عظمة التمثيل الثنائي (الرقمي)[1]

خالد أسعد، جميل محسن

تلخيص:

مع التقدم التكنولوجي والتقني السريع، أخذ العالم من حولنا بوسائله المتنوعة يتحوّل وبصورة متسارعة إلى عالم رقمي. فأخذت وبصورة انقلابية معظم الأجهزة الإلكترونية من حولنا تتحول إلى أجهزة رقمية. كذلك أخذت المعلومات على كثرتها وكثرة تنوّعها وتنوع أنماطها تُحوّل إلى معلومات رقمية تحفظ وتعالج في أجهزة إلكترونية رقمية في متناول الجميع.

إن لهذا الأمر أسبابه ودواعيه. في هذا المقال يتم الوقوف على البعض من هذه الأسباب والتي أدّت إلى انتشار الأجهزة الإلكترونية الرقمية ، وكذلك يتم عرض الأسس في مسألة تحويل المعلومات بأنواعها وأنماطها المختلفة إلى صورتها الرقمية.

1. مقدمة:

تشهد هذه الحقبة من الزمان تحولا جذريا في طريقة تمثيل المعلومات والبيانات. فالمعلومات من حولنا تتحول وبصورة سريعة إلى التمثيل الرقمي؛ حيث أخذت الأجهزة التي تعتمد التمثيل الثنائي الرقمي تحل محل الأجهزة التي لا تعتمد التمثيل الرقمي[2]. فنحن في مراحل انتقال سريع: من الكاميرات العادية إلى الرقمية، ومن أجهزة قياس الحرارة العادية (الزئبقية) إلى أجهزة القياس الرقمية، ومن ساعات التوقيت العادية إلى الرقمية .. وهكذا.

حقا إن العالم من حولنا قد تغيّر. ليصبح أكثر رقميا، فها نحن محاطين ونستخدم أكثر وأكثر وسائل وأجهزة تعتمد في تقنيتها على التقنية الرقمية (Digital Technology).

من الملفت أيضا، أنه على الرغم من تعدد المعلومات وتنوع صورها وأنواعها كالصور والأفلام المرئية والأصوات المسموعة والنصوص والأعداد المقروءة وغيرها كمقدار الضغط الجوي ودرجات الحرارة، فإن كل هذه المعلومات بأنواعها وصورها المختلفة تم معالجتها وتم تحويلها إلى بيانات قابلة لأن تحفظ في أجهزة رقمية إلكترونية على هيئة شحنات كهربائية.

---

[1] Digital Representation

[2] وتعتمد التمثيل التناظري (Analog)، وهو التمثيل الحقيقي الفيزيائي للقيم.

إن قضية تمثيل وتحويل المعلومات باختلاف أنواعها وأنماطها إلى بيانات قابلة للخزن والحفظ في الأجهزة الإلكترونية، هي قضية مهمّة ؛ وقد مرّت عبر العقود الفائتة بتطورات ملفتة، ولا تزال تشغل بال الخبراء من أجل تطويرها أكثر بل واستيعاب أنماط جديدة من معلومات.

في هذا المقال يحاول الكاتبان معالجة قضية التمثيل هذه، والتعرض لكيفية نجاح العلماء حتى الآن في تمثيل وتحويل المعلومات على اختلاف أنواعها وأنماطها إلى بيانات رقمية قابلة للحفظ والمعالجة في الأجهزة الإلكترونية. يتعرض الكاتبان أيضا إلى عظمة وقوة هذا التمثيل الثنائي الرقمي المتّبع لتمثيل البيانات مقارنة ببقية أنواع التمثيل الأخرى كالتمثيل العشري أو التمثيل التناظري. مستهلّين المقال بعرض تاريخي لأنظمة العدّ وأجهزة الحواسيب، ثم التوسّع في طرق تمثيل المعلومات بأنواعها المختلفة وتحويلها إلى التمثيل الثنائي الرقمي.

2. التمثيل الرقمي مقابل التمثيل التناظري (Digital vs Analog Representation)

♦ أنظمة العدّ (Numbering Systems):

عدّ الإنسان الأول الأشياء بطريقة العدّ العشرية، بعدد أصابع يديه العشرة. نظام العدّ هذا مكون من عشرة رموز (1,2,3,4,5,6,7,8,90,)، وتتكون الأعداد فيه من خانات. فالعدد 43 يعني بالنسبة لنا أربع عشرات وثلاثة. إلا أن طريقة العدّ هذه ليست الطريقة الوحيدة في العدّ. فبالإمكان العدّ بطريقة العدّ الثماني والذي يستخدم ثمانية رموز (1,2,3,4,5,6,70,) أو نظام العد الإثنا عشر (12) أو غيرها. فعد السنوات يكون بحسب نظام الإثني عشر: فالسنة فيها 12 شهرا، وحينما نقول أن عمر هذا الطفل هو سنتين، نقصد 24 شهرا لأننا نعد بنظام الإثني عشر، وليس 20 شهرا بحسب العدّ بالطريقة العشرية. (רגב, 1987)

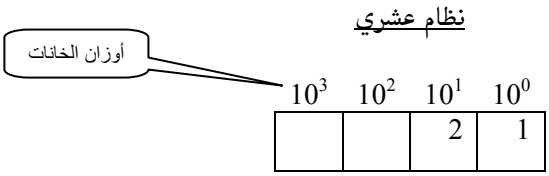
عشري	ثماني	ثنائي
0	0	0
1	1	1
2	2	10
3	3	11
4	4	100
5	5	101
6	6	110
7	7	111
8	10	1000
9	11	1001
10	12	1010
11	13	1011
12	14	1100
13	**15**	**1101**
14	16	1110

جدول-1

إن اختلاف أنظمة العدّ لا يؤثر على الأشياء المعدودة، ولكل

واحد من أنظمة العدّ المختلفة خصائصه ومميزاته. فالعدد $13_{(10)}$ في النظام العشري يقابل العدد $15_{(8)}$ في النظام الثماني وهو العدد $1101_{(2)}$ في النظام الثنائي. (أنظر جدول–1)

