الصوت للإشارة الممثلة في المجال الترددي المبين في الشكل التالي.

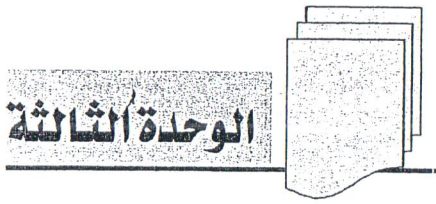





26. عرف الإشارات التالية :
    أ. النظام الخطي.
    ب. المجال الزمني.
    ج. المجال الترددي.
    د. النظام الرقمي.
    ه. النظام الخطي المتقطع.
27. إذا كان لدينا ملف صوتي بجودة CD – Audio وإن طوله 15 دقيقة فكم يكون حجمه التقريبي إذا كانت المعلومات غير مضغوطة؟
28. هل يمكن للملف أن يحتوي أكثر من موجة؟
29. عدد ثلاثة نماذج من الملفات التي تحتوي عينات صوتية غير مضغوطة؟
30. يمثل الشكل المعلومات الأولى المخزنة في ملف WAV إذا علمت أن معدل مسح العينات هو 32 ألف هيرتز وأن الموجة عبارة عن ستيريو وأن عمق العينة هو 8 بيتس فكم من الزمن يستغرق طول هذه الموجة؟


D:\...\st50032k8bit1.5.wav *

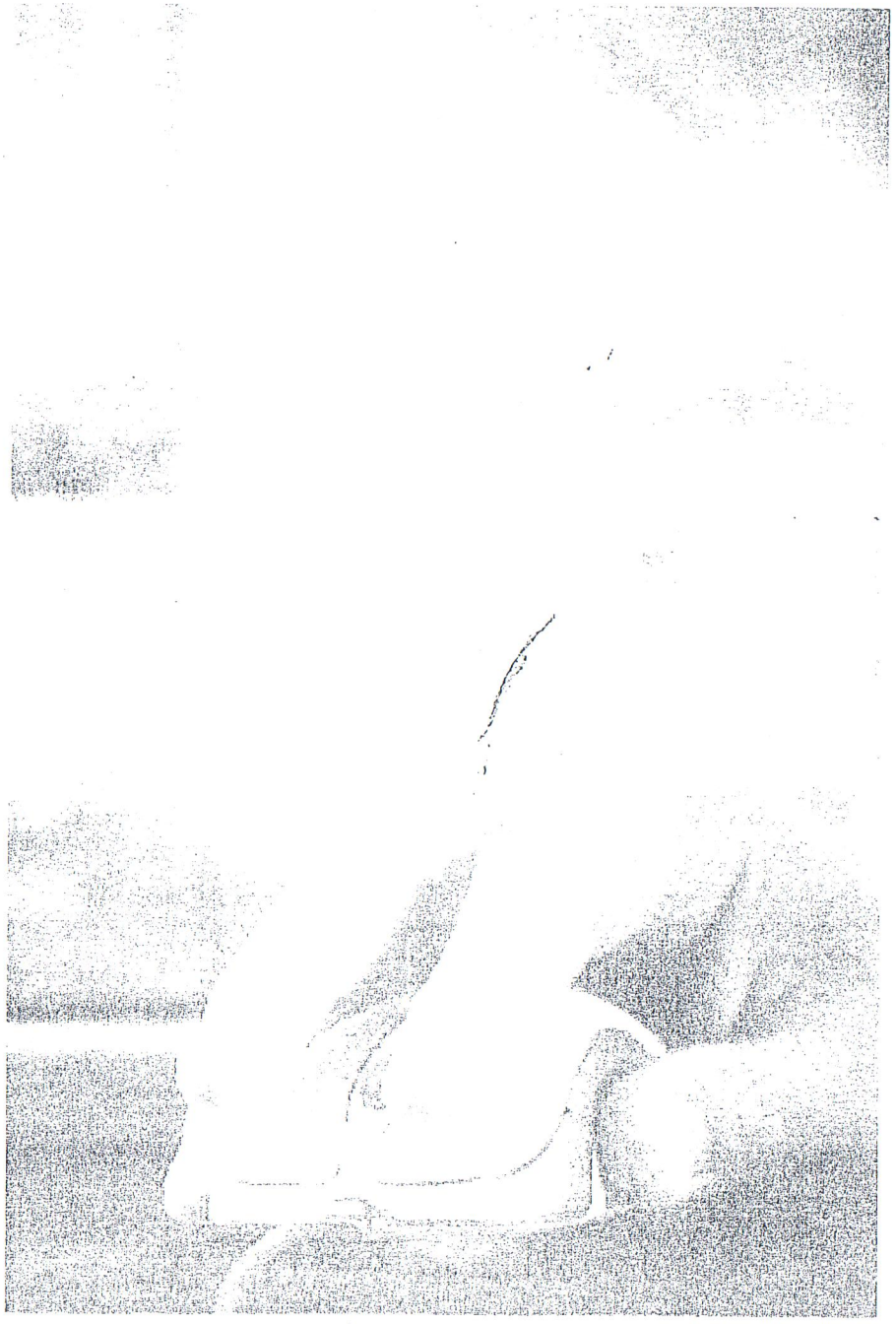
```
000000  52 49 46 46 24 77 01 00  57 41 56 45 66 6D 74 20  RIFFSw..WAVEfmt
000010  10 00 00 00 01 00 02 00  00 7D 00 00 00 FA 00 00  .........}......
000020  02 00 08 00 64 61 74 61  00 00 00 00 80 96 88 9F  ....data........
000030  91 A7 99 AE A1 B5 A9 BC  B1 C2 B8 C7 BE CC C4 D0  ................
000040  C9 D3 CE D6 D1 D7 D4 D8  D6 D8 D8 D7 D8 D5 D8 D2  ................
000050  D6 CF D4 CB D1 C6 CE C0  C9 BA C4 B3 BE AC B8 A4  ................
000060  B1 9C A9 94 A1 8B 99 82  91 7A 88 71 80 69 77 60  .........z.q.iw`
```



الوحدة الثالثة

# الصورة الرقمية ومعالجتها

# Digital Image Processing



لا بد أنك قد شاهدت صورة عبر جهاز الحاسوب، ولا بد أنك قد لاحظت اختلافها، ولو بعض الشيء عن تلك التي تحصل عليها عند تحميض الأفلام المصورة بالكاميرا العادية. تحاول هذه الوحدة أن تشرح لك أسباب هذا الاختلاف، مزاياه وعيوبه. كما تعرض الوحدة لطرق إدخال الصورة وعرضها، ويشمل ذلك الصور ذات المصادر الخارجية كالكاميرات الرقمية أو العادية.

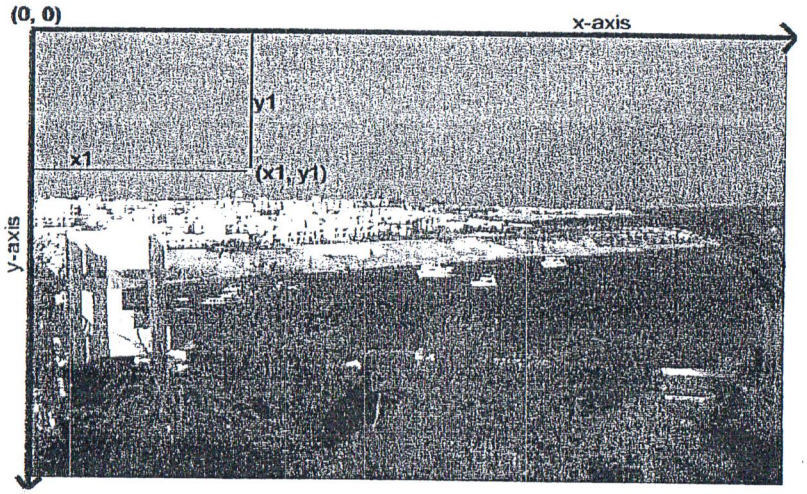
ويبقى أهم ما أدخله الحاسوب إلى عالم الصور هو إمكانية معالجة الصور وتعديلها أو تغييرها. فأصبح بإمكانك اليوم إنتاج صورة رقمية تظهر فيها أمام برج إيفل أو تاج محل أو جسر لندن! كل ذلك باستخدام طرق معالجة الصور المختلفة. كما تتيح لك هذه الوحدة إمكانية اختبار مثل هذه الوسائل المختلفة لمعالجة الصور باستخدام برمجيات متوفرة على أجهزة الحاسوب الشخصية مثل برنامج Photoshop. وقد تهدف معالجة الصور أحيانا إلى تعديل الصورة لإزالة شوائب فيها وتحسين نوعيتها. مثل هذه الطرق تجد الكثير من التطبيقات في تعديل الصور الفوتوغرافية خصوصا القديمة منها والتي أثرت عوامل الزمن سلبا على نوعيتها.

## 1. تمثيل بيانات الصورة الرقمية

### 1.1. بيكسل (نقطة ضوئية) وإحداثياتها

تقسم الصورة – كما هو الحال في شاشة التلفزة أيضا– إلى مجموعة من النقاط الضوئية والمسماة بيكسل Pixel. يمكن ملاحظة هذه النقاط المضيئة عند الاقتراب بشكل كاف من هذه الشاشة. لكن مشاهدة الشاشة عن بعد يؤدي إلى دمج هذه النقاط معاً في دماغ الإنسان لتظهر كأنها نسيج واحد يشكل الصورة الضوئية. لذا فإن العقل البشري لا يميز بين هذه النقاط بل يجمعها معا ليشكل المشهد المرئي.

يقوم جهاز الحاسوب بتخزين الصورة وعرضها اعتماداً على البيكسل. حيث تخزن الصورة على شكل مجموعة من النقاط كما يبين الشكل 1.3:




شكل 3. 1 التمثيل النقطي للصورة

يكون الطرف العلوي الأيسر من الصورة هو نقطة الانطلاق حسب الفهم الحوسبي للصورة. حيث يمثل محور السينات بالحد العلوي للصورة ومحور الصادات بالحد الأيسر لها كما هو مبين في الشكل 1.3. وعليه فإن البيكسل المبين يتم ترميزه حسب بعده العمودي (الصادي) والأفقي (السيني) عن نقطة الأصل (0، 0). وهكذا فإن الصورة تكون عبارة عن مجموعة من البيكسلات الصغيرة التي تكون الصورة أفقياً ورأسياً. وتمتد هذه البيكسلات الصغيرة لتشمل الصورة كلها.

## 2.1. التمايز Resolution

يعرّف التمايز Image Resolution بأنه درجة الدقة في تمثيل الصورة، حيث يمثل التمايز بعدد النقاط الضوئية أو عدد البيكسلات في الصورة. فكلما زاد عدد البيكسلات زادت الدقة في الصورة وبالتالي زاد التمايز.

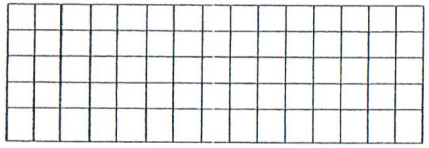


كما يعتمد التمايز في عرض الصورة على إمكانيات الشاشة أو جهاز العرض المقدم. فتتيح الشاشات المستخدمة في أجهزة الحاسوب الشخصية PC إمكانية تعديل التمايز في الشاشة بزيادة أو تقليل عدد البيكسلات فيها. ومن أمثلة التمايز المستخدمة في الشاشات: 800×600، 1024×768، 1280×960. وكما هو واضح من هذه الأرقام أن التمايز 800×600 يتكون من 480000 نقطة مضيئة على الشاشة في حين يوفر التمايز 1280×960ما مقداره 1228800 نقطة مضيئة على الشاشة!

واعتماداً على تمثيل الشاشة وتمايز الصورة فإننا نعرض الصورة الموجودة أمامنا. فإذا تكونت الصورة من 100 بيكسل مضيئة أفقياً و100 بيكسل مضيئة عمودياً فإنها تكون في المجموع الكلي مكونة من 10000 بيكسلاً. ويمثل تمايز الصورة عادة بطريقة: 100×100، حيث يبين هذا التمثيل عدد البيكسلات العمودية والأفقية وبالتالي تمايز الصورة الكلي.

**مثال**

يظهر الشكل التالي عدد البيكسلات في الصورة. ما هو تمايز هذه الصورة؟

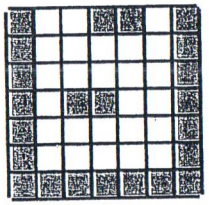


**الحل:**

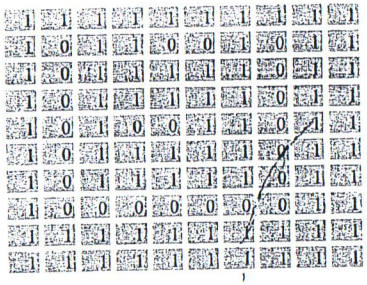
تتكون الصورة من 15 بيكسلاً أفقياً و 5 بيكسلات عمودية. أي أنها تحتوي 75 بيكسلاً. تمايز هذه الصورة هو 15×5.

ويقوم الحاسوب بتخزين معلومات تتعلق سباللون حول كل بيكسل. فلنأخذ على سبيل المثال الصور التي تمثل فيها البيانات بالأبيض والأسود فقط، ولنقترح أن الأسود يمكن تمثيله بالرمز صفر (0) في حين يمثل اللون الأبيض بالرمز واحد (1). في هذه

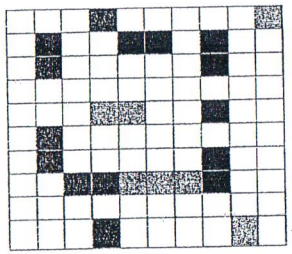
الحالة فإن الحاسوب يخزن الرقم صفر عند كل بيكسل أسود، والرقم واحد عند كل بيكسل أبيض كما في المثال التالي:



الصورة أعلاه مكونة من 100 بيسكسل (10×10)، وبالتالي يمكن تخزين المعلومات حول كل بيكسل كما يلي :



وهكذا فإن كل بيكسل في المثال السابق يمثل اللون الأبيض أو الأسود بbit واحد فقط. أما لو استخدمنا 2 bit لتمثيل كل بيكسل فإننا نصبح أمام أربع درجات مختلفة كما في المثال التالي:





وباستخدام 2 bits، يمكن تمثيل اللون الأبيض ب 11، واللون الرمادي الفاتح 10، واللون الرمادي الغامق بـ 01 بينما يمثل الأسود بالرمز 00. وبالتالي يمكن تخزين المعلومات حول كل بيكسل كما يلي:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 11 | 11 | 01 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 |
| 11 | 00 | 11 | 11 | 00 | 00 | 11 | 00 | 11 | 11 |
| 11 | 01 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 00 | 11 | 11 |
| 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 11 | 11 | 00 | 11 | 11 |
| 11 | 01 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 11 | 01 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 00 | 11 | 11 |
| 11 | 11 | 01 | 01 | 10 | 10 | 10 | 00 | 11 | 11 |
| 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 11 | 11 | 11 | 00 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 |

ويسمى عدد الbits المستخدمة في تمثيل اللون في الصورة بالتمايز اللوني Color Resolution. وهكذا يمكنك أن تميز بين نوعين من التمايز: تمايز الصورة وهو عدد البيكسلات في الصورة، والتمايز اللوني وهو عدد الbits المستخدمة في تمثيل لون كل بيكسل في الصورة. وبزيادة التمايز اللوني فإنه يمكن تمثيل عدد أكبر من الألوان. فإذا استخدمنا 8 bits مثلاً في تمثيل اللون فإنه يصبح بإمكاننا تمثيل 256 لوناً مختلفاً. ويسمى هذا التمثيل (8 bits لكل بيكسل)، بالتدرج الرمادي Gray Scale. وإذا استخدمنا 24 bits فإننا نصبح قادرين على أن نمثل 16777216 لوناً مختلفاً، وهكذا.

أي أن عدد الألوان = $2^{\text{التمايز اللوني}}$

**مثال**

إذا كان التمايز اللوني في الصورة هو 6 bits فما هو عدد الألوان التي يمكن تمثيلها في تلك الصورة؟

**الحل:**

التمايز اللوني هو عدد bits المستخدمة لتمثيل اللون في كل بيكسل. فالعدد 6 يرمز إلى 6 bits/pixel. وباستخدام 6 bits فإنه يمكننا تمثيل $2^6$ قيمة مختلفة وتساوي 64 قيمة مختلفة، أي 64 لوناً مختلفاً.

