

الهاتف الجوال: بين المخاطر والنمو

أبو بكر سلطان أحمد

مستشار تقنية معلومات واتصالات، مشروع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي لدى وزارة الخارجية السعودية
الرياض، المملكة العربية السعودية

ab.sultan@ieec.org

كلمات ذات دلالة: هاتف متنقل، جوال، صحة، مخاطر، كهرومغناطيسية

ملخص:

تعني هذه المقالة بتسجيل ظاهرة نمو انتشار الهاتف الجوال (الجوال)، وكذلك بآثار مختلفة ضارة يُحتمل أن تنتج من إشعاعات الموجات الكهرومغناطيسية من نظام الهاتف الجوال. ثم تناقش مشكلة احتمالات المخاطر على صحة البشر من جهاز الهاتف الجوال البيدي، ومحطات القاعدة، بناء على أحدث المراجع المتوفرة والمنشورة والمحكمة من جهات علمية موثقة ومعروفة جيداً. وفي نهاية المقال نقدم بعض التوصيات للجهات الحكومية، والصناعة، والجهات العلمية، والأفراد

مقدمة:

نما سوق الاتصالات في الأعوام الأخيرة بشكل مطرد حتى أصبح ظاهرة. فقد ارتفع إجمالي عائدات معدات وخدمات الاتصالات من 946 بليون دولار أمريكي عام 1997م حتى بلغ 1426 بليون دولار أمريكي (بحساب أسعار الصرف الحالية) في عام 2003م. و كان نصيب المعدات منها 300 بليون دولار أمريكي بينما كان نصيب الخدمات أكبر بكثير حيث بلغ 1126 بليون دولار والتي ازدادت بدورها عام 2005 ما قدره 1419 بليون دولار أمريكي [الاتحاد الدولي للاتصالات، 2009]، كما هو مبين في شكل(1).

و للمقارنة، يبين شكل (2) توزيع عائدات خدمات الهاتف الثابت (شاملة عائدات التركيبات والاشتراكات و رسوم المكالمات المحلية والدولية)، وعائدات تعريفية فواتير المكالمات الدولية، وعائدات خدمات الهاتف المتنقل، وعائدات خدمات أخرى (مثل عائدات الدوائر المؤجرة، واتصالات البيانات، والتلغراف وما شابه). ويتضح من شكل (2) أنه بينما ظلت العائدات من خدمات الهاتف الثابت شبه ثابتة، فقد كانت عائدات خدمات الهاتف المتنقل في تصاعد مستمر حيث كانت 506 بليون دولار عام 2004م ثم كادت أن تصل إلى مستوى عائدات خدمات الهاتف الثابت (512 بليون دولار أمريكي) في نفس العام. واستمرت عائدات خدمات الهاتف المتنقل في التصاعد حتى بلغت 636 بليون دولار عام 2006م.

منذ أول نظام هاتف متنقل تجاري عام 1979 في اليابان من شركة NTT، استمر تصاعد عدد المشتركين في الهاتف المتنقل حول العالم خلال السنوات الخيرة بشكل ملحوظ و بمعدل عالي. ففي عام 1997 كان عدد المشتركين في الهاتف المتنقل 215 مليون مشترك فقط أي أقل من عدد خطوط الهاتف الثابت (792 مليون خط)، ثم تساوى الاثنان عام 2002م. لكن في عام 2008م فاق عدد المشتركين في الهاتف المتنقل (4100 مليون) أضعاف عدد خطوط الهاتف الثابت (1270 مليون فقط) [الاتحاد الدولي للاتصالات، 2009]، كما هو مبين في شكل(3). و يفرض إجمالي عدد سكان العالم حوالي 6.7 بليون عام 2008م، فإن انتشار الهاتف المتنقل تصل إلى حوالي 60 مشترك لكل 100 فرد، أي أن من بين كل 100 فرد من سكان العالم، يستخدم حوالي 61 فرد منهم الهاتف المتنقل. و اتضح أن الدالة الأفضل لتمثيل بيانات هذه الزيادة في العالم فيما بين عام 1997م و عام 2008م، هي دالة متعددة الحدود متزايدة ذات معامل ارتباط الأكثر قرباً من الواحد ($R^2 = 0.9958$) بالعلاقة، شكل(3):

$$y = 27.92x^2 - 28.842x + 295.14$$

حيث y = عدد الهواتف المتنقلة بالمليون،
و x = (العام-1997).

أما في المملكة العربية السعودية، فكان اتجاه انتشار مشتركو الهاتف النقال في تزايد مثله مثل الاتجاه العالمي. ففي عام 2001م كان العدد حوالي 2.5 مليون مشترك، ثم تزايد عدد مشتركو الهاتف النقال إلى حوالي 36.15 مليون مشترك عام 2008م، كما هو مبين في شكل (4). وخلال تلك الفترة ارتفع انتشار الهاتف المتنقل لكل 100 فرد من السكان من 12 إلى 144، أي أن كل ثلاث أفراد لديهم يستخدمون اثنان من الهواتف المتنقلة [وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات، 2009]. وهذا الانتشار في المملكة العربية السعودية قريب من مثله في الدول الأعلى مرتبة في الانتشار مثل الدول الاسكندنافية و أعلى من المتوسط العالمي [الاتحاد الدولي للاتصالات، 2009]. ويمكن تمثيل بيانات هذه الزيادة في السعودية فيما بين عام 1997م و عام 2008م بدالة متعددة الحدود متزايدة الأفضل ذات معامل ارتباط الأكثر قرباً من الواحد ($R^2 = 0.9955$) بالعلاقة:

$$y = 0.6711x^2 - 1.317x + 3.9437$$

حيث y = عدد الهواتف المتنقلة بالمليون،
و x = (العام-2001)

و يلاحظ أن نموذج زيادة مشتركو الهاتف المتنقل في العالم و المملكة العربية السعودية يتبعون نفس الدالة متعددة الحدود وإن اختلفت قيمها. و ذلك أمر يمكن تفسيره باختلاف عدد السكان. و مع ذلك فإن نسبة الانتشار عام 2008م في العالم والسعودية متقاربة، و يمكن تفسير ذلك بأن هناك دول في العالم انتشار الهاتف المتنقل فيها بالغ التدني لما تعانيه فقر و فجوة رقمية (حوالي خمس سكان العالم يعيشون تحت حد الفقر)، و انخفاض إجمالي الناتج المحلي للفرد فيها [تقرير التنمية البشرية، 2003]، بينما المملكة العربية السعودية في مصاف دول القمة لاقتصادها المتقدم.