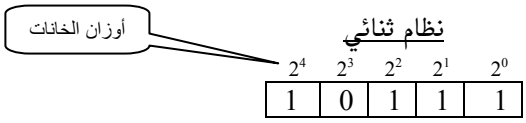
تمتاز أنظمة العدّ السابقة بأنها موزونة، أي أن قيمة الرقم في العدد تتحدد بالرقم نفسه وبموضع الخانة التي كتب فيها. فقيمة الرقم 2 في العدد **21** في النظام العشري تختلف عن قيمته في العدد 12. ففي العدد 21 قيمة الرقم 2 هي 20 أما قيمته في العدد 12 فهي 2 فقط. وذلك لأن وزن الخانة الأولى في النظام العشري هو 1 والخانة الثانية هي 10. (لارون, 2000)



- **نظام العدّ الثنائي**

في بداية القرن الثامن عشر تم إيجاد نظام العدّ الثنائي (The Binary System) على يد عالم الرياضيات الألماني الشهير **ليبنتز**[3] الذي أسس علم التفاضل. **(رقب, 1987)**

في هذا النظام يُستخدم الرقمين [0،1] بدلا من الأرقام العشرة في النظام العشري. وهكذا فالأعداد أو القيم في نظام العد الثنائي تقدّر بسلسلة من الخانات ، تأخذ كل خانة قيمة واحدة فقط من اثنتين [0 أو 1] ؛ مثل، العدد 1001101.



إن عدد ذو خانة واحدة في هذا النظام الثنائي يدعى بتاً (bit = binary digit). بمساعدة بت واحدة يمكن تكوين قيمتين مختلفتين وهما 0 و 1 . وبمساعدة 2 بتات يمكن تكوين أربعة أعداد مختلفة وهي 01,10,11,00, ويقابلها في العشري 1,2,3,0,. وإذا أردنا تمثيل قيما أكبر، علينا إضافة خانات أخرى إلى اليسار كما نصنع في نظام العدّ العشري. ففي النظام العشري إذا

[3] Gotttfried Wilhelm Leibniz (1647-1716) ، أنظر الموقع:
http://www.idsia.ch/~juergen/leibniz.html

وصلنا إلى العدد 999 وأردنا أعدادا أكبر نضيف خانة إضافية لليسار فنستطيع تكوين مجالا أكبر من الأعداد من 0000 وحتى 9999 أي عشرة أضعاف ما يمكن تمثيله بثلاث خانات فقط. وكذلك الحال بالنسبة لنظام العدّ الثنائي، إذا أضفنا خانة جديدة لليسار يتضاعف عدد ما يمكن تمثيله من القيم الضعف. (عودة، 1997) (لارزز, 2000)

خانتان	ثلاث خانات	عشري
00	000	0
01	001	1
10	010	2
11	011	3
	100	4
	101	5
	110	6
	111	7

جدول-2

3. الأجهزة الإلكترونية ونظام العدّ الثنائي

عندما فكّر مصمّمو الحواسيب الأولى بصناعة حواسيب تنفِّذ عمليات حسابية اعترضتهم قضية تمثيل الأعداد والقيم العددية: هل يصمّموا الحواسيب باعتماد النظام العشري أم باعتماد النظام الثنائي أم بنظام عددي آخر؟ أخيرا، صمموا نوعين من الحواسيب، نوع اعتمد النظام العشري، والآخر اعتمد النظام الثنائي. إلا أن طبيعة الأجهزة الإلكترونية والحواسيب قد رجّحت بل ألزمت اعتماد النظام الثنائي وتفوقه على غيره، وذلك لأسباب تقنية موضوعية (Aspray,1992). فالحاسوب هو جهاز إلكتروني مكون من دوائر كهربائية تستخدم إشارات أو نبضات كهربائية. للإشارة أو للنبضة الكهربائية حالتين اثنتين: إما وجود الإشارة في مقطع الدائرة الكهربائية أو عدم وجودها، أو أن تكون الإشارة موجبة مثل (+5v) فولت أو سالبة مثل (−5v) فولت.

هذه هي طبيعة الحاسوب وطبيعة الأجهزة الإلكترونية، فهي طبيعة ثنائية أصلا: وجود نبض أو عدم وجوده، وجود تيار في السلك أو عدم وجوده، وجود شحنة أو عدم وجودها. وعليه فاستغلال هذه الطبيعة الثنائية لتمثيل الأعداد والبيانات داخل الحاسوب بالنظام الثنائي هو

الطبيعي وهو الأصل. وعليه، تبيّن فيما بعد، أن الحواسيب التي صمّمت بحسب النظام الثنائي نجحت نجاحا ملحوظا وتم تطويرها وتحسينها وكانت قليلة المشاكل؛ وكانت هذه الحواسيب أكثر أمنا على سلامة البيانات وأكثر دقة من أي نظام آخر. أما الحواسيب التي اعتمدت النظام العشري واجهت مشاكل فنيّة وتقنيّة كثيرة. (Aspray, 1992)

وهكذا راجت صناعة الحواسيب التي تعتمد النظام الثنائي وازدادت تطورا، أما الحواسيب التي اعتمدت النظام العشري توقفت صناعتها واندثرت. (Aspray, 1992)

من هنا كان لموجد النظام الثنائي **لايبنتز** (Leibniz)، وللنظام الثنائي ذاته رواجا واشتهارا كبيرا. ومن العلماء البارزين الذي أخذ قسطا وافرا من الشهرة هو **جورج بول**[4] الإنجليزي الذي أوجد علم الجبر المنطقي الذي يعتمد على النظام الثنائي [0،1] . أطلق على هذا العلم فيما بعد "الجبر البولياني" (Boolean Algebra) نسبة لاسم موجده. كان لعلم الجبر البولياني هذا وتطوره أثرا بارزا في تصميم الدوائر الكهربائية الدقيقة والتي هي اللبنة الأساسية في تصميم الحواسيب والأجهزة الإلكترونية الرقمية. (רגב, 1987)

وهكذا فإن طبيعة البيانات داخل الحاسوب كلها ثنائية رقمية، تعتمد النظام الثنائي فقط. فإذا ما أردنا إدخال أي معلومة إلى الحاسوب، فمن المفروض أولا أن نحوّلها إلى تمثيل ثنائي ثم بعد ذلك إدخالها إلى جهاز الحاسوب لحفظها أو لمعالجتها. لذا تعد بيانات الحاسب بيانات رقمية ثنائية، بمعنى، أنها تُمثّل بقيمتين اثنتين فقط [0 و 1] ويطلق على كل منها رقم ثنائي أو بت bit = binary digit. "حتى أن الحواسيب الضخمة جداً لا تتعدى أن تكون مجرّد سلّة كبيرة منظمة بصورة جيدة من الآحاد والأصفار"، (Harel, 1987).