ويسهل الاستنتاج أن التمايز بنوعيه: تمايز الصورة والتمايز اللوني، يحدد الحجم التخزيني للصورة. فكلما زاد عدد البيكسلات في الصورة، احتاجت مساحة تخزينية أكبر. وكلما زاد عدد الbits المستخدمة في تمثيل كل بيكسل، زادت بالطبيعة المساحة التخزينية للصورة.

| |
|---|
| حجم الصورة = تمايز الصورة x التمايز اللوني<br>Image File Size = Image Resolution x Color Resolution |

**مثال:**

صورة مكونة من 100×100 بيكسل، واستخدم التدرج الرمادي (8 bits) في تمثيل كل بيكسل، إحسب حجم الصورة.

**الحل:**

حجم الصورة $= 100\times100\times8=80000\,bits=80\,Kbit=10\,KB$

تذكر:

1Byte (B) = 8 bits (b)
1000b = 1 Kb
1000Kb = 1 Mb

وأحيانًا تحسب

1024b = 1 Kb



## 2. الفضاء اللوني

تحدثنا في القسم السابق عن تمثيل الصورة بالألوان: الأبيض، الأسود والرمادي. ولكن الصور الملونة تبقى هي الأوسع انتشاراً في الصورة المحوسبة. ولا زال البحث مستمراً عن التمثيل الأنسب للألوان. ذلك أن الألوان الحقيقية في العالم لا حصر لها، لكن الحاسوب يحاول فقط تمثيل أكبر قدر من هذه الألوان بشكل يجعل من الممكن لنا أن نرى الصور الحاسوبية ونشعر أنها صور واقعية.

وقد وضع العلماء عدة أنظمة لتمثيل اللون في الحاسوب. لعل أشهر هذه الأنظمة هو ذاك المستمد من تمثيل الألوان في التلفاز والسينما. ذلك أن التلفاز يمثل اللون على شكل مزيج من ألوان ثلاثة رئيسة هي: الأحمر، الأخضر والأزرق. ولذا كان من الطبيعي أن يحاول علماء الحاسوب اقتباس هذا التقسيم التلفزي وتطبيقه. وقد سمي هذا الفضاء اللوني (RGB Red) Green, Blue.

لكن العلماء لم يكتفوا بهذا الفضاء اللوني وحده، وحاول كثير منهم استكشاف فضاءات لونية أخرى وطرق أخرى للتمثيل اللوني. ذلك أن التمثيل اللوني: (أحمر، أخضر، أزرق) ليس مستمداً من فهم الإنسان للألوان، وإنما هو تمثيل من ابتكار الإنسان ليس إلا. يقوم هذا القسم من الوحدة باستعراض الفضاءات اللونية شائعة الاستخدام بشكل تفصيلي.

### 1.2. RGB

كما أوضحنا في المقدمة سالفة الذكر، فإن الفضاء اللوني المسمى RGB مشتق من التمثيل التلفزي للألوان.

في الفضاء اللوني RGB يستخدم 24 bits لتمثيل اللون في كل بيكسل من الصورة. فإذا أخذنا بيكسلاً واحداً فإننا قد نجد تمثيل اللون لهذا البيكسل على الشكل:

110110010011101100001111

ولفهم هذا التمثيل فإنه يجب أن نعلم أن كل 8 bits تمثل أحد الألوان الثلاثة الرئيسة: الأحمر، الأخضر والأزرق. وهكذا فإنه يمكن تقسيم هذا التمثيل إلى ثلاثة أقسام كما يلي

| 11011001 | 00111011 | 00001111 |
|---|---|---|
| أحمر Red | أخضرGreen | أزرق Blue |

وبما أن كل لون يمثل ب 8 bits فإننا نستنتج أن درجة اللون قد تتراوح بين 0 و 255 لكل من الألوان الثلاثة ($2^8$).

وقد شاع تمثيل الفضاء اللوني RGB عن طريق النظام السادس عشر Hexadecimal خصوصا في استخدامات الألوان على صفحات الويب. ويمثل كل لون من هذه الألوان بالنظام السادس عشر كالآتي:

1. يقسم كل 8 bits ممثلة للون إلى قسمين يكون كل منهم 4 bits.
2. يحول كل 4 bits إلى النظام السادس عشر حسب الجدول 1.3:

| النظام العشري | النظام الثنائي | النظام السادس عشر |
|---|---|---|
| 0 | 0000 | 0 |
| 1 | 0001 | 1 |
| 2 | 0010 | 2 |
| 3 | 0011 | 3 |
| 4 | 0100 | 4 |
| 5 | 0101 | 5 |
| 6 | 0110 | 6 |
| 7 | 0111 | 7 |
| 8 | 1000 | 8 |
| 9 | 1001 | 9 |
| 10 | 1010 | A |
| 11 | 1011 | B |
| 12 | 1100 | C |
| 13 | 1101 | D |
| 14 | 1110 | E |
| 15 | 1111 | F |

جدول 3. 1 النظام السادس عشر Hexadecimal



3. يتم جمع التمثيل السادس عشر للألوان الثلاثة حسب الترتيب: أحمر، أخضر، أزرق.
4. يضاف الرمز (#) أو (OX) للدلالة على التمثيل باستخدام النظام السادس عشر.

**مثال**

وضح التمثيل السادس عشر للون 110110010011101100001111

**الحل:**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. تقسم كل 8 bits إلى مجموعتين 4 bits لكل منها | 00001111 | | 00111011 | | 11011001 | |
| | 1111 | 0000 | 1011 | 0011 | 1001 | 1101 |
| 2. يتم تحويل كل مجموعة إلى مقابلها في النظام السادس عشر | F | 0 | B | 3 | 9 | D |
| 3. يتم تجميع المجموعات معا | F0 | | B3 | | D9 | |
| 4. إضافة رمز # إلى بداية التمثيل | #D93B0F | | | | | |

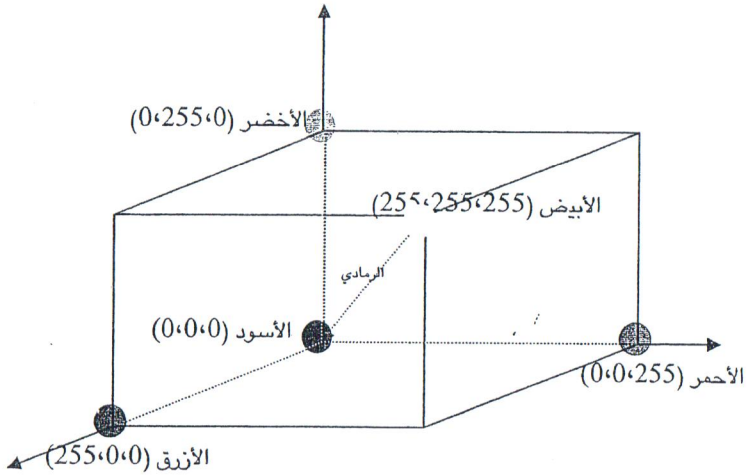
**تدريب (3)**

حول قيمة البيكسل التالية بنظام RGB إلى التمثيل السادس عشر:
101101011000001001101010

**تدريب (4)**

حول التمثيل السادس عشر بنظام RGB إلى قيم الألوان الثلاثة الرئيسة: الأحمر، الأخضر والأزرق بالنظام العشري: #CC76F3

ويمثل الفضاء اللوني RGB على شكل مكعب (ثلاثي الأبعاد) كما في الشكل 3.3:




شكل 3. 2 الفضاء اللوني RGB

يوضح الشكل 2.3 كيفية تمثيل الألوان الأساسية إضافة إلى اللونين الأسود والأبيض بنظام RGB كما في الجدول 2.3:

| اللون | الأحمر | الأخضر | الأزرق |
|---|---|---|---|
| الأحمر | 255 | 0 | 0 |
| الأخضر | 0 | 255 | 0 |
| الأزرق | 0 | 0 | 255 |
| الأبيض | 255 | 255 | 255 |
| الأسود | 0 | 0 | 0 |

جدول 3. 2 الألوان الأساسية حسب الفضاء اللوني RGB

كما يبين الشكل كيف أن خليطاً متساوياً من الألوان الثلاثة يؤدي دائما إلى اللون الرمادي، وكلما زادت نسبة الألوان في الخليط فإن اللون يصبح فاتحاً أكثر وصولاً إلى اللون الأبيض. كما في الجدول 3.3:



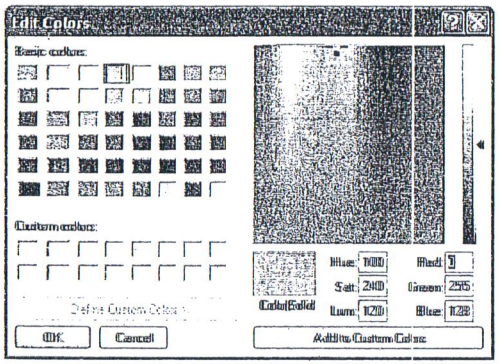
| اللون | الأحمر | الأخضر | الأزرق |
|---|---|---|---|
| | 0 | 0 | 0 |
| | 50 | 50 | 50 |
| | 100 | 100 | 100 |
| | 150 | 150 | 150 |
| | 200 | 200 | 200 |
| | 255 | 255 | 255 |

جدول 3. 3 درجات اللون الرمادي حسب الفضاء اللوني RGB

ولعلك تتساءل إن كان بإمكاننا فعلاً تمثيل جميع الألوان التي تتخيلها بتلك الألوان الثلاثة الرئيسة: الأحمر، الأخضر والأزرق. وللإجابة عن ذلك التساؤل سنأخذ بعض الأمثلة:

اللون الأصفر: يعبر عن اللون الأصفر بخليط مماثل من اللونين الأحمر والأخضر.

ولتأكيد ذلك استخدم أي تطبيق برمجي للصور مثل Paint أو Photoshop. قم بفتح هذا التطبيق وافتح النافذة الخاصة بالألوان كما في الشكل 3.3




شكل 3. 3 نافذة الألوان في برمجية Paint

ستجد الفضاء اللوني RGB ممثلاً بالألوان الثلاثة الأساسية. استبدل الفراغات المقابلة للألوان بما ستجده في الجدول التالي للحصول على الألوان:

| اللون | الأحمر | الأخضر | الأزرق |
|---|---|---|---|
| الأصفر | 255 | 255 | 0 |
| الفسفوري | 5 | 250 | 61 |
| البنفسجي | 90 | 20 | 220 |

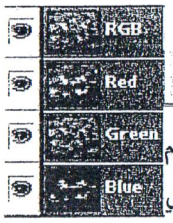
ويمكنك أيضاً أن تحاول إدخال أية قيم لونية تريدها وتلاحظ الألوان الناجمة عن الخلط.

ولا يجب أن يسود الاعتقاد أن هذه القيم تقاس فقط بالتجربة، بل إن التفكير في هذه القيم يقودنا إلى استنتاج اللون أيضا. فاللون البرتقالي مثلا هو خليط من الأحمر والأصفر (جرب خلط الألوان المائية!) والأصفر بدوره خليط من الأحمر والأخضر، وبالتالي فإنه يمكن إنتاج اللون البرتقالي بخلط كمية أكبر من الأحمر من كمية اللون الأخضر. وبالتالي يمكن تمثيل اللون البرتقالي بالقيم التالية مثلا: الأحمر: 255، الأخضر: 128، الأزرق: 0. استخدم التطبيق اللوني السابق في إثبات ذلك أيضاً.

**تدريب (5)**

| اللون | الأحمر | الأخضر | الأزرق |
|---|---|---|---|
| ؟؟؟ | 0 | 255 | 255 |
| ؟؟؟؟ | 200 | 50 | 200 |

فكر في التركيبة التالية من الألوان وحاول تقدير اللون الناتج، ثم استخدم تطبيقاً للصور في اكتشاف ما إذا كان ما فكرت به صحيحاً:




**نشاط**

يمكن دراسة الصور الملونة حسب الفضاء اللوني RGB باستخدام تطبيق الصور Photoshop، وذلك باستخلاص اللون الأحمر فقط في



الصورة، أو الأخضر أو الأزرق. حيث يمثل كل لون قناة Channel في الصورة.

افتح صورة ملونة باستخدام تطبيق الصور ثم طبق الأمر: Window -> Channels من القائمة في أعلى التطبيق

بإمكانك إخفاء أو إظهار قناة معينة بالضغط على رمز العين حيث يمكنك التركيز على قناة لونية معينة أو أكثر في كل مرة. تمثل كل قناة من القنوات الثلاثة نسبة اللون الأحمر/الأخضر/الأزرق في الصورة.

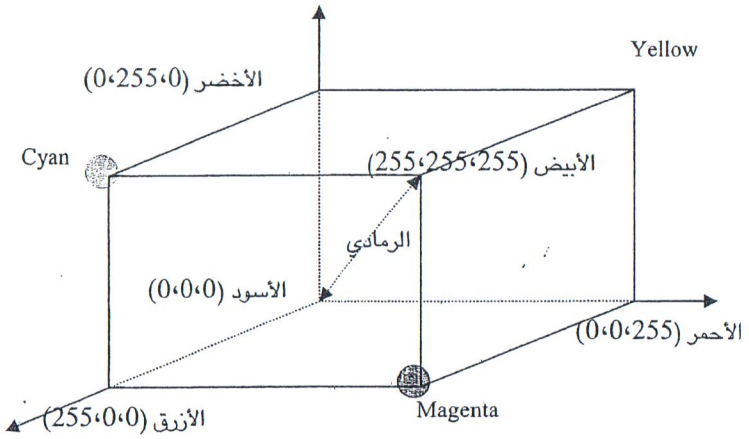
## CMYK .2.2

سبق وأخبرناك أن الفضاء اللوني (أحمر، أخضر، أزرق) هو أشهر الفضاءات اللونية وأكثرها شيوعاً نظراً لارتباطه بالتمثيل اللوني على شاشة التلفاز، إلا أنه بالطبع ليس الفضاء اللوني الوحيد في عالم الحاسوب.

وهناك فضاء لوني آخر ذو استخدام واسع عندما يود المرء طباعة الصور الملونة. فعندما تطبع الصور الملونة ذات الفضاء اللوني RGB فإن اللون الأسود لا يحتوي أي مكونات من الأحمر أو الأخضر أو الأزرق (0، 0، 0). وعليه لا يتم دمج أية كميات من هذه الأحبار الملونة لطباعة اللون الأسود!! إذ يفترض هذا الفضاء اللوني أن اللون الأسود هو عدم وجود لون على الإطلاق، أي أن الأوراق المستخدمة في الطباعة يجب أن تكون سوداء اللون، وبما أن الحال يختلف في الواقع عن هذا، ذلك أن اللون الأبيض هو لون ورق الطباعة، وهو ما لا يجب استخدام أي كميات من الحبر في تشكيله، فإن الفضاء اللوني RGB ليس صالحاً لهذا الاستخدام. لحل هذه المعضلة، طور العلماء فضاء لونياً آخر يستخدم اللون الأبيض كأساس وهو الفضاء اللوني CMY اختصاراً للكلمات Cyan, Magenta, Yellow وتترجم الألوان التالية إلى اللغة العربية كما يلي:

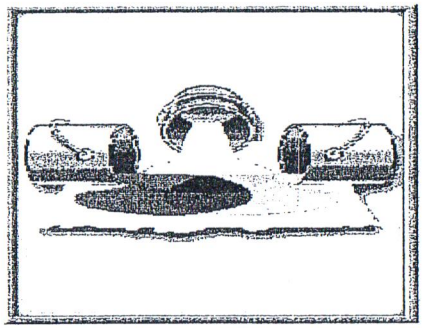
| | |
|---|---|
| Cyan | أزرق فسفوري |
| Magenta | الفوشي |
| Yellow | الأصفر |

وتمثل هذه الألوان الثلاثة زوايا المكعب المرسوم في الشكل 3.3 (الزوايا الثلاثة الباقية بعيداً عن زوايا الأحمر والأخضر والأزرق).