ويمكن أن نعزو هذه الظاهرة الحديثة في السنوات الأخيرة من الانتشار الواسع في زمن قصير نسبياً إلى أمرين: أولهما هو القيمة المضافة التي يتيحها الهاتف النقال لقطاعات مختلفة أثناء التجوال وفي مجالات عدة، مثل خدمات الحكومة المتنقلة الإلكترونية إلى المواطنين، و

خدمات الصحة الإلكترونية المتنقلة، و خدمات المصارف الإلكترونية المتنقلة ، والتجارة المتنقلة ، و التعليم الإلكتروني عن بعد، والحوسبة المتنقلة. والقيمة المضافة هنا تشمل المساهمة في تحقيق المجتمع المعلوماتي [سلطان، 2000] تمهيدا للتحويل إلى مجتمع المعرفة [بكري، 2005]. و يترتب على ذلك أيضاً، زيادة الإنتاجية والفاعلية و التواصل الاجتماعي، والمساهمة في رفع الوضع التنافسي الاقتصادي و تقدم مؤشر التنمية البشرية للأمم، حيث أن أحد معايير هذه القيمة هي مدى انتشار تقنية المعلومات والاتصالات فيها [تقرير التنمية البشرية، 2008 و سلطان ، 2002]. الأمر الثاني هو استمرار شركات اللاسلكي في تقديم أجهزة هاتف متنقلة بها خدمات و تطبيقات متجددة من أجيال متطورة على قدر من الذكاء و الحوسبة لرجال الأعمال والعلماء. كذلك اتجاه شركات اللاسلكي إلى صغار السن بتوفير أشكال جذابة و محتوى ثري من تسلية الألعاب والأفلام والموسيقى [سلطان ، 2001]. و مع مميزات الجيل الثالث (3G) و معايير (IMT-2000) من خدمات أسرع للاتصالات تشمل الصوت والفاكس و الإنترنت والبريد الإلكتروني في أي زمان ومكان و اتصال دون انقطاع أثناء تجوال الأفراد حول العالم ، و مع ظهور تطبيقات مبتكرة مثل الوسائط المتعددة والبرامج التليفزيونية المسلية [الاتحاد الدولي للاتصالات، 2009]، و كذلك بزوغ الشبكات المستقبلية مثل الجيل التالي من الشبكات (NGN) [الاتحاد الدولي للاتصالات، 2009] والجيل الجديد من الشبكات (NWGN) [Aoyama, 2009]، فإنه من المتوقع أن يستمر زيادة استخدام الهاتف المتنقل في المستقبل باطراد.

ومن ناحية أخرى (كعادة الفكر والفلسفة الغربية) قامت هيئات و مؤسسات حكومية وغير حكومية و مراكز أبحاث أكاديمية وأخرى والتي تقوم بتحويلها صناعة الهواتف المتنقلة، بدراسة مخاطر استخدام الهاتف المتنقل على الصحة و وضع معايير و مقاييس المستويات القصوى الأمانة التي لا ينبغي التعرض لأكثر منها لسلامة الاستخدام و عدم الإضرار بالصحة. و من هذه الهيئات المعنية بمعايير و مقاييس المستويات الأمانة لسلامة استخدام الهاتف المتنقل:

- CEMS ، مركز أمان الكهرومغناطيسية الروسي، 2009، مركز أبحاث للاستخدام العملي للنتائج العلمية خلال الـ 40 سنة سابقة لضمان أمان استخدام الكهرومغناطيسية.
- CENELEC، اللجنة الأوروبية للمعايير التقنية والكهرباء، 2009، منظمة تقنية غير ربحية لوضع و تنسيق المعايير التي يطلبها السوق الأوروبي الموحد.
- ehf ، مجلة وجهات نظر في الصحة البيئية، 2003م: مجلة محكمة أمريكية مهتمة بأبحاث الصحة البيئية.
- FCC ، وكالة الاتصالات الفيدرالية الأمريكية، 2009: هيئة حكومية مستقلة لتنظيم الاتصالات الدولية للراديو والتلفاز و الاتصالات السلكية والكبلات و الأقمار الاصطناعية.
- HPA، وكالة حماية الصحة البريطانية، 2009: هيئة حكومية مستقلة لحماية صحة المواطنين من تهديدات من الأمراض المعدية والمخاطر البيئية
- ICNIRP، اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات غير المؤيونة، 2009: هي هيئة دولية غير ربحية من مجموعة مستقلة من خبراء دوليين.
- IEC ، مفوضية التقنية و الكهرباء الدولية ، 2009: منظمة عالمية لنشر المعايير الدولية لتقنيات الكهرباء و الإلكترونيات و المجالات ذات العلاقة.
- IEEE، معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات الأمريكي، 2009: جمعية غير ربحية لتقدم التقنية و وضع المعايير والمقاييس
- IEGMP ، مجموعة الخبراء المستقلين للهاتف المتنقل، 2009: هيئة حكومية مستقلة من الأكاديميين و الصناعة أنشأتها وزارة الصحة البريطانية ، ثم ألحقت بوكالة حماية الصحة البريطانية حالياً.
- IRPA ،الاتحاد الدولي للحماية من الإشعاع ، 2009: منظمة دولية تعني بأمور فيزياء الصحة.
- NCRP، المجلس القومي للحماية من الإشعاع والقياسات، 2009: هيئة حكومية أنشأها الكونجرس الأمريكي لتجميع و تحليل و نشر معلومات و أبحاث و توصيات بشأن الوقاية من الإشعاعات و قياسها و التعاون مع هيئات فيدرالية و دولية مهتمة في هذا المجال.
- SFS، الاتحاد الفنلندي للمعايير ، 2009، منظمة مستقلة غير ربحية تتعاون مع قطاعي التجارة والصناعة، مراكز الأبحاث، منظمات العمال، و منظمات المستهلكين و الحكومة في مجال في وضع و نشر المواصفات والمعايير.
- SSI ، المعهد السويدي للحماية من الإشعاع، 2009،: هيئة حكومية سويدية تابعة لوزارة البيئة لحماية الأفراد و البيئة من التأثيرات الضارة للإشعاع.
- WHO ،منظمة الصحة العالمية، 2009: منظمة دولية تتبع الأمم المتحدة مسؤولة عن كل ما له علاقة بالصحة على مستوى العالم و كذلك وضع المعايير والمقاييس و مساندة بلاد العالم في تقييم اتجاهات الصحة.