وعليه فإن جميع المعلومات العددية وغير العددية كالرموز والحروف وغيرها تحوّل إلى بيانات ثنائية رقمية قابلة للحفظ. (בן צבי، 2001)

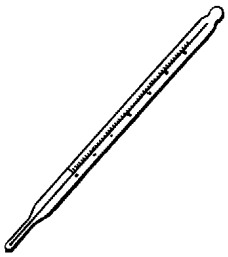
---

4 George Boole (1815 - 1864) أنظر الموقع:
http://www.schoolsahead.com/sscan/boole.html

4. التناظري مقابل الرقمي (Analog vs Digital)

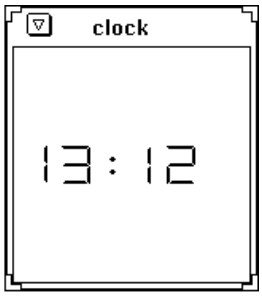
من المعلوم أننا نستطيع عرض وتمثيل "كميات" من المعلومات كالنصوص، والأرقام، والأصوات، والصور، والوقت، والحرارة وغيرها بطريقتين اثنتين:

الأولى: عن طريق القيمة الفيزيائية للشيء: كارتفاع مستوى الزئبق في مقياس الحرارة، وكحركة عقارب الساعة الميكانيكية المتواصلة التي تعمل بالنوابض، وكشدة الضوء، وغيرها من المقادير الفيزيائية المتغيّرة بصورة متواصلة. حيث تُعرض القيم بطبيعتها الفيزيائية دون تحويل. إن هذا التمثيل للقيم يدعى تمثيلا "تناظريا" (Analog). أنظر الصور التالية:



الثانية: كعرض الوقت في الساعات الرقمية الحديثة. أو جهاز قياس درجة الحرارة الرقمي، وغيرها الكثير. هنا يتم عرض القيم الفيزيائية أو المعلومات بعد تحويلها إلى قيم عددية (كميّة) بديلة ثم تحويل هذه القيم العددية إلى قيم رقمية ثنائية ليتم حفظها ومعالجتها في الأجهزة الإلكترونية. وبعد معالجتها واستعادتها يتم عرضها من جديد كقيم رقمية عادية. هذا هو التمثيل "الرقمي" (Digital).

أنظر الصور التالية:



بدأ اليوم التمثيل الرقمي يحتل أكثر وأكثر مكان التمثيل التناظري في الأجهزة، وأخذت تنتشر الأجهزة الإلكترونية (أي الرقمية) لتعالج الكثير من المعلومات على كافة أنواعها وأنماطها

وصورها، النصية منها والسمعية (أصوات) والبصرية (صور وأفلام) ودرجات الحرارة أو الضغط أو كمية السكر في الدم وغيرها الكثير.

إنّ الانتقال والتحوّل للتمثيل الرقمي في العقدين الأخيرين أحدث انقلابا نوعيا في مجال المعلومات وطرق تمثيلها وعرضها. إن هذا الانقلاب يعد، حسب رأي الكثيرين[5]، من أعظم الإنجازات والتجديدات التي حدثت بعد الثورة الصناعية في القرن التاسع عشر.

كيف حدث هذا كله؟

ولماذا عدّه الكثيرون انجازا وانقلابا عظيما؟

من أجل فهم ذلك، نعرض أولا وبشيء من التفصيل عن كيفية تمثيل وتشفير المعلومات بأنواعها وأنماطها المتعددة إلى التمثيل الرقمي الثنائي ليتم حفظها ومعالجتها في الأجهزة الإلكترونية.

5. تمثيل المعلومات بأنواعها بالتمثيل الثنائي الرقمي:

5.1. مقدمة:

ذكرنا أعلاه أن كل قيمة فيزيائية من الممكن أن تخطر على البال : كالضغط الجوي، أو درجة حرارة أو شدة الإضاءة، أو لون أو نسبة الرطوبة أو غيرها، ويمكن تقدير قيمتها الفيزيائية بقيمة كميّة (عددية) معينة، وقمنا بتحويل قيمتها الكمية (العددية) هذه إلى التمثيل الرقمي الثنائي، يتاح بعدها وبكل سهولة، معالجتها وحفظها في أي جهاز إلكتروني ، حيث أن الأجهزة الإلكترونية معدّة خصيصا لهذا الغرض.

من هنا، فالقضية المهمّة والأساسية هي قضية تحويل المعلومات بكافة أنماطها إلى بيانات رقمية ثنائية. فكل معلومة أيا كان نوعها أو نمطها فإنه بعد تحويلها إلى بيانات ثنائية، نستطيع وبكل تأكيد حفظها أو معالجتها في الحواسيب والأجهزة الإلكترونية. من هنا تأتي عظمة ومصداقية النظام الثنائي (The Binary System) في تمثيل المعلومات.

---

[5] متحف العلم على اسم بلومفيلد، القدس. الموقع:
http://www.mada.org.il/website/html/3/3_2_5_1.htm

إن عملية التحويل والتمثيل هذه تسمّى بعدة مسمّيات مترادفة تقريبا: تسمّى تشفيرا (encoding) وتسمّى أيضا رقمنة (digitizing). التسمية الأولى أعمّ من الثانية فهي تشمل التحويل بالاتجاهين مع أن الغالب هو تحويل المعلومات إلى التمثيل الثنائي. أما الرقمنة فإنها تعني تحويل المعلومات إلى بيانات ثنائية أي التحويل باتجاه واحد.

