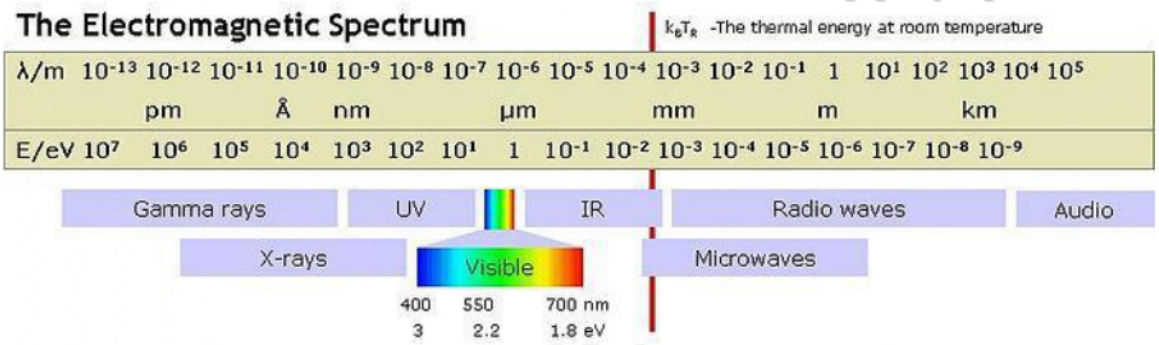
الفصل الرابع: أنواع أنظمة التصوير

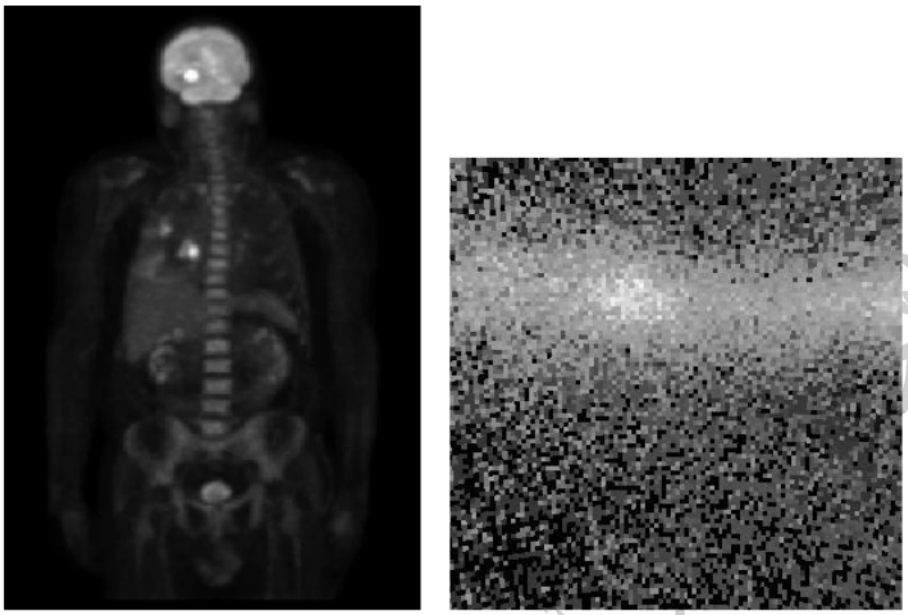
تختلف أنظمة التصوير باختلاف مصادر طاقتها (مثل: البصري، والأشعة السينية، وغيرها). المصدر الرئيسي للطاقة المستخدمة حاليًا للصور هو الطيف الكهرومغناطيسي (EM) الموضح في الشكل (4-1). ومن مصادر الطاقة المهمة الأخرى: الطاقة الصوتية، والموجات فوق الصوتية، والإلكترونية (على شكل حزم إلكترونية تُستخدم في المجهر الإلكتروني). أما الصور التركيبية، المستخدمة في النمذجة والتصور، فتُولّد بواسطة الحاسوب. وتُولّد الصور في هذه الفئات المختلفة، ويمكن مناقشة مجالات تطبيقها بإيجاز:



شكل (4-1) الطيف الكهرومغناطيسي مرتب حسب الطاقة لكل فوتون

4-1 التصوير خارج النطاق المرئي للطيف الكهرومغناطيسي

a. **التصوير بأشعة كاما** تنبعث أشعة كاما نتيجة تصادم نظائر مشعة معينة (بوزيترون وإلكترون). يحدث هذا بشكل طبيعي حول النجوم المتفجرة (الشكل (4-2 b)). تُنتج الصور من الانبعاثات التي تجمعها كاشفات أشعة كاما. الاستخدامات الرئيسية لتصوير أشعة كاما في الطب النووي والأرصاد الفلكية. في الطب النووي, باستخدام التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني (PET)، يتم حقن المريض بنظير مشع ومع تحلله، يتم الكشف عن أشعة كاما وقياسها أثناء انبعاثها من الجسم, كما موضح في الشكل (4-2 a). تُظهر الصورة في هذا الشكل ورمًا في الدماغ وآخر في الرئة، ويمكن رؤيتهما بسهولة على شكل كتل بيضاء صغيرة.

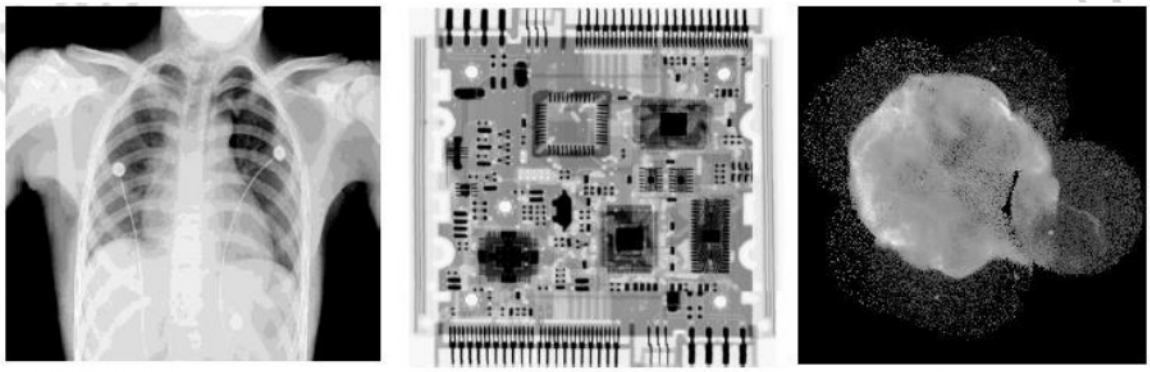


(a) (b)

شكل (4-2) أمثلة على التصوير بأشعة جاما، (a) صورة التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني، (b) انفجار نجمي منذ 15000 عام

b. **التصوير بالأشعة السينية** تُولَّد الأشعة السينية باستخدام أنبوب أشعة سينية (أنبوب مفرغ ذو مهبط وأنود). يُسخَّن المهبط، مما يُؤدي إلى انطلاق الإلكترونات الحرة وتدفقها بسرعة عالية إلى المصعد الموجب الشحنة. عندما تصطدم الإلكترونات بالنواة، تُطلَق طاقة مُعَدَّلة على شكل إشعاع أشعة سينية. تُولَّد الصور إما عن طريق: 1) إسقاط الطاقة الناتجة على فيلم، ثم رقمنته، أو 2) إسقاطها مباشرةً على أجهزة تُحوّل الأشعة السينية إلى ضوء. يُلتَقط إشارة الضوء بواسطة نظام رقمنة حساس للضوء. تُستخدم الأشعة السينية على نطاق واسع في التصوير الطبي والصناعي وعلم الفلك. في الطب، تُستخدم أشعة الصدر السينية، الموضحة في الشكل (4-3 a)، على نطاق واسع في التشخيص الطبي. في التشخيص الطبي باستخدام فيلم يستجيب لطاقة الأشعة السينية. يتم تمرير الأشعة السينية عبر المريض وتسجيلها على الفيلم. تُستخدم الأشعة السينية أيضًا في التصوير المقطعي المحوسب (CT) حيث تحيط حلقة من أجهزة الكشف بالمريض ويتم تدويرها للحصول على شرائح ثنائية الأبعاد يمكن تجميعها في صورة ثلاثية الأبعاد.