لكن مع الانتشار الواسع للهاتف النقال ، ظهر جدال بين الجمهور و بين العلماء حول الآثار الضارة المحتملة عند التعرض للطاقة الكهرومغناطيسية التي تستخدم في إرسال واستقبال الإشارات من جهاز الهاتف المتنقل اليدوي و من المحطة القاعدة. ثم ظهرت مشكلة أثارت بلبله بين الجمهور العادي لدى تصدي بعض الصحف والمجلات المحلية و بعض الأفراد على الإنترنت من نشر مقالات و معلومات غير موثقة علمياً أو إحصائياً عن الارتباط الشديد لاستخدام الهاتف المتنقل مع أمراض عضوية مثل السرطان و نقص المناعة و الدماغ و خلايا الحمل لدى النساء [المجلة، 2008]. وأصبح أمان استخدام الهاتف المتنقل مشكلة ملحة الآن لبلبيين من البشر. ولم تكن تلك المشكلة الحديثة موجودة قبل من عشرات السنين السابقة.

نتناول هذه المقالة تحليل مخاطر استخدام أجهزة الهواتف الجواله، و محطات القاعدة، نتيجة التعرض لطاقة الإشعاعات الكهرومغناطيسية المنبعثة من هذه التقنية. ومن ثمّ تناقش المشكلة بناء على أحدث المراجع المتوفرة والمنشورة و المحكمة والمستقلة غير المنحازة للصناعة. ثم في نهاية المقال، تجتهد في تقديم بعض التوصيات للجهات الحكومية، و الصناعة، الجهات العلمية والأفراد.

تحليل المخاطر

1. التأثير الحراري البيولوجي

في الوقت الحالي، تعمل أنظمة الهاتف المتنقل من جهاز يدوي لاسلكي و محطات قاعدة عند ترددات بين 800 و 1800 ميغا هرتز. يقوم الهوائي المدمج في جهاز الهاتف المتنقل بإرسال واستقبال الإشعاعات الكهرومغناطيسية في جميع الاتجاهات بحثاً عن أقرب محطة قاعدة. و تتراوح طاقة الإرسال القصوى من جهاز الهاتف المتنقل ما بين 0.2 إلى 0.6 وات، وذلك يعتبر مستوى قليل إذا قورن بمستوى الطاقة المرسله من محطة القاعدة التي يمكن أن تصل إلى بضع مئات وات أو أكثر، ، أو قورن بأجهزة "ووكي توكي" Walki Talkies التي يمكن

أن ترسل 10 وات أو أكثر. ويعتمد هذا على مساحة المنطقة أو حجم الخلايا التي يغطيها النظام. و غالباً ما ترتفع هوائيات محطة القاعدة عن مستوى الأرض بحوالي 20 إلى 35 متر أو تكون فوق أسطح المنازل. و تنخفض كثافة القدرة للإشعاعات أسفل محطة القاعدة مباشرة على مستوى الأرض بينما تزداد قليلاً مع زيادة المسافة من المحطة، ثم تنخفض كلما بعدت المسافة كثيراً ، شكل (5) [الرويس، 2001]. ويمكن أن نعرز انخفاض كثافة القدرة أسفل المحطة مباشرة إلى لتقلص حجم الشعاع في الاتجاه الرأسي و لتوسع في الاتجاه الأفقي و أنه لا يوجد إشعاع في الجهة الخلفية.

و تختلف مخاطر استخدام جهاز الهاتف المتنقل عن محطة القاعدة. حيث أن مستوى تعرض المستخدم لطاقة الإشعاعات الكهرومغناطيسية عند تلك الترددات من هوائي و مُذبذب جهاز الهاتف المتنقل هو أكثر من مستوى تعرض مستخدم الهاتف المتنقل لإشعاعات المحطة القاعدة . و في حين قيام محطة القاعدة بإرسال و استقبال الإشعاعات طوال الوقت، فإن الجهاز اليدوي يقوم بالإرسال و الاستقبال عند إجراء المحادثة فقط [الحقييل و آخرون، 1429هـ]. لذلك هناك جزء من هذه الإشعاعات يتعرض لها المستخدم خصوصاً رأسه عندما يضع جهاز الهاتف المتنقل ملتصقاً بأذنه والتحدث أثناء التنقل. تتخلل بعض طاقة الإشعاعات الكهرومغناطيسية في أنسجة جسم الإنسان البيولوجية إلى بضع سنتيمترات حيث يتم امتصاصها فتضيف إلى طاقة التفاعل البيولوجي للجسم. و عند زيادة الطاقة الممتصة ترتفع درجة حرارة الأنسجة البيولوجية في حدود عُشر درجة مئوية.