5.2. تمثيل الأعداد والأرقام

بما أن الحواسيب بطبيعتها مكوّنة من دوائر إلكترونية دقيقة يؤدي ذلك إلى إختزال وتوحيد المعلومات كلها لتصبح مكوّنة من رقمين اثنين [0 و 1]. إن هذه الأجهزة الالكترونية والحواسيب التي تعمل وفق النظام الثنائي يكون تمثيل الأعداد الثنائية فيها تلقائيا دون تحويل. لأنها تمثل القيم العددية بمجرد عملها وفق النظام الثنائي. (בן צבי, 2001)

إن الأشخاص الذين تعاملوا مع أجهزة الحاسوب الأولى في بداية الأمر استخدموا العدّ الثنائي فقط. أما اليوم تتمتع الحواسيب بأجهزة تحويل تلقائية تحوِّل الأرقام والأعداد العشرية المدخلة مباشرة إلى الثنائي (كلوحة المفاتيح)، وبأجهزة تحويل تلقائية أخرى تحوّل الأعداد الثنائية المنتجة لعرضها على الشاشة كأعداد وأرقام عشرية مستعادة. كل ذلك بحسب طرق ثابتة وبسيطة جدا وبحسب جداول تحويل معروفة. (أنظر جدول–3):

القيمة العشرية	القيمة الثنائية
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111
16	10000
17	10001
18	10010
19	10011
20	10100
..	..

جدول–3: مقطع من جدول تحويل

5.3. تمثيل الرموز والحروف

أما بالنسبة للرموز وللحروف غير العددية، كحروف اللغات (A, B, C...) والرموز الأخرى كـ (...+, =, <, &, %, #, *) يتم ترجمة الرموز المكونة للبيانات إلى أرقام (ثنائية) وفقا لنظام ترميز (CODING SYSTEM) معين يدعى ASCII. (خليل، 1992)

(ASCII = American Standard Code for Information Interchange)

يتألف هذا النظام من 256 رمزا مختلفا (أرقام وحروف ورموز) حيث يقابل كل رمز منها عددا معلوما يقع في المجال [0..255] .

الرمز A يقابله العدد 65 في الميزان العشري والذي يقابله 01000001 في الميزان الثنائي. انظر الجدول التالي (جدول–4) والذي يتضمن مجموعة من الحروف والأرقام والأعداد التي تقابلها.

وهكذا فلكل رمز أو حرف من الحروف ما يمثله تمثيلا منفردا في هذه القائمة. فالحرف a له تمثيل يختلف اختلافا كليا عن A وهكذا.

فكر الخبراء، مع تطور الحواسيب، في توسيع الجدول السابق ليحوي حروف ورموز لغات العالم المختلفة جميعها. فأوجدوا نظام الترميز اليونيكود[6] (Unicode) وهو أوسع بكثير من النظام السابق حيث يشمل 6500 إمكانية ترميز وهذا أكثر بكثير من عدد رموز وحروف لغات العالم جميعها، وله ميّزات أفضل.

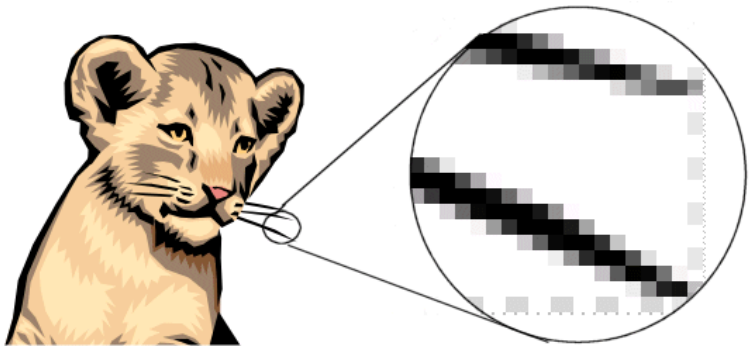
ASCII - TABLE		
Decimal	Binary	Value
048	00110000	0
049	00110001	1
050	00110010	2
051	00110011	3
052	00110100	4
053	00110101	5
054	00110110	6
055	00110111	7
056	00111000	8
057	00111001	9
065	**01000001**	**A**
066	01000010	B
067	01000011	C
068	01000100	D
069	01000101	E
070	01000110	F
071	01000111	G
072	01001000	H
073	01001001	I
074	01001010	J
075	01001011	K
076	01001100	L
077	01001101	M
078	01001110	N
079	01001111	O
080	01010000	P
081	01010001	Q
082	01010010	R
083	01010011	S
084	01010100	T
085	01010101	U
086	01010110	V
087	01010111	W
088	01011000	X
089	01011001	Y
090	01011010	Z
097	**01100001**	**a**
..	..	**b**

جدول–4

[6] الموسوعة الحرّة ويكيبيديا http://he.wikipedia.org/wiki/Unicode

5.4. تمثيل الصور بأنواعها

إن تحويل الصور الفوتوغرافية إلى صور رقمية بالتمثيل الثنائي هو أمر مركّب ومعقّد أكثر من تحويل الرموز والأعداد الذي ذُكر سابقا، وذلك لأن الرموز والأعداد هي بيانات بطبيعتها منفصلة عن بعضها. فالعدد مكوّن من أرقام والكلمات مكوّنة من حروف، ولكل رقم أو حرف ما يمثّله ويميّزه. أما بالنسبة للصور فالحال مختلف تماما، فالصورة هي وحدة واحدة متماسكة، ومن أجل تحويلها إلى صورة رقمية لا بد من تجزئتها وتقسيمها إلى وحدات بيانية صغيرة جدا قابلة للتمثيل الرقمي بمفردها. وعليه ومن أجل تحويل الصورة إلى صورة رقمية، تقسّم الصورة وتجزّأ إلى نقاط بيانية صغيرة جدا تسمى البكسلات (pixel=picture element). (أنظر الشكل التالي)



وهكذا تصبح الصورة عبارة عن شبكة طولية وعرضية من النقاط أو من البكسلات. لكل بكسل من هذه البكسلات يتم تعيين قيمة لونيّة (أسود، أو أبيض، أو ظلال الرمادي، أو لون)، ويتم تقديمه رقمياً على شكل كود ثنائي [0 و 1]. ثم يتم تخزين الأرقام الثنائية لكل بكسل على التتابع بواسطة الحاسوب. (מילמור, 1999)

تُعرف الصور الرقمية أيضاً باسم "الصور النقطية" (BitMap)، وهي صور تم مسحها ضوئياً من الوثائق الأصلية بواسطة ماسحات ضوئية وحفظت في الحاسوب، أو تم التقاطها مباشرة بواسطة كاميرات رقمية حديثة. إن بإمكان الصورة الرقمية حمل المعلومات والنموذج الطباعي وعرض الصورة الأصلية بدقة. رغم أن تكنولوجيا التصوير الرقمي متاحة منذ فترة، فلم ينتشر

استخدامها إلا في فترة التسعينيات، حيث أدى التقدم الفني إلى تحسين الصورة وتقليل التكلفة وزيادة إمكانية الوصول إليها.