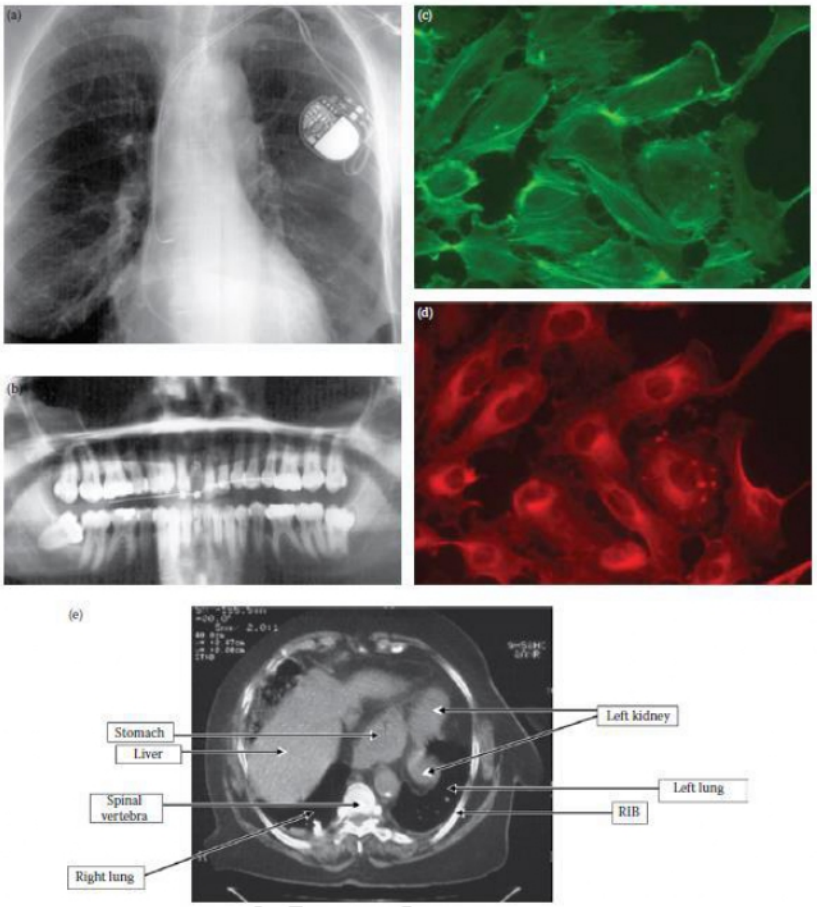
تُستخدم صور الأشعة السينية عالية الطاقة في العمليات الصناعية، وتُستخدم لفحص لوحات الدوائر الإلكترونية (الشكل (4-3 b))، بحثًا عن عيوب التصنيع، مثل وجود مكونات مفقودة أو آثار مكسورة. يُظهر الشكل ((4-3 c) مثالًا على التصوير بالأشعة السينية في علم الفلك. هذه الصورة هي لانفجار نجم، ولكن صُوّرت هذه المرة في نطاق الأشعة السينية.