و يتغير المجال الكهربائي والمغناطيسي بشكل معقد عند أبعاد من الهوائي أصغر من طول الموجة (حوالي 33 سم عند تردد 900 ميجاهرتز و حوالي 16.7 سم عند 18000 ميجاهرتز)، وإن كان الأمر يحتاج حسابات أكثر عمقاً. و بينت محاكاة لتعرض نموذج للرأس لإشعاع قدرته 1 وات من هوائي يحاكي جهاز الهاتف المتنقل، أن أقصى قيمة للمجال الكهربائي هو حوالي 120 فولت/سم عند تردد 900 ميجاهرتز ، و حوالي 70 فولت/سم عند 800 ميجاهرتز، ذلك على مسافة 1.4 سم من الهوائي. و تبين أيضاً أن معدل الامتصاص النوعي(SAR)¹ وارتفاع درجة حرارة الرأس تختلف باختلاف التردد. فالنسبة لقدرة إشعاع معينة، كان معدل الامتصاص النوعي أعلى عند 1800 ميجا هرتز منه عند 900 ميجا هرتز، بينما الأمر هو بالعكس حيال ارتفاع درجة الحرارة ، كما هو مبين في شكل (6). ولم تتعدى درجة حرارة السطح الخارجي للرأس عُشر درجة مئوية في جميع الحالات، لكنها كانت أعلى في الأذن في حدود 0.2 درجة مئوية، و يمكن أن تصل إلى 1.5 درجة مئوية عند التصاق جهاز الهاتف المتنقل بالأذن، و ذلك أقل بكثير من الدرجة التي يبدأ عندها التأثير الحراري على الخلايا العصبية [Bernardi, 2001]. و يماثل ارتفاع درجة حرارة الرأس هذا مع ما توقعه سابقاً بحث آخر عند قدرة إشعاع أقل 0.25 وات و عند تردد 915 ميجا هرتز [IEGMP(2009)] ، مما يثير تساؤل كيف ترتفع درجة الحرارة بنفس القدر مع اختلاف قدرة الإشعاع في التجريبتين؟ وفي جميع الأحوال ، إذا ازدادت طاقة الإشعاعات الكهرومغناطيسية من جهاز الهاتف المتنقل، فهناك احتمال لتلف الأنسجة البيولوجية إذا لم يتمكن الجسم من التكيف مع الحرارة الإضافية. و نظراً لخلو العينين والخصيتين من تدفق الدم، فهما الأكثر عرضة للتأثير الحراري. ولا يتسبب هذا النوع من الإشعاع غير المؤيّن في فصل الإلكترونات عن الذرة و تأيينها في الجسم، عكس الإشعاعات المؤيّنّة ذات الطاقات الأعلى و الأطوال الأقصر للموجة (بالمقارنة مع موجات الهاتف المتنقل) مثل أشعة جاما² أو أشعة إكس³ أو الأشعة فوق البنفسجية⁴.

2. التأثير غير الحراري البيولوجي

عند مستويات أقل من الإشعاعات الكهرومغناطيسية يُحتمل أن يكون هناك تأثير غير حراري نتيجة لتفاعل المجال المغناطيسي مع أكسيد الحديد Magnetite الموجود في خلايا الجسم. لكن بينت الحسابات أن تفاعل مجالات مغناطيسية (حتى العالية منها) هو بالغ الضعف. و المعروف أن الطاقة اللازمة لتكسير أضعف الروابط الكيميائية في الحمض النووي⁵ (DNA) هي في حدود 1 إلكترون فولت (eV). لذلك من المستبعد أن تستطيع طاقة إشعاعات الهاتف المتنقل التي هي أقل بملايين المرات (7 أو 4 ميكرو إلكترون- فولت عند تردد 1800 ميجاهرتز أو 900 ميجاهرتز) الإضرار بالجزيئات الكيميائية في الخلية وهو الأمر الذي قد يقود إلى الإصابة بسرطان إذا حدث. و بينت الدراسات النظرية أن الآليات الأخرى المحتملة لا تمثل تهديداً مباشراً ، مثل آلية إمكانية التغير البيولوجي في حالة زيادة المجال الكهربائي لإشعاعات الهاتف المتنقل أعلى من الطاقة الحركية لمكونات الأنسجة البيولوجية، أو آلية الخلية ثنائية الأقطاب الكهربائية بفعل المجال الكهربائي ، أو آلية التيار الكهربائي في أغشية الخلايا، أو آلية اهتزاز مكونات الخلايا البيولوجية. لكن دراسة التأثيرات على المجال الكهربائي على مكونات الخلية البيولوجية لازال يحتاج تكرار و قياسات تحت الظروف الفعلية للخلايا [WHO, 2005 ; IEGMP, 2009].

لكن هل هناك مخاطر من المجالات الضعيفة جداً ؟ قد توجد هناك علاقة مع لوكيميا الأطفال، لكن العلاقة مع سرطان الصدر أو الأوعية الدموية في القلب هو أمر بعيد الاحتمال، أو العلاقة مع أورام الدماغ لازالت غير مؤكدة [Lin, 2007]، والعلاقة مع ما يسمى "الحساسية المفرطة" تحتاج أن تؤخذ في الحسبان على الرغم ما تبين عند البعض أنها غير متساقطة . و بالنسبة للجهاز العصبي، فلم يظهر حتى الآن تأثير سلبي على فئران التجارب. لكن لا يمكن إغفال الضغوط العصبية على الحيوان أثناء إجراء التجارب في الأسر، لذلك فإن استقرار النتائج من فئران التجارب إلى الإنسان يشوبه بعض الصعاب. أما بالنسبة للمخاطر الأخرى غير السرطان، فلا يتوفر معلومات عنها حالياً و لا توجد دراسات خاصة بالأطفال [SCENIHR, 2007] على الرغم من أن أعضائهم و أجهزتهم أكثر حساسية لطاقة الإشعاعات أثناء نموهم ، و أنهم سيتعرضون لكميات أكثر مع الزمن بالمقارنة مع البالغين حالياً. أضف إلى ذلك استخدامهم للهاتف المتنقل لمدد أطول من اللازم و الولوج الشديد ببرامج التسلية والألعاب. و الواقع أن مخاطر تعرض الأطفال هي مشكلة جديدة واحتمالاتها عالية. و ذكرت تقارير لبعض العلماء تأثيرات صحية أخرى، مثل تغيير نشاط المخ أو بطء ردود الأفعال أو الميل إلى النوم، لكن هذه التأثيرات يمكن أن تكون ثانوية وإن كانت تحتاج دراسات أعمق للتأكد منها [WHO, 2005].

3. تأثيرات على الأجهزة الإلكترونية

تعتبر مخاطر تأثيرات الإشعاعات الكهرومغناطيسية للهاتف المتنقل على الأجهزة الإلكترونية، خاصة أجهزة "ضبط نبضات القلب" و أجهزة "منع تقلصات العضلات" أو أجهزة السمع، لها درجة عالية من الاحتمال و التأثير. ذلك للتداخل الكهرومغناطيسي من الهاتف المتنقل في ترددات قيامها بعملها الصحي . كذلك التداخل مع أجهزة الطيران الملاحة لما تمثله من خطورة على أمان الأفراد [WHO, 2005]. و يمكن

¹ معدل الامتصاص النوعي Specific Absorption Rate: كمية الطاقة التي يمتصها واحد جرام في الجسم(وات/جم)، و تعتمد على قدرة الإشعاع من الهاتف المتنقل (و تصميمه) و التوصيلية الكهربائية للأنسجة و كثافتها.