شكل 3. 4 مواقع الألوان: **Cyan, Magenta, Yellow** على مكعب الوان **RGB**

في الفضاء اللوني CMY فإن اللون الأبيض يمثل (0،0،0) في حين يمثل اللون الأسود (255،255،255). أي ما يناسب الطباعة وأحبارها. يمثل الشكل 5.3 كيفية دمج الألوان للحصول على الألوان المختلفة بما في ذلك الألوان الأحمر والأخضر والأزرق:



شكل 3. 5 استخدام الألوان **Cyan, Magenta, Yellow** في الطباعة



كما يمثل الجدول 4.3 قيم بعض الألوان حسب الفضائين اللونيين RGB وCMY:

| اسم اللون | الفضاء اللوني RGB | | | اللون | الفضاء اللوني CMY | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | الأحمر | الأخضر | الأزرق | | Cyan | Magenta | Yellow |
| الأبيض | 255 | 255 | 255 | | 0 | 0 | 0 |
| الأسود | 0 | 0 | 0 | | 255 | 255 | 255 |
| الأحمر | 255 | 0 | 0 | | 0 | 255 | 255 |
| الأخضر | 0 | 255 | 0 | | 255 | 0 | 255 |
| الأزرق | 0 | 0 | 255 | | 255 | 255 | 0 |
| Cyan | 0 | 255 | 255 | | 255 | 0 | 0 |
| Magenta | 255 | 0 | 255 | | 0 | 255 | 0 |
| الأصفر | 255 | 255 | 0 | | 0 | 0 | 255 |

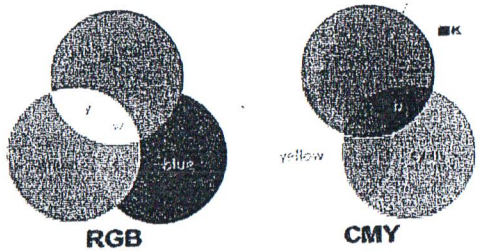
جدول 3. 4 مقارنة الألوان الأساسية بين الفضائين اللونيين **RGB** و**CMY**

قم بدراسة الجدول السابق بدقة... يمكنك أن تستنتج المعادلات التالية والمستخدمة للتحويل من الفضاء اللوني RGB إلى الفضاء اللوني CMY من الجدول وتحاول فهمها بتعمق:

$$C = 255 - R$$
$$M = 255 - G$$
$$Y = 255 - B$$

إلا أن الفضاء اللوني CMY واجه صعوبة تقنية في التطبيق، فمن المعروف أن النظرية تختلف حقيقة عن الواقع التطبيقي. ففي الاستخدام، لوحظ أن اللون الناتج عن دمج كميات متساوية (قدر الإمكان) من الأزرق الفسفوري والفوشي والأصفر ينتج لوناً بنياً داكناً وليس أسود نقياً. ذلك أن تحقيق كميات متساوية تماماً من الألوان الثلاثة هو أمر أقرب إلى المستحيل.

عالج العلماء الفجوة بين النظرية والتطبيق في الفضاء اللوني CMY بإصدار نسخة محسنة من هذا الفضاء اللوني أطلق عليها اسم الفضاء اللوني CMYK اختصاراً للألوان Cyan, Magenta, Yellow, Black. ونلاحظ أن هذا الفضاء اللوني هو مجرد إضافة للون الأسود. ويمثل اللون الأسود الناصع في هذا الفضاء المحسن بالرموز (0، 0، 0، 100٪). أي أن اللون الأسود أصبح يشكل من حبر أسود اللون بدل تشكيله من دمج الأحبار المكونة للألوان الثلاثة: الأزرق الفسفوري، الفوشي والأصفر كما يبين الشكل 6.3.




شكل 3. 6 الفرق بين نظامي RGB وCMY

ويمكن احتساب قيم CMYK من قيم CMY كما يلي:

أولاً: نقوم بتحديد أقل قيمة بين القيم الثلاث C، M، Y ولنسمّ هذه القيمة L

ثانيا: تحتسب قيم CMYK كما يلي:

$$C = \frac{C - L}{255 - L}$$

$$M = \frac{M - L}{255 - L}$$

$$Y = \frac{Y - L}{255 - L}$$

$$K = \frac{L}{255}$$



ثالثاً: يتم إيجاد النسب المئوية للأرقام بالتقريب.

**مثال:**

حول القيم (200، 134، 96) من النظام RGB إلى النظام CMYK

**الحل:**

1. نقوم بتحويل القيم من الفضاء اللوني RGB إلى CMY كما يلي

$$C = 255 - R = 255 - 96 = 159$$

$$M = 255 - G = 255 - 134 = 121$$

$$Y = 255 - B = 255 - 200 = 55$$

وهكذا CMY = (159، 121، 55)

2. نقوم بعد ذلك بالتحويل بين النظام CMY وCMYK

أقل قيمة = 55

$$C = \frac{C - L}{255 - L} = \frac{159 - 55}{255 - 55} = \frac{104}{200} = 0.52$$

$$M = \frac{M - L}{255 - L} = \frac{121 - 55}{255 - 55} = \frac{66}{200} = 0.33$$

$$Y = \frac{Y - L}{255 - L} = \frac{55 - 55}{255 - 55} = \frac{0}{200} = 0$$

$$K = \frac{L}{255} = \frac{55}{255} \approx 0.216$$

بعد التقريب CMYK = (52٪، 21.6٪، 0٪، 33٪)

**مثال 2:**

حول اللون #7AB50F إلى الفضاء اللوني CMY.

الحل:

1. نقوم بتحويل التمثيل السادس عشر لنظام RGB إلى التمثيل العشري

اللون الأحمر $(7A)_{16} = 7 \times 10 + 10 = 122$

اللون الأخضر $(B5)_{16} = 11 \times 16 + 5 = 181$

اللون الأزرق $(F0)_{16} = 0 \times 16 + 15 = 15$

RGB = (122 ،181 ،15)

2. نقوم بتحويل RGB إلى CMY

C = 255 – R = 255 – 122 = 133

M = 255 – G = 255 – 181 = 74

Y = 255 – Y = 255 – 15 = 240

إذن CMY = (133240 ،74 ،)

## 3.2. فضاءات لونية أخرى

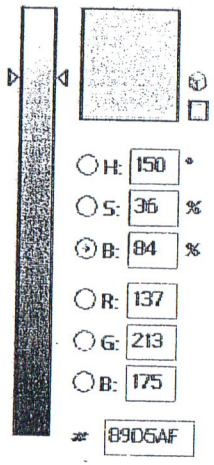
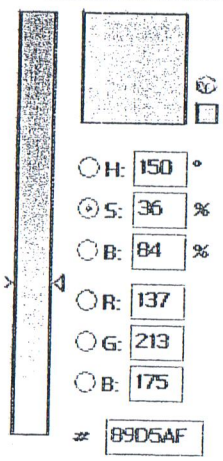
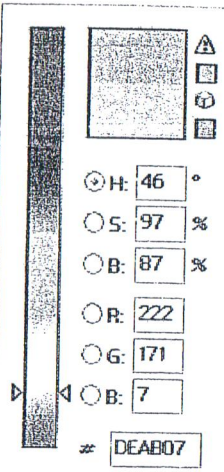
ولا تقتصر الفضاءات اللونية على هذين الفضاءين فقط، فهناك المئات من الفضاءات اللونية التي تم إنتاجها لأغراض مختلفة. فمنها ما تم إنتاجه لمعالجة أمور الطباعة كالفضاء اللوني المذكور في القسم السابق CMY، ومنها ما تم إنتاجه لمعالجة الإضاءة المختلفة، حيث ترغب هذه النوعية من الفضاءات اللونية بالحصول على التمثيل اللوني نفسه مهما اختلفت الإضاءة المسلطة عليه، وغيرها من الأهداف التي أنتجت فضاءات لونية متعددة.

ولعل أشهر الفضاءات اللونية التي كانت تسعى إلى فصل عنصر الإضاءة عن التمثيل اللوني هو الفضاء اللوني HSI اختصاراً للكلمات: Hue, Saturation, Intensity. وتترجم هذه الكلمات كالتالي:



| | |
|---|---|
| Hue | درجة اللون |
| Saturation | الإشباع اللوني |
| Intensity | شدة الإضاءة |

ويحاول هذا الفضاء اللوني أن يفصل شدة الإضاءة كرقم مستقل، في حين يُبقي الأرقام الممثلة لدرجة اللون والإشباع اللوني ثابتة مهما اختلفت شدة الإضاءة وجدتها. ويمكن فهم هذا الفضاء اللوني بشكل أكثر دقة عن طريق دراسته باستخدام تطبيق Adobe Photoshop:

| Intensity(I) | Saturation(S) | Hue(H) |
|---|---|---|
|  |  |  |
| أي تغيير في Intensity/ Brightness يؤدي إلى تغيير في الإضاءة بدءاً من اللون الأسود، وهو أقل الألوان إضاءة وانتهاء بالأخضر المضاء إضاءة كاملة. | أي تغيير في Saturation يؤدي إلى تغيير في إشباع اللون، ابتداء من اللون غير المشبع تماماً وهو اللون الرمادي، وانتهاء باللون الأخضر المشبع. | أي تغيير في قيمة Hue يؤدي إلى تغيير في اللون نفسه، جميع ألوان الطيف موضحة بقيم Hue المختلفة. |

ويمكن تحويل الفضاءات اللونية من واحد إلى آخر باستخدام معادلات معرَّفة من قبل العلماء. ويمكن ذكر فضاءات لونية أخرى مثل الفضاء اللوني CIE، وهو من أقدم الفضاءات اللونية حيث تم تعريفه عام 1931، أي تم تعريفه لأغراض غير حاسوبية قبل استخدامه في عالم الحوسبة، والفضاء اللوني YUV المستمد من عالم الكاميرات والتلفاز أيضاً.

ففي الفضاء اللوني YUV مثلاً تستخدم المعادلات التالية للتحويل بين نظامي RGB وYUV كما يلي:

$$Y = 0.3R + 0.6G + 0.1B$$

$$U = B - Y$$

$$V = R - Y$$

إلا أن كل فضاء لوني يكون قادراً على تمثيل مجموعة مختلفة من الألوان، ويمكنك إثبات ذلك في النشاط التالي عند تحويل صورة ممثلة بفضاء لوني معين إلى فضاء لوني آخر.

**نشاط**

قم بفتح صورة ملونة باستخدام تطبيق الصور Photoshop، ثم غير الفضاء اللوني للصورة باستخدام الأمر: Image -> Mode -> CMYK ولاحظ التغير في ألوان الصورة. يمكنك أن تقوم باستخدام أمر الرجوع Undo و Redo عدة مرات حتى تستطيع ملاحظة التغيرات.

## 3. المسح الضوئي للصور

يفترض أنك قد أصبحت مدركاً لجميع أقسام الصورة الرقمية وتمثيلها، سواء أكانت تستخدم التدرج الرمادي أو أحد الفضاءات اللونية المعروفة. كما تطرقت الأقسام الثلاث السابقة إلى حجم الصورة وتمايزها. إلا أن تمايز الصورة يتأثر بوسائل الإدخال



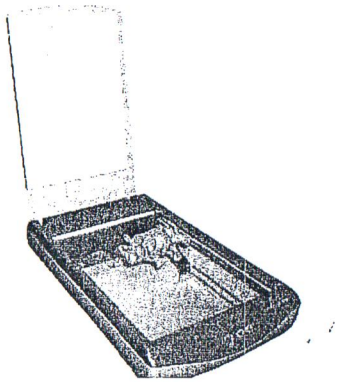
والعرض لهذه الصورة. ذلك أن نسبة ضئيلة من الصور الرقمية هي تلك المنتجة حاسوبياً، في حين أن غالبية الصور الرقمية المتداولة هي تلك المدخلة باستخدام الماسحات الضوئية، الكاميرات الرقمية وغيرها من وسائل الإدخال الرقمية.

إضافة إلى أثر الإدخال على تمايز الصورة ودرجة نقاوتها، فإن أجهزة الإخراج كشاشة الحاسوب أو شاشات العرض المختلفة لها تأثير على كيفية رؤيتنا لهذه الصورة. فإذا كانت هذه الشاشات ذات تمايز يقل عن ذلك الموجود في الصورة نفسها، فإن ذلك التمايز الإضافي الذي تحمله الصورة ليس ذا فائدة كما سنرى في القسم 3.4 من هذه الوحدة.

## 1.3. الماسحة الضوئية (scanner)

تستخدم عدة أجهزة لإدخال الصور إلى الحاسوب ومعالجتها رقمياً. أحد أشهر هذه الأجهزة هي الماسحات الضوئية scanners، والتي باتت جزءاً أساسياً لا كمالياً من أجهزة الحاسوب الشخصية.

قد يكون مستغرباً أن نقول أن تاريخ الماسحة الضوئية يعود إلى ما قبل الحاسوب! ذلك أن المسح الضوئي كان قد استخدم منذ عام 1926 على يد العالم Robert Ledley، الذي قام باستخدام المسح الضوئي باستخدام أشعة X للحصول على صورة لأجزاء الجسم الداخلية، وما زالت صور الأشعة تستخدم في تشخيص الأمراض. إلا أن الماسحة الضوئية الرقمية كما نعرفها حاليا وحسب الشكل 7.3. تعود إلى عام 1972، وتم إنتاجها على يد مهندس الإلكترونيات البريطاني Godfrey Hounsfield. ولعله يجدر بنا أن نذكر أن الماسحات الضوئية باتت تتخذ أشكالاً أخرى معروفة غير الماسحة الشخصية كتلك المستخدمة في المحلات التجارية، حيث تستخدم الماسحة الضوئية لقراءة الشيفرة الرقمية للمنتجات المباعة والتي تعارفنا عليها باسم Bar Code Scanner وتحويلها إلى رقم رمزي يمثل المنتج المباع دون غيره.

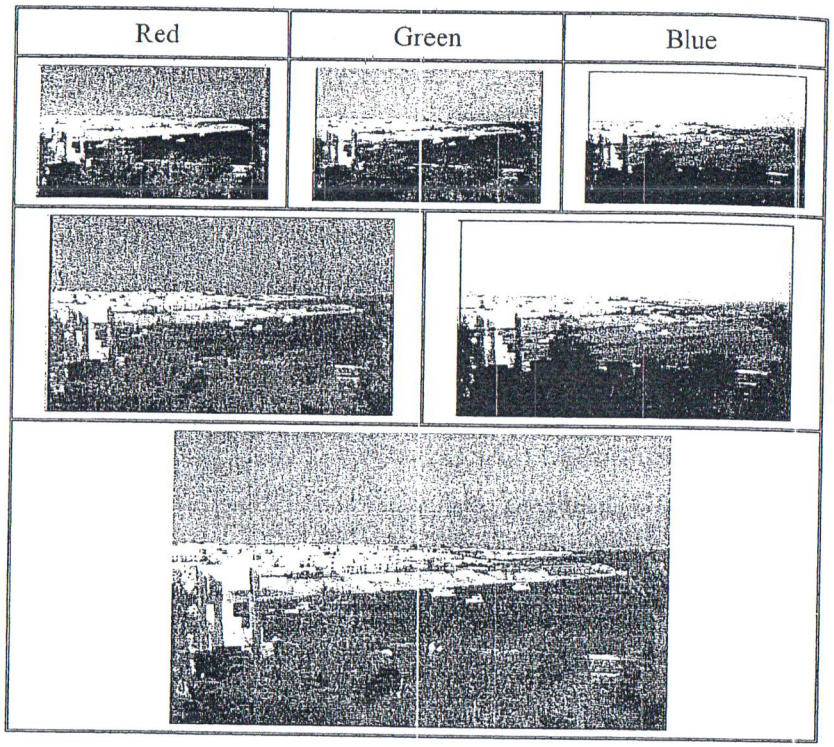


شكل 3. 7 الماسحة الضوئية

عند استخدام الماسحة الضوئية فإننا نقوم بوضع الورقة أو الصورة المراد مسحها على السطح الزجاجي للماسحة الضوئية. تحتوي الماسحة الضوئية ضوءاً داخلياً صغيراً يشع على السطح الزجاجي وما خلفه من معلومات، ثم ينعكس ذلك الضوء على قطعة (CCD Charge-Coupled Device) المشابهة لتلك المستخدمة في الكاميرات الرقمية (كما سنرى لاحقاً). ينتقل هذا الضوء المشع داخل الماسحة الضوئية ليفحص الورقة من أعلاها إلى أسفلها، سطراً سطراً حتى ينتهي من قراءة البيانات الضوئية عنها.

تقوم قطعة CCD بتمييز الألوان الثلاث الرئيسة (الأحمر، الأخضر والأزرق) – راجع الفضاء اللوني RGB في القسم 1.3. – منتجة ثلاث نسخ من الورقة، إحداها للون الأحمر، وأخرى للأخضر، ونسخة ثالثة للون الأزرق. تقوم الماسحة الضوئية بعد ذلك بدمج هذه المكونات الثلاث للون منتجة النسخة النهائية الملونة للورقة أو الجسم المدخل، وتقوم بإرسالها إلى الحاسوب أو الجهاز الرقمي المتصل بالماسحة الضوئية. كما في المثال التالي:






شكل 3. 8 المسح الضوئي للصور
الصورة: شرم الشيخ – مصر (2005)

يمكن فهم المثال في الشكل 8.3 بأخذ النقاط الممثلة للسماء مثلاً كنموذج. حيث يحتوي اللون الأزرق كمية قليلة من الأحمر والأخضر ولذا تبدو هذه المناطق داكنة في المسح الضوئي للونين الأحمر والأخضر (أي قريبة إلى الصفر) في حين تبدو فاتحة (أي ذات قيمة عالية) في المسح الضوئي للون الأزرق.