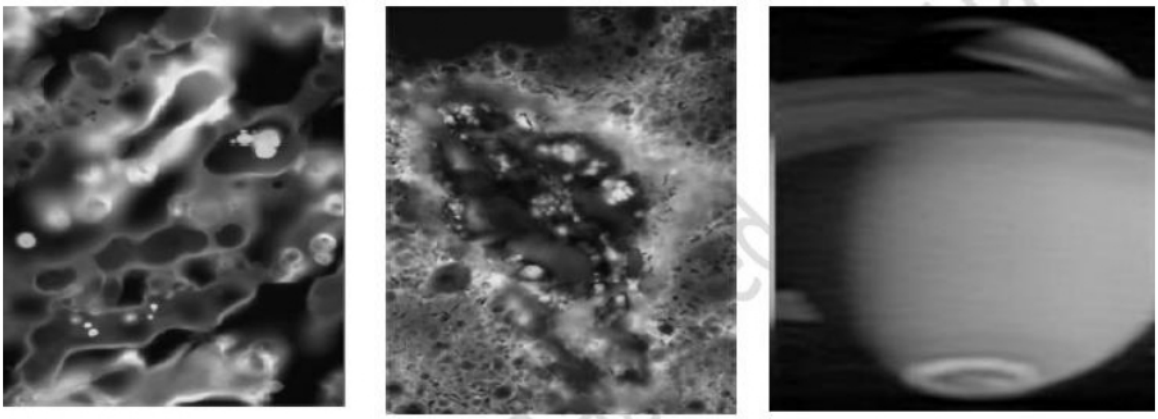
(a) (b) (c)

شكل (4-3) أمثلة على صور الأشعة السينية، (a) صورة الأشعة السينية للصدر، (b) لوحة الدائرة، (c) انفجار النجم

c. **التصوير بالاشعة فوق البنفسجية** يعمل الفحص المجهري الفلوري باستخدام الأصباغ التي تصدر ضوءًا مرئيًا عند تسليط الضوء فوق البنفسجي عليه. أمثلة من صور الأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية كم موضحة في الشكل (4-4) ..يستخدم التصوير بالأشعة فوق البنفسجية في التطبيقات الصناعية والمجهر وعلم الفلك. تستخدم أنظمة التصوير الأشعة فوق البنفسجية القصيرة ، ذات الأطوال الموجية <300 نانومتر. يُظهر الشكل (4-5 a) صورة مجهر فلوري لذرة طبيعية، ويُظهر الشكل ((4-5 b)) ذرة مصابة بمرض "التفحم" (smut)، وهو مرض يصيب الذرة. يُظهر الشكل ((4-5 c)) انبعاثات الشفق القطبي كاملةً (بيضاوية الشكل) عند القطب الجنوبي لزحل، مُلتقطة بواسطة مطياف التصوير فوق البنفسجي التابع لكاسيني.



الشكل (4-4) أمثلة من صور الأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية



(a) (b) (c)

الشكل (4-5) أمثلة على التصوير بالأشعة فوق البنفسجية، (a) الذرة العادية، (b) الذرة المدخنة، (c) الانبعاثات عند القطب الجنوبي لزحل

d. التصوير بالموجات الفوق الصوتية و الصوتية

1. **التصوير فوق الصوتي** بالدوبلر يمكن استخدامه لقياس تدفق الدم في الأوعية الدموية. ويعمل عن طريق ارتداد الموجات الصوتية عاليَة التردد من خلايا الدم الحمراء التي تسري في مجرى الدم. يستخدم التصوير فوق الصوتي الموجات الصوتية لإنتاج الصور، إلا أنه لا يعرض تدفق الدم.

الشكل (4-6) أمثلة على التصوير بالموجات فوق الصوتية (الطفل)