² أشعة جاما: طول الموجة أقل من 0.01 نانو متر (تقارب طول نواة الذرة) و طاقة أكبر من 100 كيلو إلكترون فولت

³ أشعة إكس: طول الموجة 10 إلى 0.01 نانو متر (تقارب طول الذرة) و طاقة 124 إلكترون فولت إلى 120 كيلو إلكترون فولت

⁴ أشعة فوق بنفسجية: طول الموجة 10 إلى 400 نانو متر (تقارب طول الجزيء) و طاقة من 3 إلى 124 إلكترون فولت

⁵ الحمض النووي: يحتوي على التعليمات الجينية التي تصف التطور البيولوجي كما أنه يحوي التعليمات الجينية اللازمة لأداء الوظائف الحيوية لكل الكائنات الحية.

للهاتف المتنقل الذي يرسل إشعاعات بقدره حول 0.6 وات أن يحدث شدة مجالات كهربية أكبر من 3 فولت/متر عند مسافة تبعد 3 متر، و هي قيمة الحد الأقصى للأمان الموضوعية من معايير المفوضية الدولية للتقنية والكهرباء [Bassen, et. al. 1994; COMAR Technical Information Statement, 1998].

4. تأثيرات غير بيولوجية

هناك احتمال قوي و تأثير كبير على حياة الأفراد لمخاطر حوادث السيارات حينما يتحدث السائق بجهاز الهاتف المتنقل أثناء القيادة [Brusque &Alauzet , 2008]. وتبين من الدراسات المحاكاة زيادة معدل نبضات قلب السائق أثناء التحدث في الهاتف المتنقل و أن هناك حمل إضافي على المخ لإدراك ما يجري حوله، مما يزيد من احتمالات الحوادث له أو لغيره [Haigney, et. al., 2000]. و في تجربة عملية ميدانية لتسعة عشر سائق، انخفض زمن رد فعل السائق في سرعة استخدام الفرامل 0.5 ثانية ، و ثانية واحدة في تجنب الاصطدام حين قاموا باستخدام الهاتف المتنقل أثناء القيادة الفعلية ، ولم يُعنى استخدام أجهزة تجعله يده حرة من القبض على الهاتف (مثل السماعات السلكية أو البلوتوث) عن تلك المخاطر [Lamble et. al., 1999]. و تبين في إحصاء ميداني بالدمرك أن حوالي 0.5% من السائقين الذين يستخدمون جهاز الهاتف المتنقل قد وقع لهم حوادث ، و أن حوالي 66% قد تعرضوا لظروف خطيرة بسبب استخدام الآخرين لجهاز الهاتف المتنقل في الطريق [Troglauer, et. al., 2006]. ويُمكن أن تصل درجة المخاطر في هذه الحالة (من استخدام الهاتف المتنقل أثناء القيادة) إلى ثلاث إلى أربعة مرات حوادث السيارات من أسباب أخرى. ذلك سواء استخدم الجوال مباشرة بيده على أذنه أو باستخدام سماعة سلكية أو لاسلكية، داخل المدن كان أو في الطرق السريعة [WHO, 2005].

المشاكل

■ احتمال انحياز معايير ومقاييس المستويات الآمنة لسلامة استخدام الهاتف المتنقل

احتمال أن تكون معايير ومقاييس المستويات الآمنة منحازة أو تمثل وجهة نظر الصناعة أو أن يكون ورائها انحياز سياسي واقتصادي، هو احتمال وارد، كذلك الانحياز القومي والتعصب لبلد منشأ المعايير. وادعاء أن الأمر ليس كذلك بحجة أن معظم أعضاء لجان وضع المستويات الآمنة هم من الأكاديميين والباحثين من مراكز الأبحاث و قليل هم من رجال الصناعة، مردود عليه بأن العبرة ليست بالعدد بل بالتأثير والمال ، حيث أن الصناعة هي الممول للأبحاث و مصدر التبرع للمؤسسات العامة في كثير من الأحوال و جني الأرباح والعائدات هو هدفهم الاستراتيجي الأول. و المثير للانتباه و التأمل والدهشة هو تصريح رئيس مجلس إدارة ICNIRP عام 2008م والذي قال فيه" أن حدود معايير ICNIRP ليست مُلزِمة و ليست هي وصفة للأمان و ليست هي الكلمة الأخيرة ولا دفاع عن الصناعة و أنها مجرد إرشادات [O'Connor, 2009].

■ عدم أخذ المعايير عامل الزمن ولا التأثير غير الحراري في الاعتبار

أشارت معايير معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات IEEE إلى أنه ، على الرغم من احتمال وجود تأثيرات غير حرارية عند التعرض لطاقة إشعاعات الهاتف المتنقل، إلا أنه لم يثبت يقيناً عنها حتى الآن ما يدعو لتغيير المعايير. لكن من ناحية أخرى لازال هناك جدل و تضارب مستمر حول هذه المخاطر في المعامل ، و علينا ألا نغفل دور الزمن المؤثر بفاعلية في نتائج التأثير الحراري و غير الحراري (تعتمد المعايير الحالية على التأثير الحراري فقط و لأزمنة محددة من 6 إلى 30 دقيقة فقط) ، و ألا نغفل أن الأطفال هم أكثر تأثراً حتى لو كان الزمن قصيراً و عند مستويات أقل من طاقة الإشعاعات . و يمكن تشبيه التأثير الحراري بالتفريغ الجزئي الكهربائي في العازلات تحت جهود منخفضة و لا يحدث فيه انهيار للعازل إلا بعد فترة طويلة نسبياً من الزمن.