تختلف الماسحات الضوئية، إحداها عن الأخرى في خاصيتين رئيسيتين: تمايز الماسحة الضوئية، والتمايز اللوني. ويمثل تمايز الماسحة الضوئية عادة برقمين كما يلي: 1600 × 3200 dpi والوحدة المستخدمة للقياس dpi هي اختصار ل ( dots per

inch) أي عدد النقاط للإنش الواحد. ففي حين يمثل الرقم الأول – 1600 في المثال السابق– عدد المجسات الضوئية في الإنش الواحد، فإن الرقم الثاني – 3200 في المثال– يوضح عدد المرات التي يتوقف فيها الضوء للقراءة العمودية في الإنش الواحد. أي أن الرقمين يوضحان عدد القراءات الضوئية عموديا وأفقياً في الإنش الواحد. ويعني هذا الرقم أيضاً أن هذه الماسحة الضوئية قادرة على تحقيق تمايز يساوي 3200 × 1600 pixels لكل إنش مربع في الصورة كحد أقصى.

إضافة إلى تمايز الماسحة الضوئية فإن لها تمايزاً لونياً مشابهاً لذلك الذي تم شرحه حول التمايز اللوني للصورة في القسم 2.2. من هذه الوحدة. والتمايز اللوني هو عدد الbits المستخدمة لتمثيل اللون في كل بيكسل في الصورة. وكلما زاد التمايز اللوني فإن عدد الألوان التي يمكن تمثيلها يكون أكبر وبالتالي تكون الماسحة الضوئية أكثر قدرة على تمثيل اللون الطبيعي بشكل أدق. وتتوافر الان ماسحات ضوئية بتمايز لوني قدره 24 bits أو 32 bits أو 48 bits.

هذا ويجدر ذكر أن بعض الماسحات الضوئية قادرة على إنتاج صور بتمايز أعلى من ذلك الملتقط باستخدام الضوء المشع، يسمى هذا التمايز Interpolated Resolution أي التمايز التوليدي. حيث تقوم البرمجيات المرافقة للماسحات الضوئية بإنتاج هذا التمايز الأعلى عن طريق فحص ومعالجة الصورة المنتجة.

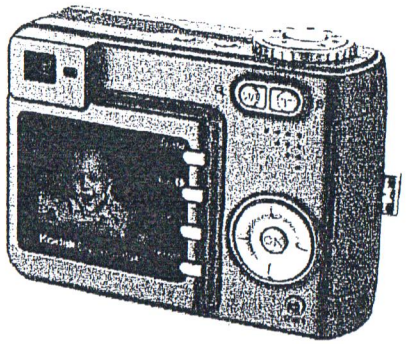
إلا أنه لا ينبغي بالضرورة استخدام الحد الأقصى للماسحة الضوئية في إنتاج الصورة سواءاً كان من حيث تمايز الصورة أو التمايز اللوني. حيث يمكن للمرء اختيار تمايز منخفض لضمان حجم أقل للصورة وبالتالي تقليل الزمن اللازم لاسترجاع هذه الصورة عبر شبكة الإنترنت، راجع القسم 2.2. لدراسة أثر تمايز الصورة والتمايز اللوني على حجم الصورة الكلي.

كما توفر البرمجيات المساندة للماسحات الضوئية إمكانية معالجة الصور البسيطة مثل قص مساحة محددة من الصورة قبيل المسح الضوئي مما يسرّع عملية المسح. حيث



يتم اختيار مساحة معينة من الصورة ويتم المسح الضوئي على تلك المساحة المختارة من الورقة/الصورة فقط بدل المسح الضوئي الكامل، وتسمى هذه العملية Cropping.

## 2.3. الكاميرات الرقمية



شكل 9.3 الكميرا الرقمية

لا تختلف الكاميرات الرقمية (شكل 9.3) في طريقة عملها كثيراً عن الماسحات الضوئية التي سبق شرح تركيبتها في القسم السابق. فكلاهما تعتمد على (CCD Charge-Coupled Device) في تحويل الضوء المستقبل إلى إشارة كهربية تترجم فيما بعد إلى سلسلة من أرقام الواحد والصفر ليتم تخزينها حوسبياً.

وفي حين تتشابه الكاميرات الرقمية مع الماسحات الضوئية في طريقة عملها، فإنها لا تزال تشبه –وإلى حد كبير– الكاميرات العادية (غير الرقمية) في تركيبها وأجزائها. حيث تتكون الكاميرات الرقمية، على اختلاف أنواعها، من عدسة رئيسة Lens، فتحة لمرور الضوء Aperture، ومصراع الكاميرا Shutter الذي يفتح ويغلق، لفترة زمنية محدودة، ليلتقط الإشارات الضوئية لتسجيل الصورة.

في الكاميرات الرقمية تحديداً، فإنه قبيل أن يفتح مصراع الكاميرا لالتقاط الضوء، يقوم مقياس ضوئي بالتقاط شدة الإضاءة في المشهد ويحدد بناء على ذلك حجم فتحة مرور الضوء Aperture والفترة الزمنية التي يبقى فيها المصراع مفتوحا لالتقاط الضوء. وهكذا فإن إحدى مميزات الكاميرا الرقمية عن تلك العادية أنها تتحكم في إضاءة الصورة بناء على شدة الإضاءة في المشهد مما يقلل احتمالية إنتاج صور ذات إضاءة عالية جداً أو منخفضة للغاية.

بعد ذلك، يفتح مصراع الكاميرا ويمكن للضوء أن يدخل. يسقط الضوء على قطعة CCD التي تحول الإضاءة إلى شحنة كهربية، فكلما ازدادت شدة الإضاءة الساقطة، ازداد بالمقابل مقدار تلك الشحنة الكهربية. ومن ثم تحولت هذه الشحنة إلى نظيرها الخطي.

لا بد هنا أن نذكر أن CCD مسؤولة فقط عن التقاط شدة الإضاءة وليس اللون. تحتوي الكاميرات الرقمية ثلاثة فلاتر مختصة بالألوان الأساسية الثلاث: الأحمر، والأخضر والأزرق –راجع القسم 1.3. من الوحدة– . فالفلتر الأحمر يسمح فقط للطيف الضوئي الأحمر بالمرور عبره، وتقاس شدة الضوء الأحمر المار عبر قطعة CCD. وهكذا هو الحال بالنسبة للونين الأخضر والأزرق أيضاً. عندما يسقط الضوء الأحمر على الفلتر الأحمر في CCD، يتم قياس شدة ذلك اللون (الأحمر) على كل بيكسل، فإذا كانت الإضاءة الحمراء معدومة تسجل القيمة 0، وإذا كانت شديدة تسجل قيماً أعلى تصل في أقصاها إلى 255 للفضاء اللوني RGB وكذلك هو الحال في فلتري اللونين الأخضر والأزرق. ثم تتجمع شدة الإضاءة من الألوان الثلاثة الأساسية لتكوين اللون النهائي للصورة.

تحتوي الكاميرات الرقمية بداخلها معالجاً رقميا processor يقوم بإجراء جميع الحسابات اللازمة لتخزين الصورة، عرضها، وتعديلها أيضا. ويطلق عليه عادة اسم (DSP Digital Signal Processor) أي معالج الإشارة الرقمي. إضافة إلى العمليات الأساسية، يدعم المعالج في مختلف نماذج الكاميرات الرقمية المتوفرة حالياً في الأسواق معظم أشكال الملفات الخاصة بالصور، كملفات JPEG وملفات TIFF. فعلى سبيل المثال تقاس سرعة المعالج المتوافر في معظم كاميرات كوداك بـ8MHz، وهي سرعة تمكنك من التقاط الصورة، ضغطها، تخزينها، نقلها، وعرضها في جزء من الثانية.

كما تقاس جودة الكاميرات الرقمية بقدرتها التخزينية، أي المساحة التي يمكن تخزين الصور بداخلها (وبالتالي عدد الصور الممكن تخزينها). إضافة إلى تمايز الصورة كما



سبق وشرحنا حول الماسحات الضوئية. وتتوافر حالياً كاميرات رقمية بقدرة تمايز تساوي 5 Mega Pixels أو 8 Mega Pixels وبأسعار تسمح باقتنائها على المستوى الشخصي.

**مثال:**

كاميرا رقمية بمساحة تخزينية مقدارها 8MB، إذا كان تمايز الصورة يساوي 100 × 100 بيكسل باستخدام الفضاء اللوني RGB. احسب أكبر عدد ممكن من الصور الممكن تخزينها داخل هذه الكاميرا

**الحل:**

حجم الصورة الواحدة =

$$100 \times 100 \times 24 = 240000 \text{ bits} = 30000 \text{ byte} = 30 \text{ KB}$$

عدد الصور = المساحة الكلية / حجم الصورة الواحدة = 8000 KB /30KB

= 266 صورة

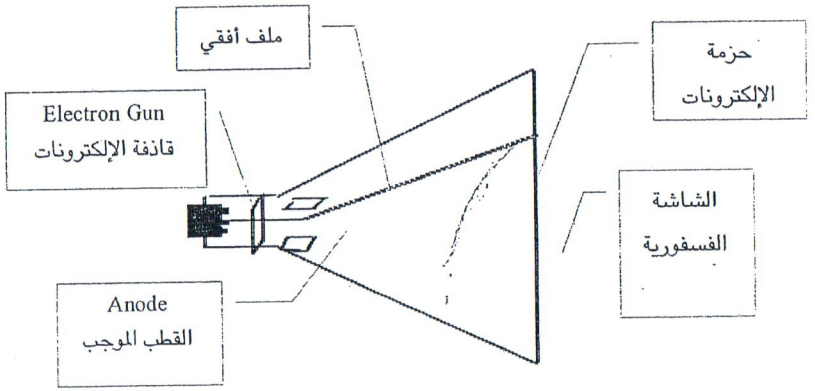
## 3.3. شاشات CRT

تحدثنا في القسمين السابقين عن طرق إدخال الصور رقمياً من خلال الماسحات الضوئية والكاميرات الرقمية، وسنتحدث في هذا القسم عن طرق إخراج الصورة لمشاهدتها، وكيفية تحويلها من ذلك السيل من الأرقام الذي تعرفنا عليه إلى صورة ملونة مرة أخرى.

لعل أشهر الطرق لإخراج الصورة هي شاشات العرض Monitors المصاحبة لجميع أجهزة الحاسوب. تستخدم معظم شاشات العرض طريقة (CRT Cathode Ray Tube) لعرض الصور، وهي ذاتها الطريقة المستخدمة في أجهزة التلفزة. وسنعرض في

هذا القسم لكيفية تحويل الصورة مرة أخرى من سلسلة من الأرقام الممثلة للون إلى شاشة مرئية.

عندما يرسل الحاسوب معلومات الصورة إلى ما اصطلح على تسميته بكرت الشاشة فإن محولاً يقوم بتحويل هذه المجال الخطي إلى مجال تناظري ليتم عرضه على الشاشة. ولعل أشهر هذه المحولات هذه الأيام هو محول SVGA Super Video Graphics) (Array الذي يحتوي بدوره (DAC Digital to Analog Converter) للتحويل من المجال الخطي إلى المجال التناظري. ويجدر بالذكر أن التحويل يتم للألوان الثلاثة: الأحمر، الأخضر والأزرق، كلاً على حدة. حيث يقوم DAC بتحويل قيمة اللون إلى فولطية معينة. ثم يرسلها إلى CRT.




شكل 10.3 CRT

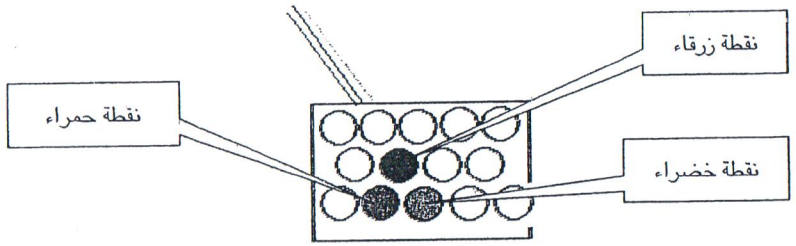
يحتوي CRT كما في الشكل 10.3 ثلاثة أقسام رئيسة: قاذفة الإلكترونات Electron Gun، التي تصدر حزمة ضيقة من الإلكترونات لكل لون من الألوان الثلاث الرئيسة: الأحمر، الأخضر والأزرق. القسم الثاني هو القطب الموجب Anode وهو المسؤول عن زيادة سرعة حزمة الإلكترونات الصادرة من القاذفة، ذلك أن القطب الموجب يجذب الإلكترونات إليه مما يزيد من سرعتها، كما تعلمنا في الفيزياء من تجاذب



الشحنات المتخالفة. القسم الثالث من أقسام CRT هو ملفان أحدهما أفقي والآخر عمودي وهما مسؤولان عن تغيير مسار شحنة الإلكترونات حتى تسقط على نقطة معينة على الشاشة الفسفورية المضيئة داخل الشاشة. تضيء النقطة على الشاشة الفسفورية عند سقوط حزمة الإلكترونات عليها مما يؤدي إلى انبعاث أشعة لونية هي ما يمثل الصورة في العين. وهناك نقاط فسفورية مخصصة لكل لون من الألوان الثلاثة الرئيسة: الأحمر، الأخضر والأزرق.

عندما ترسم الصورة على الشاشة فإن CRT يبدأ بإسقاط الحزم الإلكترونية على النقاط المضيئة في الشاشة بشكل متسلسل من اليسار إلى اليمين سطراً سطراً حتى تتم إضاءة جميع النقاط على الشاشة. وعندما تنتهي النقاط المضيئة على الشاشة يعود مؤشر CRT من جديد إلى الزاوية العلوية اليسرى من الشاشة ليضيء النقاط الفسفورية من جديد. ويطلق على عدد المرات التي يمكن لجهاز CRT رسم الشاشة المضيئة فيها كل ثانية بمعدل التجديدRefresh Rate، ويساوي في العادة 60 مرة في الثانية.

وهكذا فإن شاشات العرض تقوم بتحويل الأرقام إلى شحنات كهربية مرة أخرى ويتولى جهاز CRT توجيه هذه الشحنة الكهربية إلى نقطة معينة من الشاشة حسب موقع هذه البيكسل. وتضاء النقاط بالألوان الثلاث: الأحمر والأخضر والأزرق إلا أن عين الإنسان قادرة على دمج الألوان المتقاربة مرة أخرى لتكوين الصورة على الشبكية كما في الشكل 11.3.




شكل 11.3 إعادة تشكيل اللون من النقاط الحمراء والخضراء والزرقاء المتقاربة في CRT

هذا وتختلف شاشة الحاسوب عن تلك المستخدمة في التلفاز، حيث يستلزم الحاسوب تمايزاً أعلى لأننا نجلس أقرب إلى شاشة الحاسوب منا إلى شاشة التلفاز. ويجدر الذكر هنا أن شاشات الحاسوب تختلف في تمايزها وحجمها، حيث يقاس حجم شاشة الحاسوب بالطول القطري. ومن الأمثلة على أحجام الشاشات الشائعة في الحاسوب الشخصي: 14 إنشاً، 15إنشاً و 17 إنشاً. ولا يمثل هذا الطول القطري المساحة المستغلة في الشاشة، أي النقاط المضيئة ولكنه يمثل الطول القطري الكلي للشاشة بما فيها المنطقة البلاستيكية المحيطة بالشاشة الفسفورية، مما يجعل هذا المقياس غير دقيق لكفاءة الشاشة. كما تحتسب القدرة العليا لتمايز الشاشة بمقياس dot pitch الذي يمثل المسافة بالمليمترات بين النقاط الفسفورية ذات اللون الواحد (الأحمر/الأخضر/الأزرق).

وقبيل الانتهاء من هذا القسم الذي خصص لشاشات العرض التي تستخدم تكنولوجيا CRT يجدر بنا أن نذكر أن تكنولوجيا جديدة أصبحت تستخدم حالياً في الشاشات وهي المسماة (LCD Liquid Crystal Display) أي عرض السائل الكريستالي. وتمتاز شاشات LCD بأنها أقل سماكة من تلك التي تستخدم تكنولوجيا CRT سالفة الذكر، كما أنها لا تنتج أشعة كهرومغناطيسية كما هي الحال في شاشات CRT. وتبقى شاشات LCD أكثر تكلفة وأقل سرعة في الاستجابة ودقة في اللون.

## 4. معالجة الصور

بعد التعرف على كيفية تخزين الصورة وتحويلها إلى سلسلة من أرقام الواحد والصفر، فإنه يمكنك أن تتخيل كمية العمليات التي يمكن إجراؤها على هذه الأرقام مما قد يغير الصورة. وإذا كانت هذه العمليات مدروسة وتتبع خوارزميات معدة سابقا، فإنه يمكننا أن نحدث تغييرات ذات أثر إيجابي مدروس على الصورة، كتحسين نوعيتها.