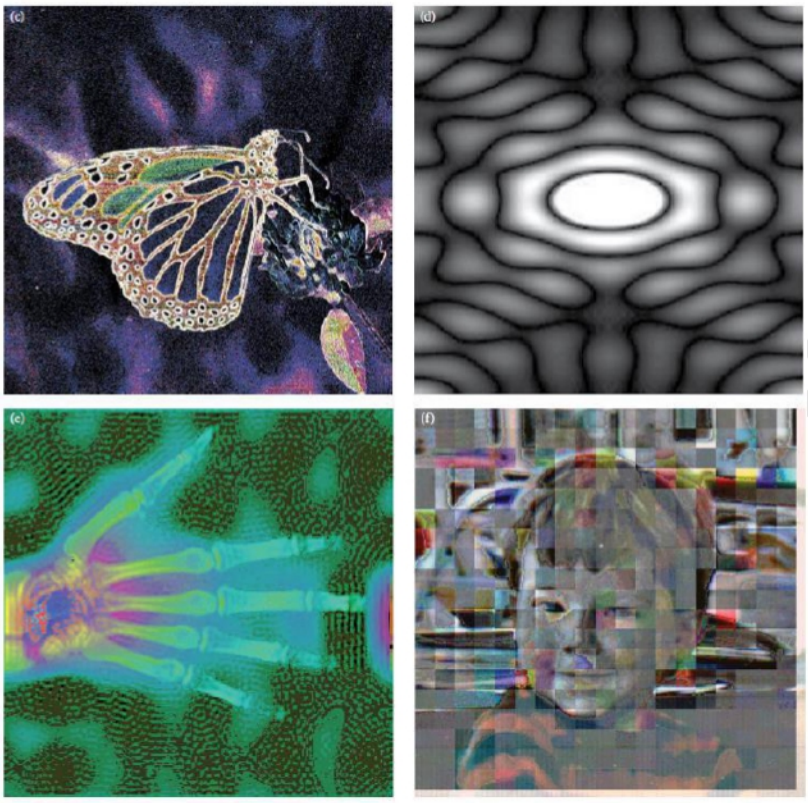
2. **التصوير الصوتي** يستعمل في الأنظمة البيولوجية (مثل استكشاف النفط والمعادن). تستعمله الخفافيش للرؤية، وفي الأنظمة التي صنعها الإنسان، مثل السونار المستعمل في الغواصات. يعتمد تردد الإشارات الصوتية على التطبيق والوسط الذي تنتقل فيه الإشارة. التصوير بالموجات فوق الصوتية، أو التصوير الصوتي عالي التردد يستعمل في التصنيع والطب. أحد الاستعمالات الشائعة في الطب هو متابعة نمو الجنين داخل الرحم. عند ترددات تتراوح من 1 إلى 5 ميجا هرتز، يمكن تحديد صحة (وجنس) الطفل. نظرًا لأن التصوير بالموجات فوق الصوتية يسمح لنا برؤية داخل الأشياء المعتمة، فإنه يستعمل أيضًا بشكل شائع في التصنيع للكشف عن عيوب في المواد.

e. **التصوير الإلكتروني** تستخدم المجاهر الإلكترونية في التطبيقات التي تتطلب تكبيرًا عاليًا للغاية. يمكن أن تتضخم المجاهر الضوئية القياسية حتى 2000 مرة ، لكن المجاهر الإلكترونية يمكن أن تكبر حتى 10 ملايين مرة. تعمل هذه المجاهر عن طريق إنتاج حزمة مركزة من الإلكترونات ، والتي تُستخدم لتصوير عينة مشابهة للطريقة التي يتم بها استخدام شعاع الضوء في المجهر القياسي.

f. **التصوير بالليزر** يتم استخدام الليزر لإنشاء صور التي تحتوي على معلومات حول مسافة نقطة جسم ما إلى جهاز التحسس النائي, (يستعمل لمقدرات المدى).

g. **الصور الناتجة عن الكمبيوتر** يمكن استخدام أجهزة الكمبيوتر لإنشاء صور لعدد لا يحصى من التطبيقات ، بما في ذلك الهندسة والطب والتعليم والأفلام والفنون والألعاب والعديد من التطبيقات الأخرى.