■ اختلاف المعايير

بمقارنة بيانات معايير الحدود القصوى الآمنة في الهيئات المعنية (مثل هيئة المواصفات الأمريكية ANSI، و مفوضية الاتصالات الفيدرالية الأمريكية، و الاتحاد الدولي للحماية من الإشعاع IRPA ، و معايير الاتحاد الأوروبي CENELEC، و المعايير الروسية CEMS و المعايير الفنلندية SFS)، تبين وجود اختلاف مع بعضهم البعض خاصة المعايير الروسية التي هي أكثر تحفظاً من معايير CENELEC أو IEEE، شكل (7). بل هناك أيضاً اختلاف بين الدول الأوروبية نفسها في تبني معايير الحدود القصوى الآمنة الموضوعية من قِبَل ICNIRP [O'Connor, 2009]. و يبدو أن ذلك يعود لاختلاف الأسس التي تم وضع هذه الحدود بناء عليها. والمشكلة هنا، هل عدم تحديد المخاطر بدقة و تضارب المعلومات حتى الآن لا يدعو إلى تغيير المعايير (وجهة نظر يتبناها IEEE)؟ أم أن (من وجهة نظر أخرى) يُمكن يكون ذلك ادعى للتحفظ في المعايير ؟ و هل علينا الانتظار حتى يحدث مخاطر عالية لإعادة النظر في معايير ICNIRP , IEEE أو ما يماثلها؟

■ مصادر المعلومات

من المعروف أن المعرفة العلمية السابقة يمكن الاعتماد عليها في الدراسات و تمتاز بالسرعة و قلة التكلفة. لكن من ناحية أخرى اتضح من الخبرات السابقة أنه لا يُمكن الاعتماد عليها في كل الأحوال. فمثلاً ، كان من الصعب استخدام المعرفة العلمية السابقة لتوقع مخاطر "الأسبتوس" عند استخدامه أول مرة. و من ناحية أخرى، تمتاز التجارب المعملية بتوقع المخاطر قبل الاستخدام العملي المكثف للتقنيات البازغة. لكن، هناك بعض الشك في استقرار تجارب الحيوانات على الإنسان، مثل حالة مخاطر الزرنيخ التي فشلت اكتشافها من تجارب الحيوانات. كذلك لازال عدد البحوث المُحكّمة والمنشورة في مجلات علمية معروفة أقل من تلك غير المُحكّمة عن مخاطر الهاتف المتنقل [IEGMP, 2000]. بل أقدم الإعلام المقروء على نشر معلومات غير موثقة و غير دقيقة عن العلماء مثيرة يمكن أن تُسبب بلبله للجمهور [المجلة، 2008]، و إن كان لا يجب إهمال البحث العلمي فيما أثارته. و من المشاكل النظرية أمام الباحثين والمراجعين ندرة الأمراض المحتملة (مثل جليوما المخ⁶ أو منينجيوما الجهاز العصبي المركزي⁷) إضافة إلى اختلاف طرق الدراسات ، و الحدائة النسبية للهاتف المتنقل و أن الأمر يحتاج سنوات طويلة لظهور أمراض نتيجة التعرض للإشعاعات [Rothman, 2009].

■ القياسات

⁶نوع من السرطان يبدأ في المخ غالباً.
⁷ورم في الجهاز العصبي المركزي.

تلعب القياسات العملية والميدانية و طرق القياس دوراً هاماً مع المعايير في تحديد مدى شدة تأثير المخاطر. فهناك أنواع مختلفة من الأجهزة لقياس شدة المجال الكهربائي والمغناطيسي و كثافة القدر لإشعاعات الهاتف المتنقل. فمنها المجسات المحمولة باليد ، وهي الأرخص والأسهل في الاستخدام ولا تحتاج خبرة. لكن الحساسية فيها محدودة. ويمكن للنوع الذي يستخدم محسسات ثنائية أن يقيس كثافة قدرة حتى 1 مللي وات/متر² ، لكن قياسه قد يصبح أكثر من الواقع لإشعاعات محطة القاعدة. أما تلك المجسات التي تستخدم محسسات من نوع مزدوج حراري، لا تستطيع قياس أقل من 100 مللي وات/متر² ، ومع ذلك فقياسها لمتوسط كثافة القدرة صحيح. أما أجهزة المسح المحمولة باليد فيمكنها القياس في مدى واسع من الترددات، لكن إمكانياتها محدود حين يكون تردد مصدر الإشعاع هو المعني لعدم قدرتها على تنعيم تردد القياس مع تردد المصدر. وهناك أجهزة تحليل الطيف الرقمية بما لها من إمكانية تحديد و قياس ترددات الإشعاعات في الميدان بالإضافة إلى إمكانية ربطها بحاسب وقاعدة بيانات. واختلاف طرق قياس المجالات تُعطي نتائج مختلفة و بعضها فيها تقريب مُخل [Chen and Lin, 2007]. لذلك فالمشكلة تكمن في اختلاف القياسات مع اختلاف أجهزة القياس وإمكانياتها التقنية و طرق الاستخدام و بيئة القياس كما أشارت دراسات سابقة [Sofrata(1977)]. ويمكن أن يتبع هذا الاختلاف مثله على قرار المقارنة مع المعايير.

خاتمة

في الهاتف المتنقل منافع كثيرة إيجابية ، لكن هناك احتمال مخاطر صحية وغير صحية نتيجة التعرض لمقادير عالية من طاقة الإشعاعات الكهرومغناطيسية للهاتف المتنقل و لزم طويل في محيط الجهور و الأماكن تحت السيطرة. بصفة عامة تعتمد مخاطر تأثير الطاقة الكهرومغناطيسية للإشعاع من جهاز الهاتف المتنقل و محطة القاعدة على ثلاث عوامل: زمن الاستخدام (كلما قصر الزمن كلما ضعف احتمال التأثير الحراري للانخفاض السريع لقوة مجال الإشعاعات الكهرومغناطيسي)، والمسافة من محطة القاعدة (كلما بعدت المسافة كلما ضعف من احتمال التأثير الحراري للانخفاض السريع لقوة مجال الإشعاعات الكهرومغناطيسية)، الحاجب الواقي (وجود حاجب وافي يُضعف من احتمال التأثير الحراري و غير الحراري لامتنصاه جزء غير ضئيل من طاقة إشعاعات الكهرومغناطيسية). حتى الآن لا توجد مخاطر صحية ملموسة وإن كان الأمر يحتاج أبحاث علمية و دراسات من مختلف التخصصات . لكن مخاطر قيادة السيارات أثناء التحدث في الهاتف المتنقل احتمالاتها عالية و أثارها عالية الضرر، وبالمثل مخاطر التداخل الكهرومغناطيسي مع الأجهزة الطبية المساعدة. و تصادف الدراسات في هذا الموضوع عدة مشاكل تحتاج النظر في التغلب عليها، مثل انحياز المعايير الحالية واختلاف حدودها القصوى الأمانة، و اقتصرها على التأثيرات الحرارية دون غيرها و القصور في مصادر المعلومات لحدثة العهد باستخدام الهاتف المتنقل وتوالي ظهور تقنيات جديدة. تعرض الأطفال لإشعاعات الطاقة الكهرومغناطيسية يحتاج اهتمام أكثر. المعايير الحالية للجمهور غير كافية وتحتاج إعادة نظر بناء على بيئة و أسس راسخة. ولحين التيقن من مدى احتمالات وقوع المخاطر ومدى درجة تأثيرها فمن الأوصوب اتخاذ الاحتياطات المناسبة.