يعرض هذا القسم لبعض الأمثلة العملية على خوارزميات محددة تؤثر على البيانات في الصورة فتغيرها وتغير بالتالي الصورة الناتجة. تخدم هذه الخوارزميات أهدافاً متعددة كتعديل الصورة، أو اقتباس أجزاء منها.



### 1.4. طرق تنقية الصورة Filters

سبق وأن ذكرنا أن أحد أشهر الاستخدامات لوسائل معالجة الصور هي تلك المختصة بتعديل أخطاء الصورة أو إزالة الشوائب العالقة فيها. حيث تستخدم طرق تنقية الصورة لإزالة مثل هذه الشوائب، وسنتعرف هنا على ثلاث طرق للتنقية: التنقية باستخدام الوسط، التنقية باستخدام الوسيط، والتنقية باستخدام نظام جاوس.

تعرّف التنقية بأنها: "تقليل كمية التغير في اللون/شدة اللون بين البيكسل والبيكسلات المحيطة بها". وتستخدم التنقية عادة لإزالة آثار الشوائب في الصورة.

#### 1.1.4.التنقية باستخدام الوسط Mean Filter

تستخدم طريقة التنقية باستخدام الوسط الحسابي لإزالة الشوائب ذات الحجم الكبير في الصورة، حيث تقوم هذه الطريقة على تعديل قيمة اللون في كل بيكسل بحساب الوسط الحسابي لهذه البيكسل مضافاً إليها البيكسلات المحيطة بها على شكل مصفوفة، كما في المثال التالي:

| | | |
|---|---|---|
| 206 | 125 | 98 |
| 216 | 125 | 98 |
| 212 | 214 | 101 |

حيث تحتسب قيمة البيكسل المظللة في المثال كما يلي:

$$155 = \frac{206+125+98+216+125+98+212+214+101}{9} =$$

ويجدر بالذكر أن حجم المصفوفة لا يقتصر فقط على 3 × 3 حيث يمكن استخدام مصفوفة 5 × 5 للحصول على قيمة أكثر وسطية للبيكسل.

ويسهل تمييز مضار هذه الطريقة في التنقية، حيث يتم استبدال قيمة جميع البيكسلات في الصورة بالوسط الحسابي المحيط، إذ تؤثر القيمة الشاذة سلبياً على قيم

البيكسلات المحيطة بها. والمشكلة الثانية التي تواجه تطبيق طريقة التنقية باستخدام الوسط أنها تجعل الصورة أقل وضوحاً خصوصاً عند الحواف بين الأشكال داخل الصورة. حيث تستبدل حواف الأشكال في الصورة بالوسط الحسابي للمحيط، مما يقلل حدة هذه الحواف ووضوحها.

هناك نسخة محسنة من طريقة التنقية باستخدام الوسط وتسمى "الوسط باستخدام الحد" Thresholding Average، حيث يتم تحديد قيمة معينة x ومن ثم يتم حساب الوسط لكل بيكسل. يتم استبدال البيكسل بالوسط الحسابي لها فقط عندما يكون الفرق بين القيمة الأصلية والوسط أعلى من قيمة الحد المعينة x. فوائد هذه النسخة المحسنة أنها لا تغير كل قيمة في الصورة وإنما ما يمكن تصنيفه بالقيم الشاذة أو قيم الشوائب التي يؤدي تغييرها إلى تقليل الفروقات بين البيكسل ومحيطها، مما يؤدي إلى تقليل الشوائب مع أثر أقل على فقدان تفاصيل الصورة.

ويمكن أن تحتسب طريقة التنقية باستخدام الوسط الحسابي باستخدام ضرب المصفوفات Convolution، حيث يتم ضرب المصفوفة 3 × 3 ذات قيم البيكسلات في الصورة بمصفوفة صغيرة مماثلة تسمى kernel لإحداث التأثير. وتكون مصفوفة kernel لطريقة التنقية باستخدام الوسط الحسابي كما يلي:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix}$$

فعند ضرب هذه المصفوفة بالمصفوفة في الشكل السابق فإنه تنتج نفس النتيجة سابقة الحساب كما يلي:



$$\begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} 206 & 125 & 98 \\ 216 & 125 & 98 \\ 212 & 214 & 101 \end{bmatrix}$$

$$155 = 101\times\frac{1}{9}+98\times\frac{1}{9}+98\times\frac{1}{9}+214\times\frac{1}{9}+125\times\frac{1}{9}+125\times\frac{1}{9}+212\times\frac{1}{9}+216\times\frac{1}{9}+206\times\frac{1}{9}=$$

**مثال**

احسب القيمة الناتجة عن التنقية باستخدام الوسط للبيكسل المظللة في الشكل:

| | | |
|---|---|---|
| 123 | 212 | 124 |
| 125 | 255 | 128 |
| 127 | 127 | 127 |

**الحل:**

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} 123 & 212 & 124 \\ 125 & 255 & 128 \\ 127 & 127 & 127 \end{bmatrix}$$

$$150 = 127\times\frac{1}{9}+127\times\frac{1}{9}+127\times\frac{1}{9}+125\times\frac{1}{9}+255\times\frac{1}{9}+128\times\frac{1}{9}+123\times\frac{1}{9}+212\times\frac{1}{9}+124\times\frac{1}{9}=$$

إذن يتم استبدال قيمة البيكسل المظللة بالقيمة 150.

### 2.1.4. التنقية باستخدام الوسيط Median Filter

الطريقة الثانية للتنقية التي سنتعرف عليها هي باستخدام الوسيط الحسابي Median كبديل للوسط الحسابي. وتستخدم هذه الطريقة في إزالة الشوائب النقطية، أي

ذات المساحة الضئيلة بحيث تشمل بيكسلا أو اثنين، ويطلق على هذا النوع من الشوائب اسم Salt and Pepper أي الملح والبهار، حيث تنتشر هذه الشوائب على سطح الصورة كنقاط كثيرة وصغيرة. وتقوم طريقة التنقية باستخدام الوسيط باستبدال قيمة الصورة بالوسيط الحسابي للنقاط الموجودة في المصفوفة 3 × 3 المحيطة بالصورة مثلا، كما في:

| | | |
|---|---|---|
| 206 | 204 | 200 |
| 198 | 25 | 205 |
| 212 | 211 | 207 |

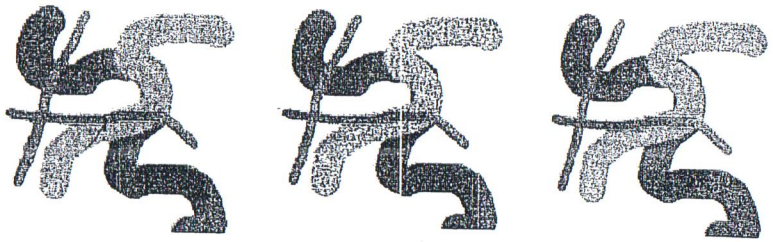
حيث يحتسب الوسط الحسابي من خلال إعادة ترتيب القيم في المصفوفة ترتيبا تصاعديا: 25، 198، 200، 204، 205، 206، 207، 211، 212. ثم تحتسب منزلة الوسيط كما يلي: (9+1)/2=5 حيث يمثل العدد 9 عدد الأرقام المرغوب حسابة الوسيط لها. ويحتسب الرقم ذو المنزلة 5 كوسيط للمجموعة، وهو في هذه الحالة 205. عند النظر إلى المصفوفة الناتجة:

| | | |
|---|---|---|
| 206 | 204 | 200 |
| 198 | 205 | 205 |
| 212 | 211 | 207 |

فإنه يسهل ملاحظة أن البيكسل الذي كان يشكل قيمة شاذة (أقل بكثير من بقية القيم) تم التخلص من قيمته باحتساب الوسيط. وكلما كانت الشوائب ذات حجم أكبر، احتجنا إلى مصفوفات أكبر لاحتساب الوسيط: 5 × 5، 7 × 7 وهكذا.

وبالرغم من نجاعة طريقة التنقية باستخدام الوسيط الحسابي في التخلص من الشوائب صغيرة الحجم، إلا أنها تؤدي بالطبيعة إلى تقليل حدة التغاير أو التباين في الصورة الناتجة كما في الشكل 12.3.





الصورة الأصلية　　الصورة + الشوائب　　الصورة بعد التنقية بالوسيط

شكل 12.3 التنقية باستخدام الوسيط Median

تختلف التنقية باستخدام الوسيط عنها باستخدام الوسط الحسابي في أنها تقلل أثر القيمة الشاذة على محيطها، إلا أنها تحتاج إلى وقت أطول في الحساب. وذلك لأننا نحتاج إلى قراءة القيم في كل مصفوفة، ومن ثم إعادة ترتيبها، وتحديد الوسيط، قبل تحديد القيمة الجديدة للبيكسل.

نشاط

يمكنك تطبيق الفكرة الواردة في المثال السابق والتنقية باستخدام الوسيط باستخدام معالج الصور Photoshop. قم بإضافة شوائب إلى الصورة باستخدام الأمر Filter -> Noise -> Add Noise.

استخدم الأمر: Filter -> Noise -> Median للتنقية باستخدام الوسيط.

قم بإعادة الأمر السابق عدة مرات للحصول على نتيجة أفضل.

### 3.1.4. التنقية بطريقة Gaussian

في التنقية بطريقة جاوس Gauss، فإن هذه الطريقة تعطي وزناً أكبر في الحساب للبيكسلات القريبة من المركز في المصفوفة. أي أن أثر قيمة البيكسل يتناقص مع بعدها عن المركز. ومن الأمثلة على التنقية باستخدام طريقة جاوس المصفوفة التالية:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{16} & \frac{2}{16} & \frac{1}{16} \\ \frac{2}{16} & \frac{4}{16} & \frac{2}{16} \\ \frac{1}{16} & \frac{2}{16} & \frac{1}{16} \end{bmatrix}$$

تبين المصفوفة السابقة كيف يعطى وزن أكبر في حساب القيمة للبيكسل الأصلية والبيكسلات الأربع المحيطة بالجهات الأربع. كما في المثال التالي:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{16} & \frac{2}{16} & \frac{1}{16} \\ \frac{2}{16} & \frac{4}{16} & \frac{2}{16} \\ \frac{1}{16} & \frac{2}{16} & \frac{1}{16} \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} 206 & 125 & 98 \\ 216 & 125 & 98 \\ 212 & 214 & 101 \end{bmatrix}$$

$$= 98\times\frac{1}{16}+125\times\frac{2}{16}+98\times\frac{1}{16}+206\times\frac{1}{16}+125\times\frac{4}{16}+98\times\frac{2}{16}+216\times\frac{2}{16}+101\times\frac{1}{16}+214\times\frac{2}{16}+212\times\frac{1}{16}=151$$

تستخدم التنقية بطريقة جاوس للتخلص من الشوائب غير المنتظمة في الصورة ولإعطاء قدر أكبر للقيمة الأصلية للبيكسل في الحساب.

**مثال:**

| | | |
|---|---|---|
| 38 | 44 | 38 |
| 35 | 216 | 26 |
| 23 | 33 | 33 |

قم بتنقية القيمة المظللة للبيكسل باستخدام:

1. الوسط الحسابي
2. الوسيط الحسابي
3. طريقة Gauss

أي الطرق الثلاثة السابقة أنسب في التخلص من هذه الشائبة؟ لماذا؟



**الحل:**

1. باستخدام الوسط الحسابي

$$\text{القيمة الجديدة} = \frac{38+44+38+26+216+35+33+33+23}{9} = 54$$

2. باستخدام الوسيط الحسابي

القيم مرتبة هي: 23، 26، 33، 33، 35، 38، 38، 44، 216

القيمة الجديدة هي 35

3. باستخدام مصفوفة Gauss

القيمة الجديدة =

$$23\times\frac{1}{16}+33\times\frac{2}{16}+33\times\frac{1}{16}+35\times\frac{2}{16}+216\times\frac{4}{16}+26\times\frac{2}{16}+38\times\frac{1}{16}+44\times\frac{2}{16}+38\times\frac{1}{16}$$

$$= 80$$

الطريقة الأنسب في التخلص من هذه الشائبة هي الوسيط الحسابي لأنها لا تحتسب أية قيمة للبيكسل الشاذة. أما الوسط الحسابي فهي تحتسب القيمة الشاذة والقيم المتجاورة بنفس المقدار. في حين تعتبر مصفوفة Gauss أقل الطرق أثراً في التخلص من اثر هذه الشائبة لأنها تعطي القيمة الأكبر في الحساب للبيكسل المتوسطة.

## 2.4. التعديل

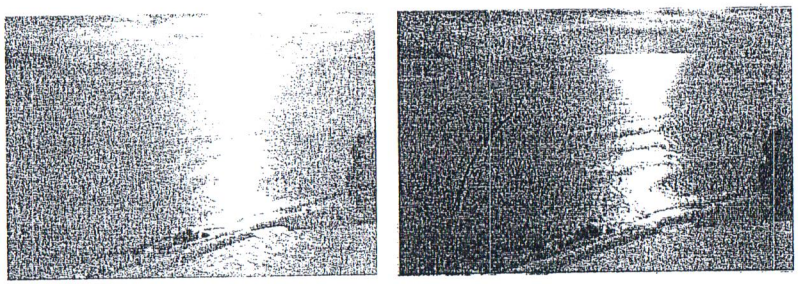
استعرض القسم السابق لإزالة الشوائب باستخدام طرق التنقية المختلفة، إلا أن هذا الاستخدام ليس الوحيد لطرق معالجة الصور كما سبق وذكرنا. يعرض هذا القسم طرق تعديل إضاءة الصورة.

كثيراً ما التقطنا صوراً فوتوغرافية شخصية في أماكن مضيئة فظهر الوجه أكثر

سواداً مما يتوجب، أو التقطنا صوراً في إضاءة ضعيفة فغابت ملامحنا فيها. ولأن الصور الفوتوغرافية على اختلاف أزمانها وأمكنتها تحمل معها ذكريات جميلة، فإنه يمكن تعديل مثل هذه الصور باستخدام طرق التعديل المختلفة للصورة. يستعرض هذا القسم طريقتين رئيستين في تعديل إضاءة الصورة: التعديل الخطي، والتعديل اللوغاريتمي.

## 1.2.4. التعديل الخطي Linear Mapping

طريقة التعديل الخطي تهدف أساساً إلى زيادة الإضاءة في الصورة أو تقليلها. ففي الشكل 13.3 مثلاً، نلاحظ أن الإضاءة ليست بالقدر الكافي، في حين أن الصورة المعدلة يظهر فيها البحر بشكل أفضل.



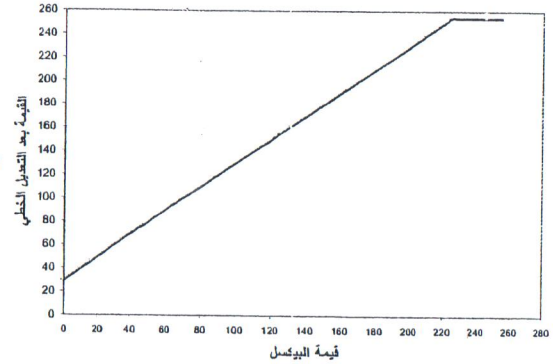
الصورة المعدلة تعديل خطياً　　الصورة الأصلية

شكل 3. 13 التعديل الخطي

الصورة: شرم الشيخ – مصر (2005)

يقوم التعديل الخطي، ببساطة، بزيادة قيمة كل بيكسل بمقدار ثابت. مما يؤدي إلى اقتراب قيمة البيكسل من اللون الأبيض؛ وبالتالي تفتيح الصورة. فمثلاً لو كانت الزيادة بمقدار 30، وكانت قيمة بيكسل معينة في الصورة تساوي 112 فإن القيمة الجديدة لهذه البيكسل = 112+30 = 142، وهكذا بالنسبة لكل بيكسل في الصورة. ويوضح الشكل 14.3 الاقتران الممثل لهذه العلاقة:



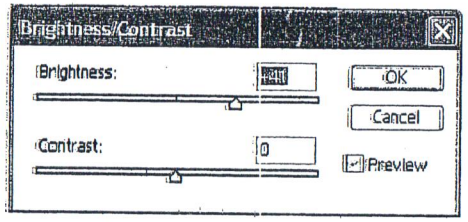



شكل 3. 14 الاقتران الممثل لعلاقة التغير الخطي

ويجدر بنا هنا أن نذكر أن البيكسلات البيضاء أصلاً لا تغير قيمتها عند التعديل الخطي، بل تحافظ عليها. ذلك لأننا تعلمنا أن قيمة البيكسل لا يمكن أن تزيد عن 255 وهي القيمة القصوى في التدرج الرمادي. فإذا كانت البيكسل تحمل قيمة 240 في البداية فإن قيمتها بعد التعديل بمقدار 30 تساوي 255، حيث لا يمكن لأي قيمة أن تتجاوز هذا الحد الأعلى.