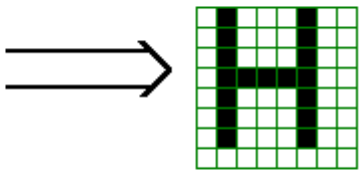
(أنظر الموقع التالي):
http://www.librarypreservation.org/arabic/preservation/digital.html

5.4.1. تمثيل الصور ذات اللونين (أبيض وأسود):

في هذه الحالة تجزّأ وتقسّم الصورة إلى نقاط (بكسلات) صغيرة جدا طوليا وعرضيا. تأخذ كل نقطة (بكسل) قيمة واحدة بقدر بت واحد (bit) والذي بدوره يأخذ القيمة 0 أو القيمة 1.

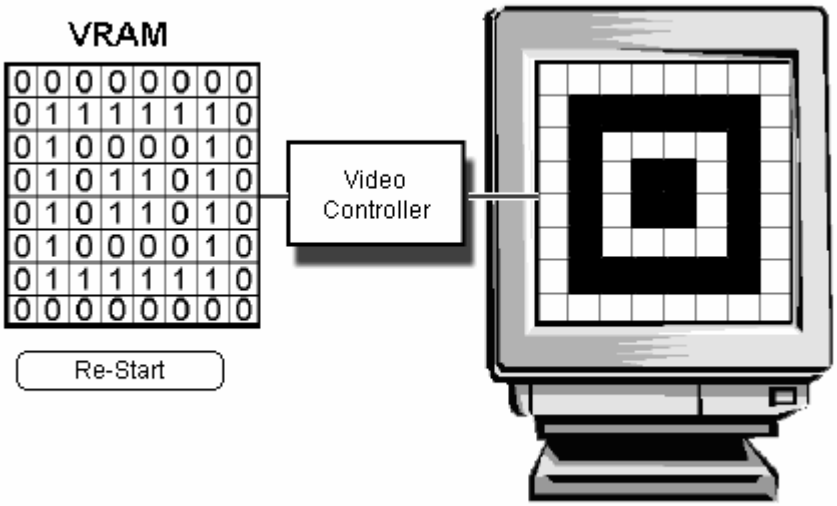
مثال: لو أخذنا صورة الحرف (H) باللونين الأبيض والأسود ونريد تمثيلها ببكسلات، نعطي البكسل الأبيض القيمة 0 والبكسل الأسود القيمة 1. فتكون لدينا شبكة من الأصفار والآحاد طولية عرضية تمثّل هذه الصورة بالثنائي (أنظر الشكل التالي):

0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0



تحفظ هذه البتات في ذاكرة الحاسوب الخاصة بالعرض (VRAM)[7]، وبواسطة بطاقة العرض (Video Controller) الموصولة بين ذاكرة العرض والشاشة يتم إعادة تحويل سلسلة البتات (الآحاد والأصفار)، التي تمثل الصورة الرقمية، إلى (بكسلات مضيئة) أضواء صغيرة جدا في شاشة العرض (أنظر الشكل التالي):

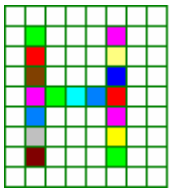
[7] هي ذاكرة تستخدم لتحزين بيانات البكسلات التي يجري عرضها على الشاشة. تقوم بطاقة العرض أو الفيديو بقراءة محتويات هذه الذاكرة بصورة دورية لانعاش الصور الموجودة على الشاشة.



5.4.2. تمثيل الصور الملوّنة:

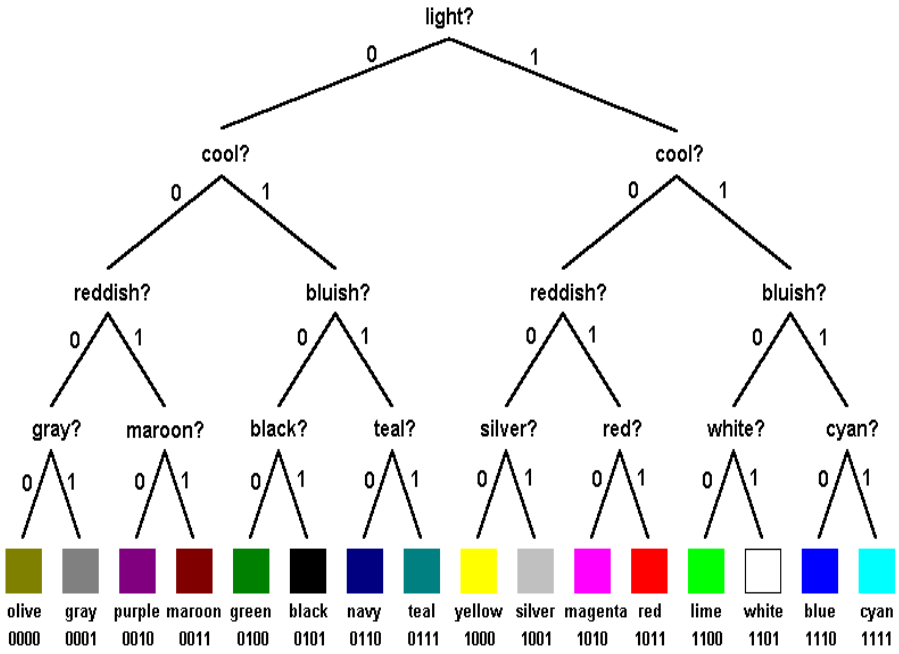
إذا كانت الصورة ملوّنة، فإن المعلومات وكمية البيانات التي من المفروض تمثيلها ستكون كثيرة لأنها تحتوي على بيانات إضافية تمثّل الألوان. فالصور الفوتوغرافية ذات الألوان كصور المناظر الطبيعية، يتم تمثيلها بإعطاء كل نقطة (بكسل) قيمتين: قيمة تمثل شدة الإضاءة وقيمة تمثل اللون.