توصيات

1. عدم اقتناء أجهزة دون أن يكون معها دليل المستخدم يحتوي على معلومات السلامة و مستوى الحد الأقصى الأمان لمعدل الامتنصاص النوعي للإشعاعات (SAR).
 2. عدم استخدام الهاتف المتنقل إلا في حالات الطوارئ ، ولأقل مدة (لا تزيد عن 6 دقائق) ، والإبقاء عليه بعيداً عن الجسم لا تقل عن 5 سم (مثلاً).
 3. استخدام أجهزة مُدمج بها حاجب للإشعاعات.
 4. منع للأطفال الصغار أقل من 10 سنوات (مثلاً) من استخدام الهاتف المتنقل (خصوصاً في المدارس) للحكومة:
- ### للجهات الحكومية
5. تجريم استخدام الهاتف المتنقل أثناء قيادة السيارات أو السير في الشوارع.
 6. إنشاء و تمويل مركز وطني مستقل عن الصناعة و التجارة لأبحاث الآثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية (وليكن في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية) تكون من مهامه تطوير قاعدة بيانات عن الدراسات ذات العلاقة وتصنيفها، إتاحة المعلومات الموثقة للجمهور، واختيار المعايير المناسبة للجمهور، ومراقبة الأجهزة المستوردة لمدى مطابقتها لمواصفات السلامة الكهرومغناطيسية.
 7. نشر توعية موثقة لكن مبسطة للجمهور عن السلامة الكهرومغناطيسية، على هيئة كتيبات دون مقابل، والإعلام المرئي، وعلى بوابة الحكومة الإلكترونية ، و البريد الإلكتروني.
- ### للشركات
8. عدم الدعاية أو تقديم عروض مغرية للأطفال.
 9. ضرورة الالتزام بضرورة إرفاق كتيب إرشادات مع كل جهاز و شهادة بمستوى SAR
 10. مراعاة الأمان الكهرومغناطيسي في التصاميم. ومن أهمها إضافة حاجب كهرومغناطيسي و سماعة أذن دون مقابل.
 11. حجب الوصول إلى هوائيات محطة القاعدة و عدم تركيبها على سطح المنازل أو قريباً من المدارس والمستشفيات.
- ### للجامعات ومراكز الأبحاث
12. إضافة مقرر دراسي في كليات الهندسة والطب عن السلامة الكهرومغناطيسية.
 13. القيام بالأبحاث متعددة التخصصات المستقلة عن الصناعة و التجارة و تمويل من هيئات الهيئات الخيرية أو الوقف الخيري أو فاعلي الخير.
 14. الاهتمام أيضاً بآثار المستويات المنخفضة من طاقة الإشعاعات.

شكر وتقدير

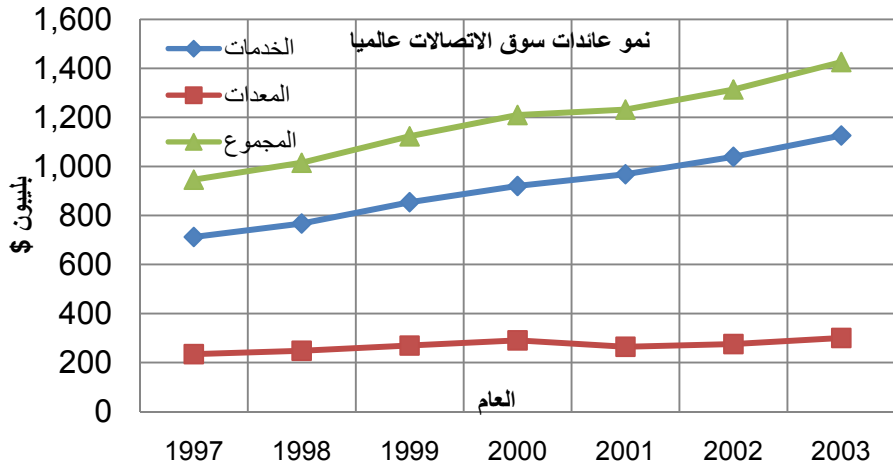
أود التوجه إلى سعادة المهندس السيد/غسان بن حسن الكنتي، المدير العام للإدارة العامة لتقنية المعلومات والاتصالات ووزارة الخارجية، بجزيل الشكر و عظيم العرفان لتشجيعه المستمر و مساندته الفعالة التي لولاها ما كان لهذه المقالة أن ترى النور، مع أطيب تمنياتي له بدوام النجاح و التوفيق.