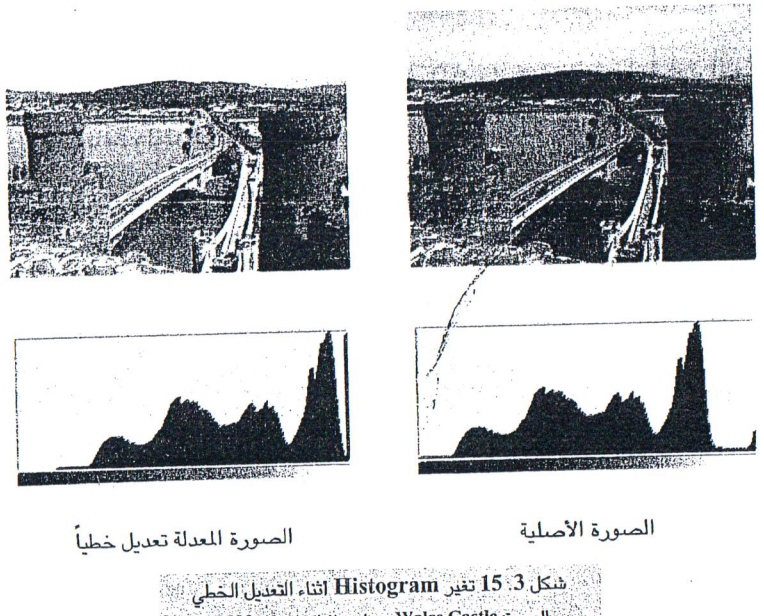
### نشاط

لإجراء تعديل خطي باستخدام برنامج تعديل الصور Photoshop، إفتح الصورة المراد تعديلها باستخدام البرنامج ثم استخدم الأمر Image -> Adjustments -> Brightness/Contrast...




عن طريق زيادة أو تقليل Brightness في الصورة يمكنك إجراء تعديل خطي.

ولفهم هذه الطريقة بشكل أفضل، نود هنا أن نعرّفك على مصطلح Histogram أو التمثيل البياني لقيم الصورة، ويرسم بالطريقة التالية: يتكون رسم Histogram من محوري السينات والصادات. يمثل محور السينات القيم التي تأخذها البيكسل من 0 إلى 255 في حين يمثل محور الصادات تكرار هذه القيمة في الصورة، أي عدد البيكسلات التي تحمل هذه القيمة في الصورة. وسنعرض أولاً للتمثيل البياني في الصور ذات التدرج الرمادي Gray Scale ويظهر الشكل 15.3 التمثيل البياني لصورتين بالتدرج الرمادي قبل وبعد التعديل الخطي:



الصورة الأصلية

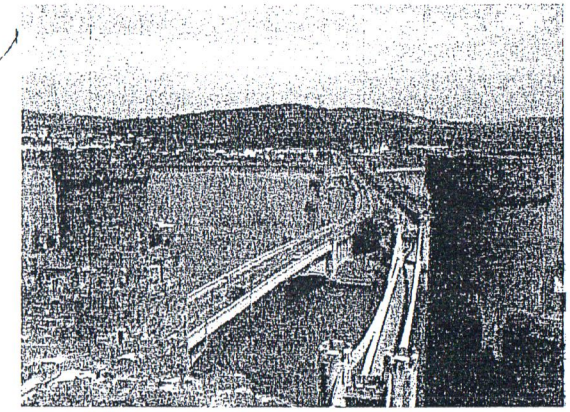
الصورة المعدلة تعديل خطياً

شكل 3. 15 تغير Histogram أثناء التعديل الخطي
الصورة: Wales Castle – ويلز – المملكة المتحدة (2003)

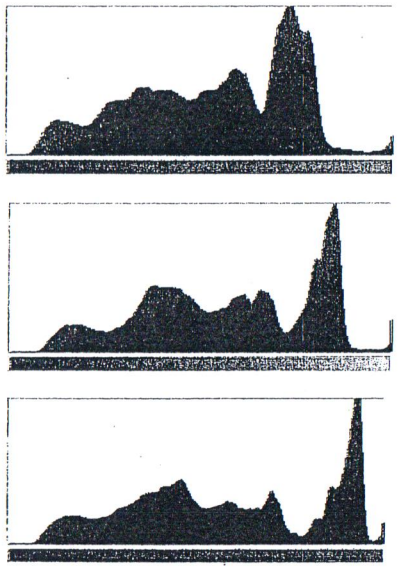
ويظهر من التمثيل البياني للصورتين أن كل بيكسل تحركت مقداراً ثابتا إلى اليمين أي باتجاه اللون الأبيض. كما يبين التمثيل البياني للصورة المعدّلة أن البيكسلات ذات القيمة العالية تراكمت عند القيمة 255 وهي قيمة اللون الأبيض الناصع حيث لا يمكن تجاوزها كما سبق وشرحنا.



أما فيما يتعلق بالصور الملونة، فإن هناك تمثيلاً بيانياً Histogram لكل من أقسام الفضاء اللوني Channels. ففي الصورة التالية ذات الفضاء اللوني RGB:



فإن هناك تمثيلاً بيانياً لكل من الألوان الثلاثة الرئيسة: الأحمر والأخضر والأزرق، كما يلي:

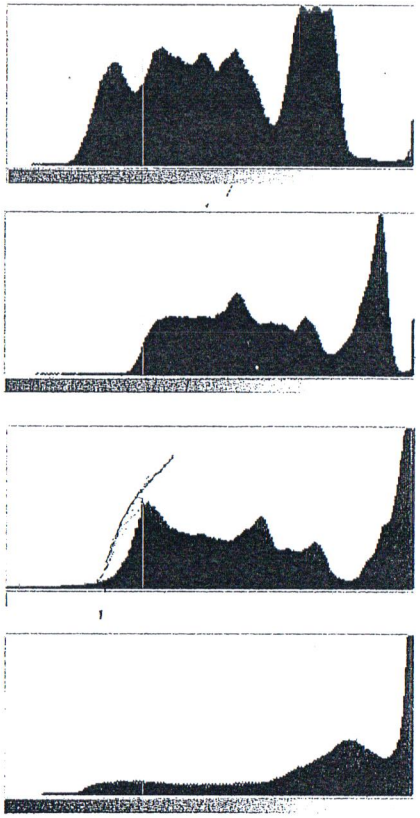


التمثيل البياني للون الأحمر

التمثيل البياني للون الأخضر

التمثيل البياني للون الأزرق

أما إذا قمنا بتحويل هذه الصورة إلى الفضاء اللوني CMYK باستخدام الأمر Image -> Mode فإننا نحصل على التمثيل البياني للألوان الأربعة: Cyan، Magenta، Yellow وBlack كما يلي:



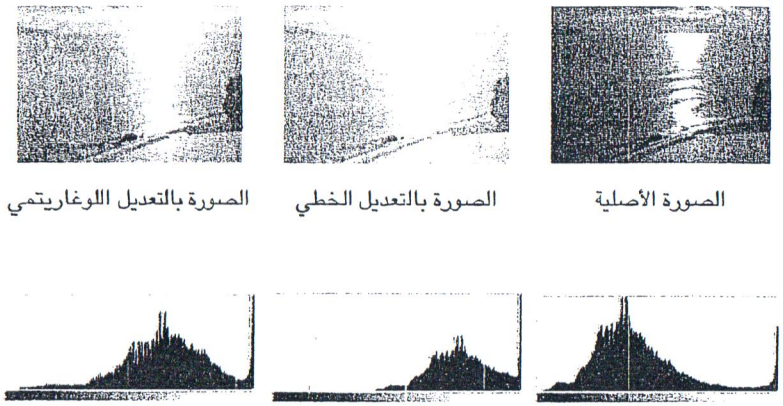

## 2.2.4.التعديل اللوغاريتمي Logarithmic Mapping

برغم الفوائد الجمة التي يقدمها التعديل الخطي للصور إلا أن هذا التعديل يرفع قيمة كل بيكسل من الصورة بمقدار ثابت، ولا تنطبق هذه الحالة عندما يكون الجسم المراد



تحسين صورته داكناً على خلفية بيضاء، حيث تزداد المساحة البيضاء في الصورة بدل تعديلها.

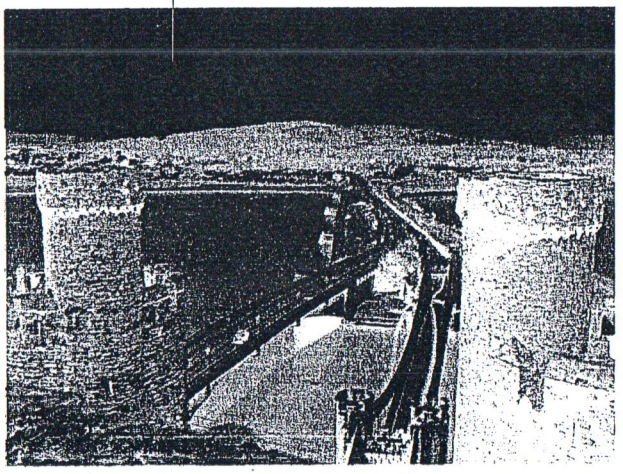
يقوم التعديل اللوغاريتمي على أساس زيادة الفروق اللونية بين البيكسلات الداكنة بشكل أكبر من تلك الفروقات بين البيكسلات الفاتحة، فالقيم الداكنة (الصغيرة) تتباعد، في حين تتقارب القيم الفاتحة. ويمكن لهذا النوع من التعديل إحداث التغيير المطلوب في توضيح أجسام داكنة قليلاً في الصورة دون تفتيح الخلفية.




شكل 3. 16 الفرق بين التعديل الخطي والتعديل اللوغاريتمي على الصورة والHistogram

يعرض الشكل 16.3 الفرق بين التعديل الخطي والتعديل اللوغاريتمي. ففي حين أن التعديل الخطي أدى إلى تفتيح جميع الألوان في الصورة، أدى التعديل اللوغاريتمي إلى تفتيح البحر بشكل أفضل وإبقاء المناطق الداكنة (كالصخرة والجبل) داكنة بشكل يوضح الفروق في الصورة. كما يسهل أن نلحظ أثر التعديل اللوغاريتمي على التمثيل البياني لقيم البيكسلات Histogram في المثال السابق. حيث أدى التعديل اللوغاريتمي إلى توزيع أكثر انتظاماً للبيكسلات على التدرج.

## 3.4. قلب الصورة Invert



شكل 3. 17 قلب الصورة Invert

انظر إلى الصورة في الشكل 17.3، لقد تعارفنا على هذه الصورة بأنها negative (نيجاتيف الصورة). إن النيجاتيف ينتج عن قلب كل قيمة في الصورة إلى القيمة المعاكسة. في التدرج الرمادي فإنه يمكن احتساب قيمة كل بيكسل في الصورة بعد القلب حسب المعادلة:

القيمة الجديدة = 255 – القيمة الأصلية

فإذا كانت البيكسل بيضاء (أي 255) قبل القلب فإنها تصبح سوداء تماماً (أي 0) بعد القلب.

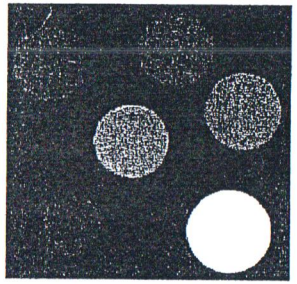
أما في الصور الملونة، فإن القلب يتم لكل قيمة في الفضاء اللوني Channel على حدة، ففي الفضاء اللوني RGB تكون القيم بعد القلب كما يلي:

قيمة اللون الأحمر الجديدة = 255 – قيمة اللون الأحمر القديمة

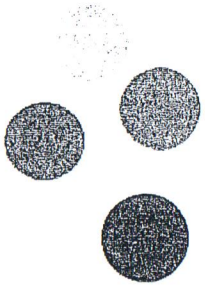


قيمة اللون الاخضر الجديدة = 255 – قيمة اللون الأخضر القديمة

قيمة اللون الأزرق الجديدة = 255 – قيمة اللون الأزرق القديمة



الصورة بعد القلب

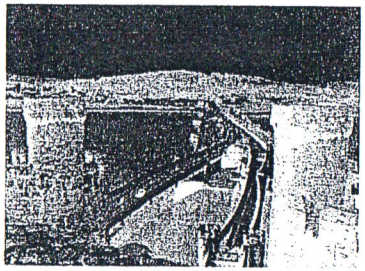


الصورة الأصلية

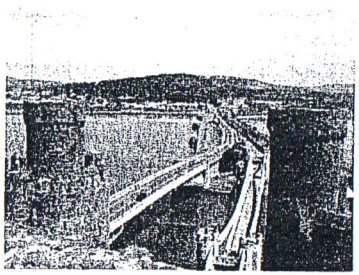
شكل 3. 18 مثال 2 لقلب الصورة Invert

لاحظ في الشكل 18.3 كيف تم استبدال اللون الأزرق مثلاً (0، 0، 255) باللون الأصفر (255، 255، 0)... واللون (Magenta 0، 255، 255) باللون الأخضر (0، 255، 0) وهكذا.

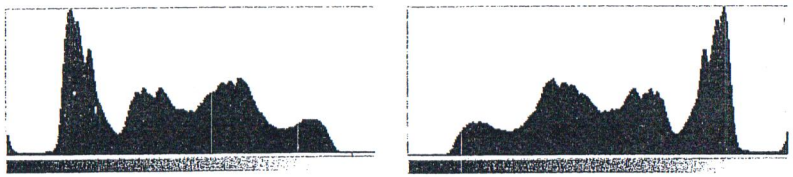
يمكنك أن تستنتج أن التمثيل اللوني للصورة قبل وبعد القلب يقوم على قلب التمثيل البياني أفقياً Flip Horizontally كما في الشكل 19.3:



الصورة بعد القلب



الصورة الأصلية



التمثيل البياني للصورة الأصلية　　التمثيل البياني للصورة بعد القلب

شكل 3. 19 مواقع الألوان

## 4.4. تحديد الحواف Edge Detection

تعرف الحواف في الصورة بأنها المناطق التي يحدث فيها تغيير مفاجئ في قيمة البيكسل، أي تغيير حاد في شدة اللون أو درجته. ويمكن الاستفادة من هذه الحواف في تحديد الأشكال الموجودة في الصورة لتعريفها لاحقاً والتعامل معها. ويعد موضوع تحديد الحواف موضوعاً مؤسساً لعلم "بصر الحاسوب" أو "Computer Vision". حيث يمكن التعرف على الأشكال في الصورة ودراستها بعد تحديد الحواف. فمثلاً يمكننا دراسة الأشكال المختلفة في الصورة بُعَيد تحديد الحواف لتحديد الأشكال الدائرية أو المستطيلة.

إلا أن عملية تحديد الحواف ليست بالسهولة التي عرضنا لها. ذلك أن الشوائب، إثر الإضاءة وغيرها من الخواص غير المستحبة لها تأثير سلبي على دقة تحديد الحواف. لذا يجدر استخدام طرق التنقية في إزالة الشوائب قبيل تحديد الحواف. ونود أن نستذكر هنا ما شرحناه في الفصل 2.5. حول طرق التنقية، حيث وضحنا أن طرق تنقية الشوائب المختلفة تؤدي إلى تقليل حدة الصورة وتباينها، مما يؤثر سلباً على حدة الحواف وبالتالي استخلاصها. لذا فإن تحديد الحواف لا يمكن أن يكون مثالياً أو كاملاً.

وتوضح الصورة 20.3 الحواف الناتجة عن عملية "تحديد الحواف" في الصورة.

الصورة الأصلية　　حواف الصورة

شكل 3. 20 تحديد الحواف

الصورة: صخرة الروشة – بيروت – لبنان (2005)

إحدى الخوارزميات المبسطة المستخدمة لحساب الحواف هي تلك التي قام بإعدادها العالم Sobel وتسمى بتقنية سوبل لتحديد الحواف. حيث تقوم على حساب الفرق طولياً وعرضياً بين البيكسل والبيكسلات المجاورة لها لتحديد إن كانت هذه البيكسل حداً/حافة طولية أو عرضية.