مثال: لو كانت الصورة السابقة للحرف (H) ملوّنة ، (كما في الشكل التالي):

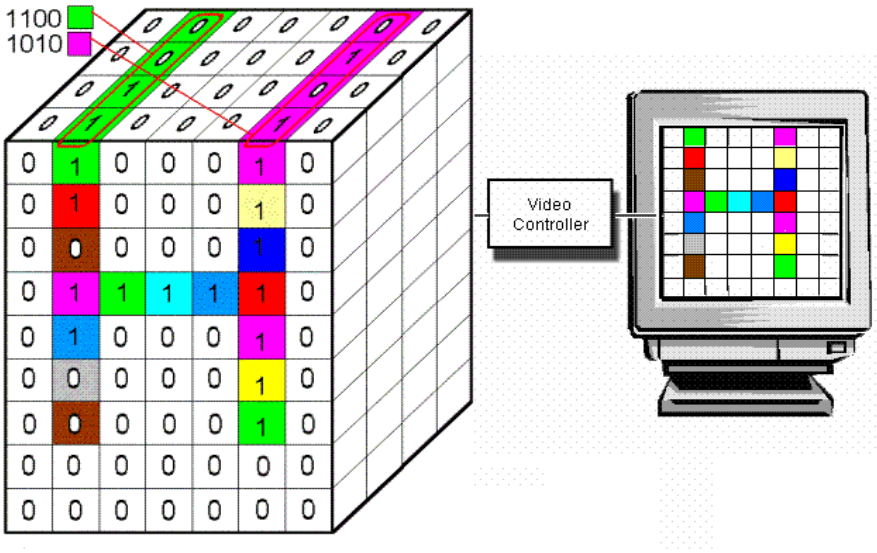


ففي هذه الحالة لا يكفي من أجل تمثيل المعلومات إعطاء كل بكسل القيمة 0 أو 1 فقط، بل لا بد من إضافة قيمة عددية تمثل اللون.

في الشكل التالي تجد شجرة ألوان تحوي التسلسل الرقمي الثنائي لـ16 لونا. وهو تسلسل متفق عليه، فيه أعطي كل لون قيمة ثنائية معلومة تمثّله، وتميّزه (أنظر الشكل):



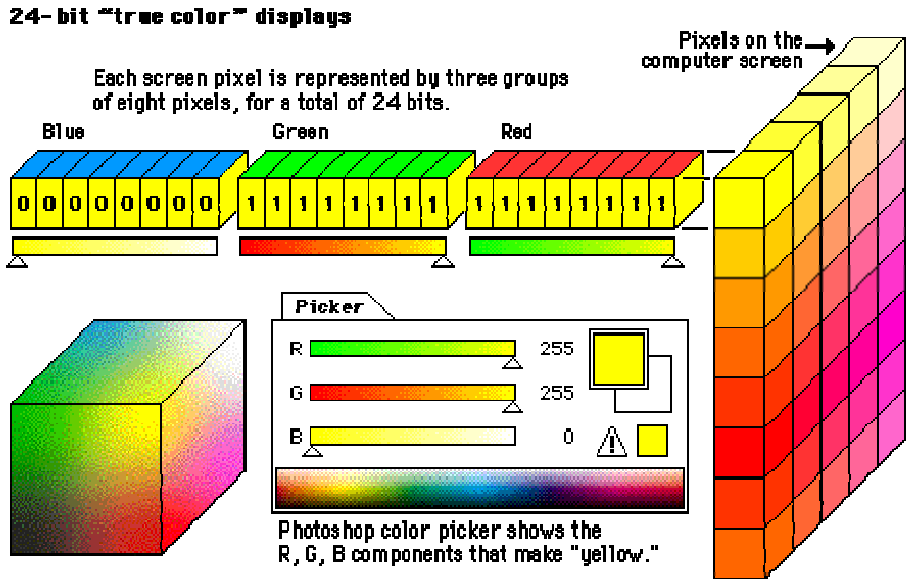
وعليه، فمن أجل تمثيل ورقمنة الحرف (H) الملوّن، لا بد من الاحتفاظ بقيمة اللون أيضا، ففي خانة البكسل نحتفظ بقيمة اللون فتصبح البيانات المطلوب حفظها تشكل مكعبا من البيانات ذي ثلاثة أبعاد. أنظر الشكل المبين:



5.4.3. الصور الطبيعية ذات الملايين من الألوان؟

لتمثيل الصور الطبيعية ذات الملايين من الألوان فإن المعلومات المطلوب حفظها ورقمنتها كثيرة جدا وحجمها كبير. وذلك لأننا نحتاج إلى تقسيم الصورة إلى عدد أكبر من البكسلات لكي نراعي فروق الألوان وفروق الإضاءة بدقة أكبر، وذلك من أجل المحافظة على قدر أكبر من المعلومات في الصورة للمحافظة على جودتها إلى حين استعادتها إلى أصلها من جديد.