التحسس النائي إعداد تغريد عبد الحميد ناجي



الشكل (4-7) صور مُولَّدة بالحاسوب

4-2 التصوير في نطاق الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء

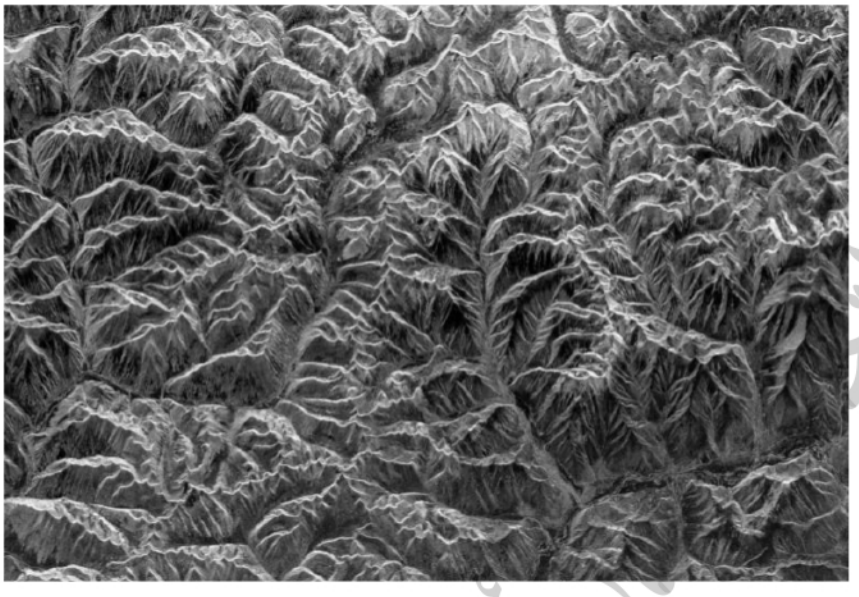
يُعد النطاق المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي الأكثر شيوعًا في جميع الأنشطة، وله أوسع نطاق تطبيقي. ويُستخدم نطاق الأشعة تحت الحمراء غالبًا بالتزامن مع التصوير المرئي (التصوير متعدد الأطياف). وتشمل تطبيقاته المجهر الضوئي، وعلم الفلك، والتحسس النائي، والصناعة، والقانون. يوضح الشكل (4-8 a) صورة مُلتقطة بواسطة معالج دقيق مُكبّرة 60 مرة باستخدام مجهر ضوئي، ويوضح الشكل (4-8 b) صورة قمر صناعي بالأشعة تحت الحمراء للأمريكتين. يوضح الشكل ((4-8 c) صورة متعددة الأطياف لإعصار التقطها قمر صناعي للطقس.

(b) (b) (c)

الشكل (4-8) أمثلة على التصوير المرئي والأشعة تحت الحمراء، (a) معالج دقيق مُكبَّر 60 مرة، (b) صورة قمر صناعي بالأشعة تحت الحمراء للولايات المتحدة، (c) صورة متعددة الأطياف لإعصار

3-4 التصوير بالنطاق المايكرويف

يُعد الرادار التطبيقَ السائد للتصوير في نطاق الموجات الميكروية. يعمل رادار التصوير ككاميرا فلاش، إذ يُوفر إضاءةً ذاتية (نبضات ميكروية) لإضاءة منطقة على الأرض والتقاط صورة لقطة. بدلاً من عدسة الكاميرا، يستخدم الرادار هوائيًا ومعالجة حاسوبية رقمية لتسجيل صوره. في صورة الرادار، لا يُمكن رؤية سوى طاقة الموجات الميكروية التي انعكست نحو هوائي الرادار. يُظهر الشكل (4-9) صورة رادار تغطي منطقة جبلية وعرة.



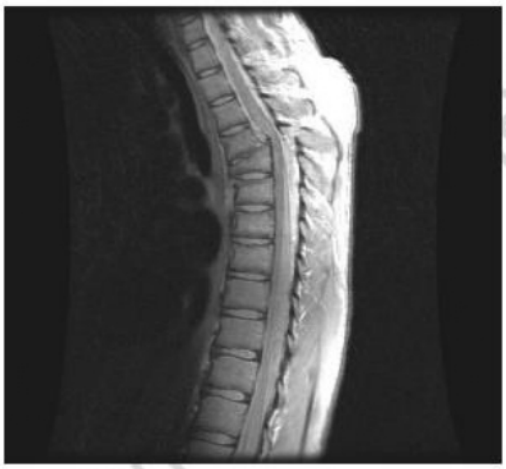
الشكل (4-9) صورة الرادار للمنطقة الجبلية