وتستخدم المصفوفتان التاليتان في الحساب كما يلي:

$$هـ(س) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \qquad هـ(ص) = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

حيث تستخدم المصفوفة الأولى لحساب الحدود الأفقية في الصورة وتستخدم المصفوفة الثانية لحساب الحدود العمودية في الصورة كما في المثال التالي:

في المصفوفة 3 × 3 التي تحتوي قيم البيكسل فإننا نقوم بضرب المصفوفات كما شرحنا في القسم 2.5.

$$م = \begin{bmatrix} 100 & 100 & 100 \\ 100 & 100 & 100 \\ 20 & 20 & 20 \end{bmatrix}$$

في البيكسلات المتجاورة ذات القيم المتتالية فإنه يسهل أن نلحظ أن البيكسل ذات الخلفية الرمادية تشكل حداً عمودياً لا أفقيا ذلك أنها تختلف وبشكل ملحوظ في القيمة عن البيكسل التي تقع تحتها مباشرة. وبحساب قيم الحدود باستخدام مصفوفتي سوبل فإن القيم تكون كالآتي:

$$\text{هـ(س)} = \text{م} \times 100\times1- + 100\times0 + 100\times1 + 100\times2 + 100\times0 + 100\times2- +$$

$$20\times1 + 20\times0 + 20\times1- = 0$$

$$\text{هـ(ص)} = \text{م} \times 100\times1- + 100\times2- + 100\times1- + 100\times0 + 100\times0 + 100\times0 +$$

$$20\times1 + 20\times2 + 20\times1 = 320-$$

ويوضح المثال كيف كانت قيمة الحد الأفقي صفراً (لا تغيير) في حين حمل الحد/الحافة العمودية قيمة سالبة عالية مما يشير إلى وجود حد عمودي عند هذه البيكسل وتمثل البيكسل بالتالي حداً بين منطقتين.

ومن السهل أن نلاحظ أن قيمة الحد تكون أكبر كلما كان التغير أكبر وأوضح، وبالتالي يمكننا الاعتماد على القيم الكبيرة في نتيجة المعادلات أعلاه في تحديد الحواف واستثناء القيم ذات التغير الصغير التي يمكن أن تكون قد نجمت عن الشوائب أو تغير طفيف في الإضاءة.

وبنهاية حديثنا عن الحواف، نكون قد أنهينا القسم الخامس من هذه الوحدة والذي تناول معالجة الصور والطرق الأساسية في معالجة الصور.

نشاط

باستخدام معالج الصور Photoshop، يمكنك استخراج حواف الصورة باستخدام الأمر: Filter->Stylize-> Find Edges. استخدم الأمر سالف الذكر في استخراج حواف مجموعة من الصور المخزنة لديك.



سبق وشرحنا في القيم 2.1.5. أن لطرق التنقية أثراً سلبياً على وضوح الحواف في الصورة. يمثل الشكل التالي أثر التنقية باستخدام الوسيط على حواف الصورة كما يبين الشكل 21.3. يمكنك إجراء هذا النشاط أيضاً باستخدام برمجية Adobe Photoshop.

الصورة بعد التنقية باستخدام الوسيط — حواف الصورة بعد التنقية باستخدام الوسيط

شكل 3. 21 أثر التنقية باستخدام الوسيط على حواف الصورة

## 5.4. التغيير على إحدى قنوات الفضاء اللوني (RGB Channels)

يمكن إجراء بعض التعديلات على قناة واحدة Channel في الصور الملونة بدل إحداث التغيير في القنوات الثلاث معاً كما في المثال التالي:

الصورة الأصلية — التعديل الخطي بزيادة قيم اللونين الأحمر والأخضر فقط

شكل 3. 22 التعديل الخطي على بعض قنوات الفضاء اللوني RGB

في الشكل 22.3، تم تعديل اللونين الأحمر R والأخضر G فقط في الصورة، ولفهم

ذلك بشكل أفضل لاحظ كيفية تحول الألوان إلى اللون الأصفر (مزيج الأحمر والأخضر).

يمكن تعديل قناة واحدة فقط في الصورة فقط كما يلي:

الصورة الأصلية — التعديل الخطي بتقليل قيم اللون الأحمر

شكل 3. 23 التعديل الخطي على قناة اللون الأحمر في RGB فقط

لاحظ في الصورة إلى يسار الشكل23.3 كيف أصبح البحر مائلاً إلى اللون Cyan وهو خليط الأزرق والأخضر مما يشير إلى نقصان قيمة اللون الأحمر.

**نشاط**

يمكن تعديل قيم بعض قناة دون غيرها باستخدام Adobe Photoshop باستخدام الأمر: Image -> Adjustments -> Color Balance

## 5. نموذج ملف Bitmap

يعد ملف Bitmap النوع الأساسي للملفات الصور على نظام التشغيل ويندوز، وقد تم تصميم هذا التكوين لملف Bitmap من قبل شركة مايكروسوفت أيضاً بهدف تخزين الصور. وتنتهي ملفات Bitmap بـ .bmp أو .dip – اختصارا ل Device-Independent Bitmap، ويعني أنها تعرض بنفس الطريقة بغض النظر عن الوسيلة التي تعرض عليها هذه الصورة- . وعادة ما تكون ملفات Bitmap غير مضغوطة إلا



أنه يمكن ضغط هذه الملفات باستخدام الترميز الكلي Run-length Encoding (راجع القسم 1.2. من الوحدة الخامسة)

يقسم ملف Bitmap إلى أربعة أقسام رئيسية:

1. ترويسة الملف File header وتتكون من 14 bytes
2. ترويسة معلومات (Bitmap Information Header) وتتكون من 40 bytes
3. جدول الألوان Color Table وتحتوي معلومات عن الألوان الموجودة.
4. معلومات البيكسلات Pixel Data ويحتوي المعلومات اللونية لكل بيكسل في الملف.

وهي المعلومات التي كنا نتحدث عنها في الأقسام السابقة.

| ترويسة الملف | ترويسة المعلومات | جدول الألوان | معلومات البيكسلات |
|---|---|---|---|
| bytes 14 | bytes 40 | | |

وفيما يلي شرح كلّ من هذه الأقسام :

ترويسة الملف **File Header**:

تحتوي ترويسة الملف معلومات حول الملف، وتقسم حسب الجدول 5.3:

| | | |
|---|---|---|
| نوع الملف | bytes 2 | وتساوي دائما BM أي ملف Bitmap |
| حجم الملف | bytes 4 | وهو حجم الملف كاملاً بالبايت |
| محجوز | bytes 4 | وهي منطقة محجوزة في الترويسة وتساوي صفراً دائماً |
| فاصل المسافة Offset | bytes 4 | المسافة بين بداية الملف وبداية معلومات البيكسلات |

جدول 3. 5 ترويسة الملف **File Header** في ملف **Bitmap**

ترويسة المعلومات **Bitmap Information Header**:

في حين تحتوي ترويسة الملف سالفة الذكر معلومات عامة عن الملف، فإن ترويسة معلومات Bitmap تشتمل على معلومات خاصة بالصورة: إحداثياتها، تمايزها، وألوانها، وتتكون ترويسة الملف من 40 bytes تشتمل على المعلومات كما في الجدول 6.3:

| | | |
|---|---|---|
| حجم ترويسة المعلومات | 4 bytes | عدد bytes المستخدمة لتسجيل ترويسة المعلومات وتساوي دائماً 40 bytes. |
| عرض الصورة | 4 bytes | وهو عرض الصورة بالبيكسلات |
| ارتفاع الصورة | 4 bytes | وهو ارتفاع الصورة (أو طولها) بالبيكسلات |
| عدد سطوح الصورة | 2 bytes | وتساوي عادة 1 |
| التمايز اللوني | 2 bytes | وهو عدد bits المستخدمة لتمثيل اللون في كل بيكسل (راجع القسم 2.2.) |
| ضغط الصورة | 4 bytes | ويمثل نوع الضغط المستخدم في الصورة.<br>فإذا كان = 0 فإن الصورة غير مضغوطة<br>وإذا كان = 1 فإن الصورة تستخدم الترميز الكلي Run-Length باستخدام 8 bits<br>وإذا كان = 2 فإن الصورة تستخدم الترميز الكلي Run-length باستخدام 4 bits، وهكذا |
| حجم الصورة | 4 bytes | وهو عدد bytes المستخدمة في تمثيل معلومات البيكسلات، وتستخدم في حالات الضغط حيث يختلف عدد bytes عن المتوقع. أما عندما يكون الضغط = 0 فإن هذا القسم من ترويسة المعلومات يساوي صفراً أيضاً. |



| | | |
|---|---|---|
| التمايز الأفقي | 4 bytes | ويساوي عدد البيكسلات لكل متر أفقي، ويساوي صفراً عادة حيث يعتمد التمايز على وسيلة العرض. |
| التمايز الرأسي | 4 bytes | ويساوي عدد البيكسلات لكل متر عمودي، ويساوي صفراً حيث يعتمد التمايز عادة على وسيلة العرض. |
| عدد الألوان | 4 bytes | ويمثل العدد المختلف من الألوان المستخدمة في الصورة. وإذا كان عدد الألوان هنا يساوي صفراً فإن عدد الألوان يحتسب من التمايز اللوني المذكور سابقا حيث يساوي عدد الألوان 2 التمايز اللوني. |
| عدد الألوان المهمة | 4 bytes | ويمثل عدد الألوان المهمة في الصورة، وإذا كان يساوي صفراً فإن كل ألوان الصورة تعطى نفس الأهمية. |

جدول 3. 6 ترويسة المعلومات **Information Header** في ملف **Bitmap**

وبالتالي فإن ترويسة المعلومات تحوي كل المعلومات التفصيلية عن الصورة وتركيبها.

مثال:

صورة غير مضغوطة ذات تمايز 250 × 250 بيكسلاً وذات تمايز لوني بمقدار 4 bits تمثل ترويسة المعلومات لهذه الصورة كما يلي:

| حجم الترويسة | عرض الصورة | ارتفاع الصورة | عدد السطوح | التمايز اللوني | ضغط الصورة | حجم الصورة | التمايز الأفقي | التمايز الرأسي | عدد الألوان | الألوان الهامة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | 250 | 250 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 00101000 | 011111010 | 011111010 | 00000001 | 00000100 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 | 00000000 |

جدول الألوان **Color Table**:

ويمثل جدول الألوان القيم اللونية المستخدمة في الصورة. فمثلاً إذا كان التمايز اللوني للصورة = 1 فإنه يمكن تمثيل لونين في الصورة هما الأبيض والأسود أو أي لونين آخرين. يحوي جدول الألوان قيم الأحمر، الأخضر، والأزرق لكل لون من هذه الألوان، حيث يتخذ كل لون من الألوان سطراً في جدول الألوان كما في الجدول 7.3:

| | | |
|---|---|---|
| قيمة الأحمر | byte 1 | وتمثل مقدار اللون الأحمر في اللون الممثل |
| قيمة الأخضر | byte 1 | وتمثل مقدار اللون الأخضر في اللون الممثل |
| قيمة الأزرق | byte 1 | وتمثل مقدار اللون الأزرق في اللون الممثل |
| محجوز | byte 1 | ويساوي صفراً دائماً |

جدول 7. 3 جدول الألوان **Color Table** في ملف **Bitmap**

وبالتالي فإنه في المثال السابق حيث يجب تمثيل لونين فقط هما الأبيض والأسود، فإن التمايز اللوني = 1 bit وبالتالي فإن جدول الألوان يتخذ الشكل التالي:

| Bit | قيمة الأحمر | قيمة الأخضر | قيمة الأزرق | محجوز |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 255 | 255 | 255 | 0 |

ويمكن لنفس التمايز اللوني (1 bit) أن يمثل لونين آخرين كالأزرق والأصفر مثلا كما في الجدول التالي:

| Bit | قيمة الأحمر | قيمة الأخضر | قيمة الأزرق | محجوز |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 |
| 1 | 255 | 255 | 0 | 0 |



حيث يمثل bit=0 اللون الأزرق و bit=1 اللون الأصفر، وبالتالي فإن الجدول اللوني يستخدم في شرح ألوان الصورة. ويجدر بنا أن نذكر أن جدول الألوان يستخدم عندما يقل التمايز اللوني عن 8 bits أما فيما يزيد على ذلك فإن الألوان تصبح معروفة ومحددة (كالتدرج الرمادي في حالة 8 bits، وRGB في حالة 24 bits).

معلومات البيكسلات **Pixel Data**:

ويمثل هذا القسم المعلومات اللونية لكل بيكسل على حدة، سواء كانت عبارة عن مؤشراً لقيم معينة في جدول الألوان أو قيم مباشرة كما في قيماً RGB المباشرة.

إلا أن معلومات البيكسلات تكون ممثلة بعكس ما تعوّدنا حيث يمثل السطر الأسفل في الصورة أولا، وهكذا صعودا حتى السطر الأول في الصورة. أي أن المعلومات تخزن من الأسفل للأعلى ويخزن كل سطر في الصورة من اليسار إلى اليمين.

يعد ملف Bitmap أحد أشهر تكوينات ملفات الصور. ولفهم أي تشكيل لملف آخر مثل ملفات Tiff أو غيرها فإن الأساس لمثل هذه التكوينات متشابه، إلا أن طريقة الترتيب، المناطق المحجوزة وأحجام هذه الأقسام تختلف من نوع لآخر. أردنا في هذا القسم أن نعرض طريقة تمثيل أحد هذه الملفات علها تكون مساعداً لك على فهم تمثيل الصور ومعالجتها.

ويسهل أن تجد كثيراً من الخوارزميات المكتوبة التي تتعامل مع ملفات Bitmap وغيرها، فتقرأ بياناتها وتحللها أو تصنع ملفات Bitmap بنفسها. كما في الخوارزمية التالية باستخدام لغة Java:

```
import java.io.*;

public class ReadBitmap {
  public static void main(String[] args) {
     DataInputStream s = null;
     try{
     s = new DataInputStream (new FileInputStream ("1.bmp"));
        // 1.bmp is the file's name
```

```
    byte b;
    // Find the BM characters
    for (int i = 0; i < 2; i++)
    {  b = s.readByte();
      Character ch = new Character ((char)b);
       System.out.print (ch + " ");
    }
    System.out.println();
    // 4 Bytes representing the size of the file
    System.out.print ("File Size = ");
    long totSize = 0;
    for (int i = 0; i < 4; i++)
    {  b = s.readByte();
       int b2 = (int) b;
       if (b2 < 0)
         b2 = 128+(0-b2);
       int toBeAdded = b2;
       for (int j = 0; j < i; j++)
          toBeAdded*=256;
       totSize += toBeAdded;
       System.out.print (b2 + " ");
    }
    System.out.print (" Equals = " + totSize + " Bytes.");
    System.out.println();
    //4 reserved bytes = 0
    System.out.print ("Reserved = ");
    for (int i = 0; i < 4; i++)
    {  b = s.readByte();
       int b2 = (int) b;
       if (b2 < 0)
         b2 = 128+(0-b2);
       System.out.print (b2 + " ");
    }
    System.out.println();
    //4 offset
    System.out.print ("Offset = " );
    for (int i = 0; i < 4; i++)
    {  b = s.readByte();
       int b2 = (int) b;
       if (b2 < 0)
         b2 = 128+(0-b2);
       System.out.print (b2 + " ");
    }
    System.out.println();
    // You can read on bytes in the same way and understand them
    s.close();
    }catch (IOException e)
    { System.out.println (e.getMessage());};
  }
}
```



لإحداث تعديل خطي مثلاً لقيمة البيكسلات في ملف Bmp فإن الخوارزمية التالية تقوم بالمهمة بكفاءة:

```
import java.io.*;

public class LinearMapping {
  public static void main(String[] args) {
     DataInputStream s = null;
     try{
     s = new DataInputStream (new FileInputStream ("1.bmp"));
     DataOutputStream x = new DataOutputStream (new
FileOutputStream (new File ("2.bmp")));
        // 1.bmp is the file's name
     byte b;

     for (int i = 0; i < 34; i++)
     {  b = s.readByte();
        x.writeByte(b);
     }

     int totSize = 0;
     for (int i = 0; i < 4; i++)
     {  b = s.readByte();
        x.writeByte(b);
        int b2 = (int) b;
        if (b2 < 0)
          b2 = 128+(0-b2*128);
        int toBeAdded = b2;
        for (int j = 0; j < i; j++)
           toBeAdded*=256;
        totSize += toBeAdded;
        System.out.print (b2 + " ");
     }

     for (int i = 0; i < 16; i++)
     {  b = s.readByte();
        x.writeByte(b);
     }

     // Image DATA
     System.out.println ("Start of File Info");
     for (int i = 0; i < totSize; i++)
     {
         b = s.readByte();
         int b2 = (int) b;
        if (b2 < 0)
          b2 = 128+(0-b2*128);
        b2 += 60;
        if (b2 > 255)
```

```
            b2 = 255;
          x.writeByte(b2);
      }

      s.close();
      x.close();
      }catch (IOException e)
{ System.out.println (e.getMessage());};


   }
}
```

### نشاط

قم باستخدام خوارزمية مماثلة للمثال أعلاه لإجراء تعديل خطي بإنقاص قيمة كل بيكسل بمقدار 40.