وهكذا، كلما ازدادت جودة الصورة، وزاد تنوع الألوان فيها، ازداد عدد البكسلات اللازمة لتقسيمها، ليصل إلى الملايين في صور المناظر الطبيعية. ولتمثيل كل هذا العدد الهائل من تنوع الألوان، نحتاج إلى عدد أكبر من القيم الرقمية الثنائية لكل لون، ليصل تمثيل كل بكسل إلى 24 بت. (מילמור, 1999)



(أنظر الموقع التالي لمزيد من التفصيل)

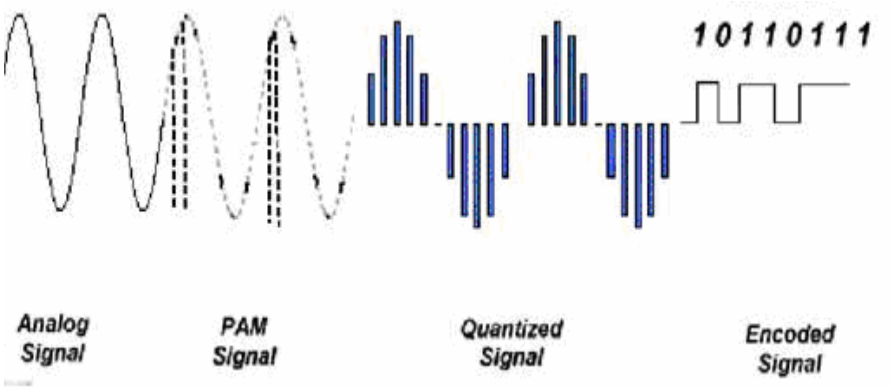
http://www.webstyleguide.com/graphics/displays.html

وهكذا فالصور الطبيعية ذات الألوان المتنوعة تحفظ في الأقراص بحجم أكبر من البتات، الشيء الذي يبطئ عرضها على شاشة العرض في الحواسيب البطيئة أحيانا.

5.5. تمثيل الأصوات المسموعة AUDIO

إن تحويل الأصوات المسموعة إلى بيانات رقمية ثنائية هو أمر مختلف عن تمثيل الرموز والأعداد، ومختلف أيضا عن تمثيل الصور بأنواعها. يتم إدخال الأصوات إلى الحاسوب عن طريق ميكروفون MIC متصل بمحوّل أو بطاقة صوت. تقوم هذه البطاقة بدورها بالتقاط عيّنات من شدة الصوت ومن نبرته وتحويلها إلى قيمة عددية (كمية). ثم تحوّل البطاقة هذه القيم العددية إلى التمثيل الثنائي(שפרונץ, 1997). هذه العملية تسمى الرقمنة digitization وهي عملية تحويل البيانات إلى تمثيل رقمي ثنائي من أجل معالجتها بواسطة الحاسوب. وهكذا يتم تحويل الإشارات التناظرية المستمرة للصوت (analog continuous signals) إلى بيانات رقمية ثنائية (pulsating) (רגב, 1987). (غاي، 2000)

(أنظر الشكل من اليسار لليمين).



الشكل: تحويل الإشارات التناظرية إلى رقمية

في هذا الشكل تظهر طريقة تحويل البيانات التناظرية إلى بيانات رقمية بعد مرورها بجهاز التقاط العيّنات. والذي يعمل بطريقة الـ PAM ليتم بعدها تحويل هذه العيّنات إلى قيم كمية، لتترجم بعدها هذه القيم إلى قيم ثنائية.

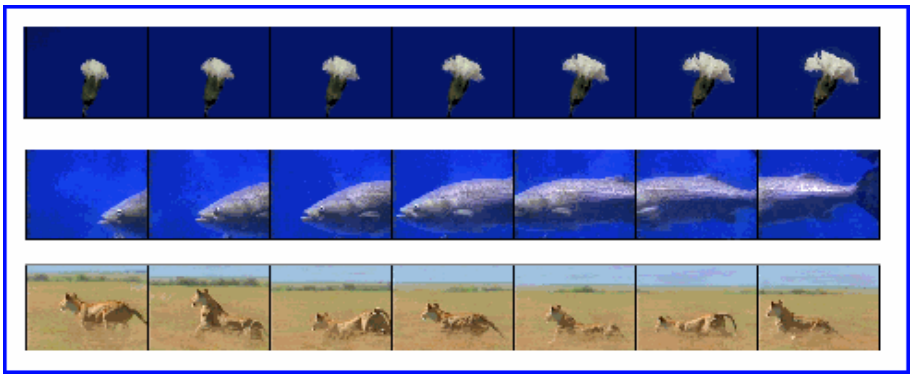
أنظر موقع مجلة المعلوماتية التالي:

http://www.informatics.gov.sa/magazine/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=101

5.6. تمثيل الفيديو

إن مقاطع الفيديو Video Clips ما هي إلا مجموعة من الصور (Images) الساكنة، أو الكادرات Frames ، المتسلسلة والمتلاحقة ، التي يقوم الحاسوب بعرضها بالسرعة الكافية لإعطاء الإيحاء بالحركة. (פרסידקסי، 2000) وقد يضاف إلى هذا العرض شريط صوت يُحفظ جنبا إلى جنب مع الصور، كل ذلك في نفس الملف على هيئة تمثيل رقمي ثنائي، كما ذكرنا سابقا. حين العمل على مشاهدة مقاطع الفيديو واستعادة البيانات الثنائية إلى أصلها من جديد يتم عرض الصور بصورة متسلسلة ومتلاحقة في شاشة العرض وبالسرعة الكافية، وفي نفس الوقت يتم إرسال البيانات السمعية إلى بطاقة مكبرات الصوت ليسمع أيضا [8].

إذن فإن مقاطع الفيديو لا تزيد على أن تكون مجموعة بيانات رقمية تمثل عدد من الصور مرفق معها بيانات أخرى تمثل الصوت.



(شكل : يوضح مجموعات من الصور المسلسلة والتي تكون ملفات الفيديو)

5.7. تمثيل معلومات أخرى

إن البيئة التي يعيش فيها الإنسان مليئة بالمعلومات، مثل: الضغط الجوي، نسبة السكر في الدم ونسبة الرطوبة في الجو، وغيرها الكثير.

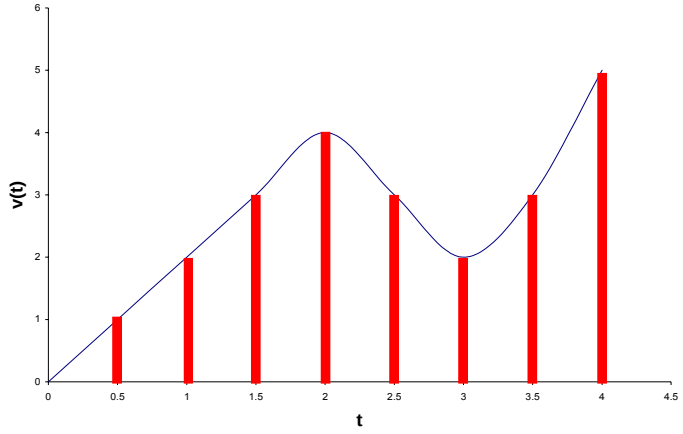
السؤال المطروح: هل من الممكن تمثيل جميع هذه المعلومات بأنواعها المختلفة في الميزان الثنائي لحفظها ومعالجتها في الحاسوب؟.