4-4 التصوير بالنطاق الراديوي

التطبيقات الرئيسية للتصوير في نطاق الراديو هي الطب وعلم الفلك. في الطب، تُستخدم موجات الراديو في التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI). عن طريق إرسال موجات راديوية عبر المريض في نبضات قصيرة في وجود مجال مغناطيسي قوي. يستجيب أنسجة المريض لهذه النبضات عن طريق إصدار موجات راديوية. يُحدد موقع وقوة هذه الإشارات ويتم قياسها لإنشاء صورة لأي جزء من جسم المريض بواسطة جهاز حاسوب. والذي يُنتج صورة ثنائية الأبعاد لمقطع من جسم المريض. يوضح الشكل (4-10) صورًا بالرنين المغناطيسي لركبة وعمود فقري بشري. تستعمل أنظمة التصوير بالرنين المغناطيسي هوائيًا خاصًا (ملف استقبال) للكشف عن هذه التفاعلات بين EM بترددات الراديو والنوى الذرية في جسم المريض. يمكن للمغناطيسات الفائقة التوصيل المستعملة في أنظمة التصوير بالرنين المغناطيسي أن تولد حقولًا بأحجام تتراوح من 0.1 إلى 3.0 T (1000 إلى 30000) كاوس. وبالمقارنة، فإن المجال المغناطيسي للأرض هو 0.00005 T (0.5) كاوس.

تتمتع أنظمة التصوير بالرنين المغناطيسي بدقة تباين ممتازة، مما يعني أنها أفضل بكثير في إظهار الاختلافات الدقيقة بين الأنسجة الرخوة وأعضاء الجسم التي لا يمكن رؤيتها بسهولة على أفلام الأشعة السينية أو التصوير المقطعي المحوسب التقليدية.في بعض الحالات قد يقوم الطبيب بحقن صبغة تباين في الجسم عن طريق وريد في اليد أو الذراع قبل التصوير المغناطيسي بهدف الحصول على صور أكثر دقة وبتفاصيل أوضح لأوعية دموية أو أنسجة معينة في الجسم، بعد ذلك يقوم الجسم بالتخلص من صبغة التباين المستخدمة عن طريق البول أو البراز.

(c)



(b)

الشكل (4-10) صور الرنين المغناطيسي للإنسان، (c) الركبة و (b) العمود الفقري.

جهاز الرنين المغناطيسي

4-5 الاستخدامات الرئيسية لأنظمة التصوير

1. التصوير بأشعة جاما: الطب النووي والأرصاد الفلكية.
2. الأشعة السينية: التشخيص الطبي ، والصناعة ، وعلم الفلك ، إلخ.
3. الأشعة فوق البنفسجية: الطباعة الحجرية ، والتفتيش الصناعي ، والفحص المجهري ، والليزر, والتصوير البيولوجي ، والرصدات الفلكية.
4. النطاقات المرئية والاشعة تحت الحمراء في تطبيقات التحسس النائي.
5. نطاق الميكروويف: الرادار.
6. نطاق الراديو: الطب (مثل التصوير بالرنين المغناطيسي) وعلم الفلك.

4-6 مصادر صور أنظمة التصوير:

1. الطيف الطاقة الكهرومغناطيسية
2. الموجات الصوتية
3. الموجات فوق الصوتية
4. الإلكترونية
5. الصور الاصطناعية التي ينتجها الحاسوب

التحسس النائي أ.د تغريد عبد الحميد ناجي

المراجع

1. NRC (Natural Resources Canada), Fundamentals of remote sensing, A free tutorial (accessed Feb. 5, 2015) available at: http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals_e.pdf

2. داود, جمعه محمد ٢٠١٥, " اسس تطبيقات الاستشعار عن بعد", القاهره, جمهوريه مصر العربية.
3. الحسن, عصمت محمد, 2007, "معالجة الصور الرقمية في الاستشعار عن بعد", جامعة الملك سعود, كلية الهندسة.
4. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, 2018, "Digital Image Processing", 4th Ed, Pearson Education Limited, New York.
5. Scott E Umbaugh, 2018, “Digital Image Processing and Analysis Applications with MATLAB and CVIPtools”, 3th Ed, Taylor & Francis.