### نشاط (2)

قم بإنشاء خوارزمية أخرى لإحداث تنقية باستخدام الوسط أو الوسيط الحسابي

- تتكون الصورة من مجموعة نقاط Pixels.
- تتداخل هذه النقاط Pixels في دماغ الإنسان لتشكل الصورة الضوئية.
- يمثل الطرف العلوي الأيسر من الصورة نقطة الأصل في الصورة.
- تمايز الصورة Image Resolution هو عدد البيكسلات الممثلة للصورة.
- التمايز اللوني Color Resolution هو عدد الbits الممثلة للون في كل بيكسل في الصورة.
- عدد الألوان = $2^{\text{التمايز اللوني}}$.
- حجم ملف الصورة = تمايز الصورة × التمايز اللوني

Color Resolution × Image File Size = Image Resolution

- الفضاء اللوني Color Space نظام لوني لفهم علاقة التمايز اللوني بالألوان في الصورة ومن أمثلته: RGB، CMYK، HSI وYUV.
- الفضاء اللوني RGB هو تمايز لوني بمقدار 24 bits مقسمة إلى: Byte1 للون الأحمر، Byte1 للون الأخضر وByte1 للون الأزرق، وقد شاع تمثيله باستخدام النظام السادس عشر.
- يتمثل اللون الأسود في الفضاء اللوني RGB بالقيمة (0، 0، 0) في حين يتمثل اللون الأبيض بالقيمة (255، 255، 255).
- الفضاء اللوني CMY اختصار للألوان الثلاثة: Cyan، Magenta وYellow، وقد استحدث لأهميته في الطباعة. تحتسب قيم هذا النظام بالشكل التالي:

$$C = 255 - R$$

$$M = 255 - G$$

$$Y = 255 - B$$

- استحدث الفضاء اللوني CMYK بإضافة اللون الأسود إلى الفضاء اللوني

CMY لأهمية الحبر الأسود في الطباعة وصعوبة تشكيله. تحتسب قيم هذا النظام بتحديد أقل قيمة بين C، M وY وتدعى القيمة L ثم:

$$C = \frac{C - L}{255 - L}$$

$$M = \frac{M - L}{255 - L}$$

$$Y = \frac{Y - L}{255 - L}$$

$$K = \frac{L}{255}$$

- في الفضاء اللوني HSI: يمثل Hue درجة اللون، Saturation إشباع اللون وIntensity شدة الإضاءة.
- تقوم التنقية باستخدام الوسط الحسابي Mean Filtering بتعديل قيمة لون كل بيكسل باحتساب الوسط الحسابي لهذه البيكسل مضافاً إليها قيم البيكسلات المجاورة لها.
- تقوم التنقية باستخدام الوسيط الحسابي Median Filtering بتعديل قيمة لون كل بيكسل باحتساب الوسيط الحسابي لهذه البيكسل مضافاً إليها قيم البيكسلات المجاورة لها.
- تستخدم طريقة التنقية باستخدام الوسيط الحسابي في التخلص من شوائب الملح والبهار Salt and Pepper Noise، إلا أنها تؤثر على حدة الحواف في الصورة.
- تعطي التنقية باستخدام مصفوفة جاوس Gauss وزناً أكبر في حساب المعدل للبيكسل المتوسطة ومن ثم البيكسلات المجاورة لها بشكل أفقي وعمودي ومن ثم تلك المجاورة قطرياً.
- يهدف التعديل الخطي Linear Mapping إلى زيادة أو تقليل الإضاءة في الصورة بإضافة أو إنقاص قيمة ثابتة للقيم اللونية للبيكسلات في الصورة.



- عند إجراء التعديل الخطي للصور ذات التدرج الرمادي مثلاً فإن أية قيمة معدلة لا يمكن أن تتجاوز 255 أو تقل عن 0.
- التمثيل الرمادي Histogram هو رسم بياني يمثل المحور السيني فيه القيم اللونية المستخدمة في الصورة، ويمثل المحور الصادي تكرار هذه القيمة ضمن بيكسلات الصورة.
- يقوم التعديل الخطي بتحريك قيمة كل بيكسل في الصورة على التمثيل البياني بمقدار ثابت، وبالتالي تحريك التمثيل البياني للصورة يميناً أو يساراً.
- يمكن إجراء التعديل الخطي لواحدة أو أكثر من قنوات الفضاء اللوني Channels للصور الملونة، كزيادة أو إنقاص قيم اللون الأحمر في الفضاء اللوني RGB مثلاً.
- يقوم التعديل اللوغاريتمي Logarithmic Mapping بزيادة/تقليل مقدار متغير على القيمة اللونية للبيكسلات. ويعتبر التعديل اللوغاريتمي أفضل في الصور ذات الأجسام الداكنة على خلفية فاتحة وبالعكس.
- قلب الصورة Invert هو استبدال قيمة كل بيكسل بالقيمة المقابلة تماماً في التمثيل البياني، فتستبدل القيمة 0 في التدرج الرمادي بالقيمة 255، والقيمة 230 بالقيمة 20 وهكذا.
- يقوم قلب الصورة Invert بقلب التمثيل البياني للصورة أفقياً Flip Horizontally.
- الحافة في الصورة هي المنطقة التي يحدث فيها تغيير مفاجئ وحاد في القيمة اللونية للبيكسلات المتجاورة.
- تستخدم مصفوفات سوبل Sobel لتحديد الحواف الأفقية والعمودية في الصورة.
- قامت شركة Microsoft بتطوير ملف Bitmap (.bmp) للصور غير المضغوطة، ويحتوي ملف Bitmap على 14B ترويسة الملف، 40B ترويسة المعلومات، جدول الألوان (إن وجد) ومعلومات البيكسلات.

## المراجع


Chapman N. and Chapman J. (2000) Digital Multimedia. USA: John Wiley and Sons.

Efford, Nick. (2000) Digital Image Processing: A practical introduction using JAVA. England: Person Education Limited.

Jahne B. (2002) Digital Image Processing. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Sonka M. et. al (1999). Image Processing, Analysis, and Machine Vision. USA: Brooks/Cole Publishing Company.

Vaughan Tay (2001) Multimedia – Making It Work. 5th Edition. USA: McGraw-Hill.

Villamil-Casanova J. and Molina L. (1997) Multimedia – An Introduction. US: Prentice Hall.




## تمارين وتدريبات

1. في أي من زوايا الصورة الأربعة ذات الحجم 200×200 تقع البيكسل (200، 0)؟
2. صورة ذات تمايز بمقدار 400 × 300 بيكسلاً وذات تمايز لوني بمقدار 8 bits:

   أ. احسب حجم الصورة بوحدة البايت B.

   ب. احسب عدد الألوان التي يمكن تمثيلها في هذه الصورة.

   ج. إذا تغير التمايز اللوني للصورة إلى 16 bits فما هو الحجم الجديد للصورة؟
3. إذا كان التمايز اللوني للصورة التالية هو 2 bits، وكانت الألوان الأربعة المستخدمة في الصورة هي: الأحمر، الأخضر، الأصفر والأسود، مرتبة حسب قيمها، أي أن الأحمر يمثل بالرمز 00، الأخضر بالرمز 01، الأصفر بالرمز 10 والأسود بالرمز 11.

   أ. مثل قيم الصورة التالية:

| | | |
|---|---|---|
| أسود | أخضر | أحمر |
| أصفر | أخضر | أحمر |
| أصفر | أحمر | أحمر |

   ب. احسب حجم الصورة بوحدة Bit.
4. أكمل الجدول التالي بما يناسبه من قيم الألوان:

| اللون | الأحمر | الأخضر | الأزرق | التمثيل السداسي |
|---|---|---|---|---|
| البرتقالي | | | | |
| الأزرق الغامق | | | | |
| الرمادي الفاتح | | | | |
| | | | | #AA806F |
| | | | | #30402B |
| | 112 | 112 | 65 | |

5. اشرح السبب وراء ظهور الفضاء اللوني CMY.
6. اشرح السبب وراء ظهور الفضاء اللوني CMYK.
7. اشرح السبب وراء ظهور الفضاء اللوني HSI.
8. إذا كان الفضاء اللوني RGB مستخدما في تمثيل صورة معينة، وكان التمثيل الرقمي التالي يمثل معلومات الصورة، أجب عن الأسئلة التالية:

0010100101111110000101101011010110000000111111111

أ. كم عدد البيكسلات الممثلة؟

ب. حول قيمة البيكسل الثانية إلى النظام السادس عشر.

ج. هل تستطيع تقدير اللون الحقيقي للبيكسل الثانية؟ (استخدم نظام Photoshop للتأكد من استنتاجك)

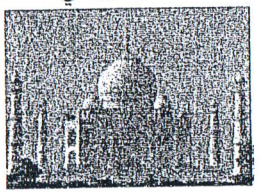
9. حول القيمة #AB9C34 من الفضاء اللوني RGB إلى الفضاء اللوني CMYK.
10. حول القيمة #B2DF92 من الفضاء اللوني RGB إلى الفضاء اللوني YUV.
11. حول القيمة CMY = (123 231 90) إلى التمثيل السادس عشر للفضاء اللوني RGB.
12. ما هي النقاط التي يجب أن تستفسر عنها عند شرائك ماسحة ضوئية جديدة؟



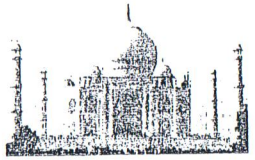
13. .. ما هي قطعة CCD ولماذا نحتاجها في الماسحات الضوئية والكاميرات الرقمية؟
14. ما هو الفرق بين شاشات العرض CRT وشاشات عرض LCD؟
15. ارسم التمثيل البياني Histogram للصورة ذات البيكسلات التالية: (لاحظ أن التمايز اللوني للصورة هو 2 bits/pixel. ثم أجر تعديلاً خطياً بمقدار 1 وارسم التمثيل البياني الجديد.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 11 | 10 | 01 | 01 |
| 00 | 00 | 10 | 10 | 10 |
| 10 | 00 | 01 | 10 | 10 |
| 11 | 00 | 01 | 01 | 10 |
| 11 | 01 | 01 | 01 | 01 |
| 00 | 01 | 01 | 01 | 01 |

16. الصورة التالية تم تعديلها باستخدام التعديل الخطي والتعديل اللوغاريتمي. أي الصورتين المعدلتين تنتمي للتعديل الخطي وأيهما تنتمي للتعديل اللوغاريتمي؟ لماذا؟



الصورة الأصلية



الصورة المعدلة1

الصورة المعدلة2

الصورة: تاج محل – أجرا – الهند (2004)

17. في الصورة التالية ذات التدرج الرمادي

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 123 | 123 | 123 | 123 | 123 |
| 124 | 124 | 124 | 124 | 124 |
| 244 | 28 | 28 | 244 | 244 |
| 245 | 16 | 12 | 244 | 244 |
| 244 | 244 | 244 | 244 | 244 |
| 244 | 244 | 244 | 244 | 244 |

أ.قم بتنقية الصورة باستخدام الوسط الحسابي

ب.قم بتنقية الصورة باستخدام الوسيط الحسابي

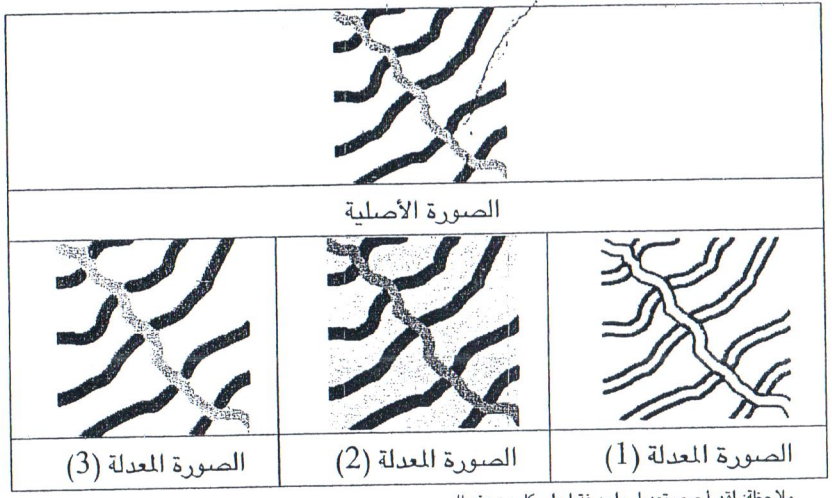
ج.قم بتنقية الصورة باستخدام مصفوفة Gauss

د.أي الطرق التالية كانت أكثر نجاعة في التخلص من الشوائب المظللة.

**18.** باستخدام مصفوفتي سوبل، قم بتحديد الحواف العمودية والأفقية في الصورة التالية علما بأن الفضاء اللوني المستخدم فيها هو التدرج الرمادي

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 123 | 123 | 123 | 123 | 123 |
| 124 | 124 | 124 | 124 | 124 |
| 244 | 244 | 244 | 244 | 244 |
| 245 | 244 | 244 | 244 | 244 |
| 244 | 244 | 244 | 244 | 244 |
| 244 | 244 | 244 | 244 | 244 |

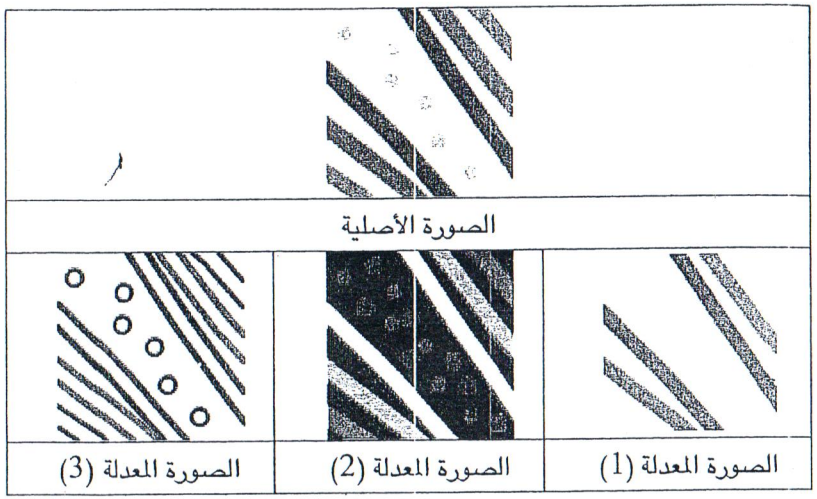
**19.** ما هو التغير الحاصل على الصور المعدلة؟



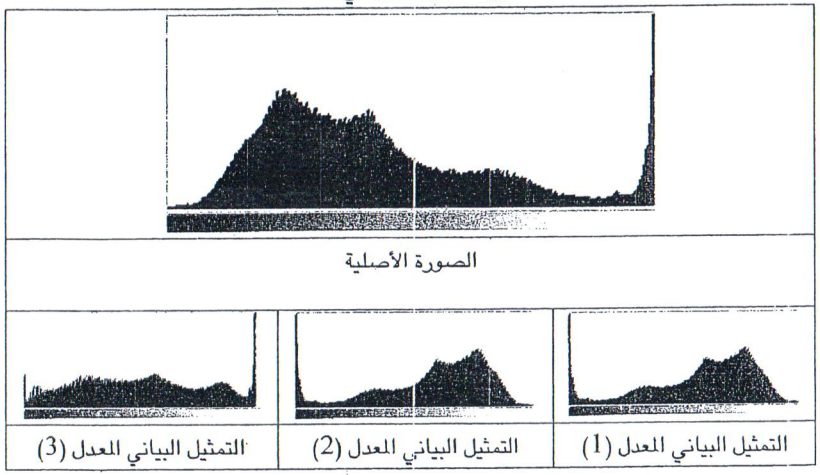

ملاحظة: لقد أجري تعديل واحد فقط على كل من هذه الصور.

**20.** ما هو التغير الحاصل على الصور المعدلة؟






**21.** ما هو التغير الحاصل على التمثيل البياني للصورة؟




**22.** كيف وأين تخزن المعلومات التالية عن الصورة في ملف Bitmap:

أ. تمايز الصورة

ب. التمايز اللوني

ج. حجم الملف

د. طريقة الضغط

23. اكتب برمجية تقوم على قلب Invert الصورة باستخدام لغة Java.

24. حول القيمة التالية للبيكسل إلى النظام السادس عشر، ثم حاول اكتشاف اللون الممثل لهذه القيم.

01111111011110001011110 1

25. ما هو التمثيل الرقمي للبيكسل من النظام السادس عشر التالي: #A8450F؟

26. حاول تمثيل الألوان التالية باستخدام الفضاء اللوني RGB: الأخضر الداكن، الرمادي الفاتح، الأصفر الداكن، البرتقالي الداكن، الأزرق السماوي.

# الوحدة الرابعة

# الرسوم المتحركة

# Animation