---

[8] المصدر: الانترنت موقع www.pclabgfx.com

ذكرنا سابقا أننا إن استطعنا تقدير أي قيمة فيزيائية بقيمة كميّة (عددية) معينة، فيمكن عندها تحويل هذه القيمة الكمية (العددية) إلى التمثيل الرقمي الثنائي، فيتاح بعدها معالجتها في الحاسوب.

تتم عملية تقدير القيم الفيزيائية بمرحلتين: أولا، وبواسطة مجسات خاصة، يتم التقاط هذه القيم الفيزيائية على طبيعتها التناظرية. ثانيا، تتم عملية الرقمنة، وذلك بتحويل القيم الفيزيائية التناظرية إلى قيم عددية ثنائية، وذلك بأخذ عيّنة من الإشارة التناظرية في كل فترة زمنية محددة وثابتة (גילעם, 1992). أنظر الشكل التالي:



- الخط المنحني (الأزرق) يمثل الإشارة التناظرية.
- الأعمدة (الحمراء) تمثّل العيّنات التي أخذت بفارق زمني ثابت.(פלוטניק, 1994)

الجدول التالي (جدول–5) يحتوي على العيّنات التي تم التقاطها وقيمها في الميزان العشري والثنائي:

رقم العينة	القيمة العشرية	القيمة الثنائية
1	1	001
2	2	010
3	3	011
4	4	100
5	3	011
6	2	010
7	3	011
8	5	101

جدول–5

أما بالنسبة لأنواع أخرى من المعلومات: كالرائحة، ومزاج الإنسان، وشدة الغضب، وغيرها. نقول إن كل معلومة أيا كان نوعها أو نمطها وكان من الممكن تحويلها إلى قيمة فيزيائية (كمّيّة) بطريقة ما، يمكن رقمنتها.

الخاتمة

مما سبق ذكره ، تبرز أهمية بل قوة وعظمة النظام الثنائي في ناحيتين جوهريتين، أولا: إن معظم بل كل الأجهزة الإلكترونية والحواسيب اليوم تعتمد النظام الثنائي. ثانيا: إن المعلومات على كثرتها وتنوعها تم تحويلها إلى بيانات ثنائية رقمية، الشيء الذي مكّن من حفظها ومعالجتها في تلك الأجهزة الإلكترونية بكل سهولة.

وهكذا نجح العالم بوسائله المتعددة من أن ينتقل نقلة نوعية لتتغير طبيعته من عالم تناظري فقط إلى عالم رقمي بأدواته وبمعلوماته. وقد قطع العالم شوطا واسعا في تحويل المعلومات على الرغم من كثرتها وتنوعها لتصبح بعد ذلك بيانات رقمية تحفظ وتعالج في أجهزة متنوعة غاية في الفعالية والجودة.

المراجع:

1. القاضي، ز. ع. والشنوان، ع. (1997). **أساسيات الحاسوب وتطبيقاته**. ط1. عمان: دار الصفاء للنشر والتوزيع.

2. حمد، خ. وآخرون. (1992). **البرمجة بلغة باسكال**. ط1. القدس: مطبعة القادسية.

3. هارت، غ. وآخرون. (2000). *MP3* **لم أكن أعرف أنك تستطيع ذلك**. ط1. بيروت: الدار العربية للعلوم.

4. Aspray, W. (1992). *John von Neumann and the origins of modern computing*. London: MIT press.

5. Harel, D. (1987). *Algorithmics: The spirit of computing*. Addison-Wesley. (2nd ed., 1992).

6. ביקמן, ג'. (2001). **מחשבים: טכנולוגיה וחברה**. (ע. בן צבי, מתרגמת). רמת גן: פוקוס –מחשבים.

7. גילעם, ש. (1992). **מערכות אלקטרוניות**. תל-אביב: אורט ישראל.

8. **יסודות בגרפיקה ממוחשבת המדריך המהיר**. (1999). מהדורה 1. (מ. דריה, מתרגם). רמת גן: פוקוס –מחשבים.

9. לרון, י. (2000). **אלקטרוניקה ספרתית**. חלק ב. גבעת שמואל: אלי מיטב.

10. פלוטניק, א. ואחרים. (1994). **מערכות תקשורת**. כרך ב, תל-אביב: האוניהרסיטה הפתוה.

11. פרסידקסי, א. (2000). *Director 8* **למפתחי אתרים באינטרנט**. הרצליה: הוד-עמי.

12. רגב, י. (1987). (עורך). **המחשב: מן היסוד**. גרפאור-דפטל.

13. שפרוני, א. ואחרים. (1997). **תקשורת נתונים**. תל-אביב: האוניברסיטה הפתוחה.

תקציר:

עם ההתקדמות המואצת של הטכנולוגיה, העולם מסביבנו עובר מהפך דיגיטאלי אדיר, בו כמעט כל דבר נהיה יותר ויותר דיגיטאלי: המכשור היום יומי שאנחנו משתמשים בו הפך להיות ברובו דיגיטאלי, וגם המידע שאנחנו מייצרים או מקבלים, משדרים או קולטים על כל סוגיו וצורותיו הפך להיות דיגיטאלי!

למהפכה הטכנולוגית הזו יש סיבות ומניעים עקרוניים. מאמר זה, דן בסיבות אלה ודן בגורמים העיקריים והעקרוניים למהפכה הזו שגרמה להפצתו של המכשור הדיגיטאלי. בנוסף, המאמר דן בעוצמתו של הייצוג הבינארי הספרתי, ודן בשיטות של המרת מידע על כל סוגיו וצורותיו לייצוג הבינארי הספרתי, כל זה על מנת לאחסנו ולעבדו במחשב ו/או בכל מכשור דיגיטאלי אחר.