المراجع

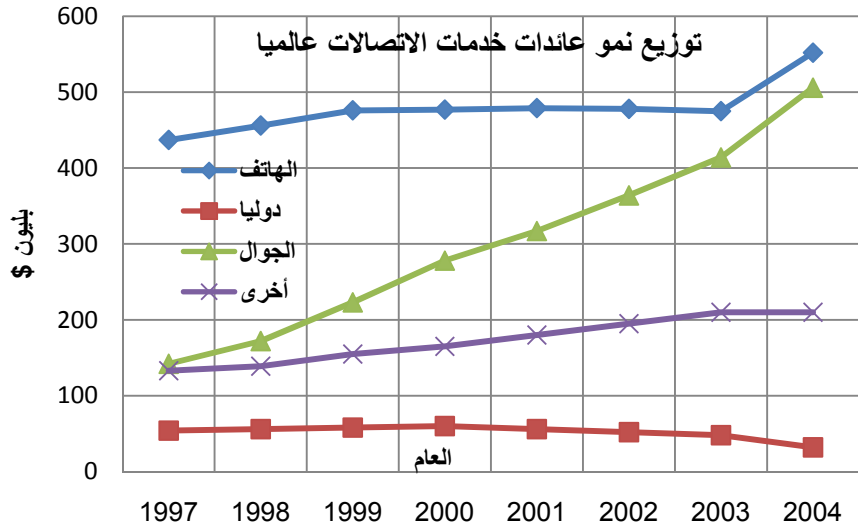
- Aoyama, Tomonori (2009), A New Generation Network: Beyond the internet and NGN, IEEE Communications Magazine, Vol.47, NO. 5, pp.82-87, May 2009

- Bernardi, P. , Cavagnaro, M. , Pisa, S. , Piuizzi, E. (2001), Power absorption and temperature elevations induced in the human head by a dual-band monopole-helix antenna phone, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, pp. 2539-2546 , Volume: 49, Issue: 12.
- <http://www.iegmp.org.uk/>
- <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/In-English/About-the-Swedish-Radiation-Safety-Authority1/>
- IEEE Communications Magazine, Vol.47, NO. 5, pp.82-87, May 2009
- Repacholi M H (1997), Radiofrequency field exposure and cancer: what do the laboratory studies suggest?, Environ Health Perspective. 105(Suppl 6): 1565–1568.
<http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/>, الاتحاد الدولي للاتصالات (2009)
- International Radiation Protection Association (IRPA) ، (2009) الاتحاد الدولي للحماية من الإشعاع
<http://www.irpa.net>
- الاتحاد الفنلندي للمعايير (2009) ، The Finnish Standards Association SFS
<http://sales.sfs.fi>
- بكرى، سعد الحاج، (2005)، التحول إلى مجتمع المعرفة، مكتبة الملك عبد العزيز العامة، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- تقرير التنمية البشرية (2003)، أهداف التنمية للألفية: تعاهد بين الأمم لإنهاء الفقر، برنامج الأمم المتحدة الإنمائي.
- تقرير التنمية البشرية (2008/2007)، برنامج الأمم المتحدة الإنمائي.
- الحقيقل، زياد عثمان، و الرويس، عبدالعزيز سالم، و عفيفي، مصطفى سيد، و الحرقان، فايز عبدالله (1419 هـ)، دراسة ميدانية لشدة المجالات الكهرومغناطيسية في مدينة الرياض ، مشروع رقم: أت 15-54، بحث مدعم من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية.
- الرويس، عبدالعزيز سالم(2001)، قياس المجال الكهرومغناطيسي بالقرب من محطات قاعدة في خلايا صغيرة المساحة، مجلة العلوم الهندسية، جامعة الملك سعود، مجلد 13، رقم 1، المملكة العربية السعودية.
- سلطان، أبوبكر (2002)، التحول إلى مجتمع معلوماتي، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الإستراتيجية، دراسات إستراتيجية، أبو ظبي، دولة الإمارات العربية المتحدة.
- سلطان، أبوبكر(2001)، الاتصالات اللاسلكية في الألفية الثالثة، مجلة الفيصل، المملكة العربية السعودية.
- اللجنة الأوروبية للمعايير التقنية والكهرباء (2009) ، European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), <http://www.cenelec.eu/Cenelec/Homepage.htm>
- اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات غير المؤينة، 2009 ، International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) ، http://www.ncrponline.org/AboutNCRP/About_NCRP.html
- مجلة وجهات نظر في الصحة البيئية (2003) ،(ehp)Journal Environmental Health Perspectives
<http://www.ehponline.org/>
- المجلة (2008)، العلماء يحذرون.. هاتقك المحمول سرطان في إنذك، العدد 1495، ص42-44.
- المجلس القومي للحماية من الإشعاع والقياسات، 2009 ، National Council for Radiation Protection and Measurements (NCRP)
<http://www.icnirp.de/what.htm>
- مجموعة الخبراء المستقلين للهاتف المتنقل، 2009، Independent Expert Group on Mobile Phones (IEGMP)
- مركز البرامج الدولية، مكتب الإحصاء الأمريكي، للإحصاء (2009) ، <http://www.census.gov/ipc/www/>
- مركز أمان الكهرومغناطيسية الروسي(2009) ، The Center for Electromagnetic Safety (CEMS),
<http://www.tesla.ru/english/protection/standards.html>
- المعهد السويدي للحماية من الإشعاع (2009)،(SSI) Swedish Radiation Protection Institute
- معهد مهندسي الكهرباء والالكترونيات الأمريكي (2009) ، Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
<http://ewh.ieee.org/soc/embs/comar>
- معهد مهندسي الكهرباء والالكترونيات الأمريكي، 2009 ، Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
- مفوضية الاتصالات الفيدرالية الأمريكية (2009)،(FCC) The Federal Communications Commission
<http://www.fcc.gov/cgb/cellular.html>
- المفوضية الدولية للتقنية و الكهرباء ، 2009 ، The International Electrotechnical Commission (IEC),
<http://www.iec.ch/>
- منظمة الصحة العالمية (2009) ، World Health Organization (WHO) ، <http://www.who.int/ar/index.html>
- وزارة الاتصالات و تقنية المعلومات السعودية (2009) ، <http://www.mcit.gov.sa/arabic>
- وكالة حماية الصحة البريطانية(2009)،(HPA) The Health Protection Agency (HPA)،
<http://www.hpa.org.uk>
- Brusque C. and Alauzet A. (2008), Analysis of the individual factors affecting mobile pho... Accident Analysis & Prevention, Accident Analysis & Prevention, Volume 40, Issue 1, pp. 35-44
- Chen G., Lin C., Sun J. and Tiong K. ,(2007), Mobile Handset and Radiation Power Absorption Measurements, IEEE Region 10 Conference, TENCON 2007, pp.1-4
- Lamble, D. , Kauranen, T., Laakso , M., and Summala ,H., Cognitive load and detection thresholds in car following situations: safety implications for using mobile (cellular) telephones while driving (1999), Accident Analysis & Prevention, Volume 31, Issue 6, pp. 617-623.

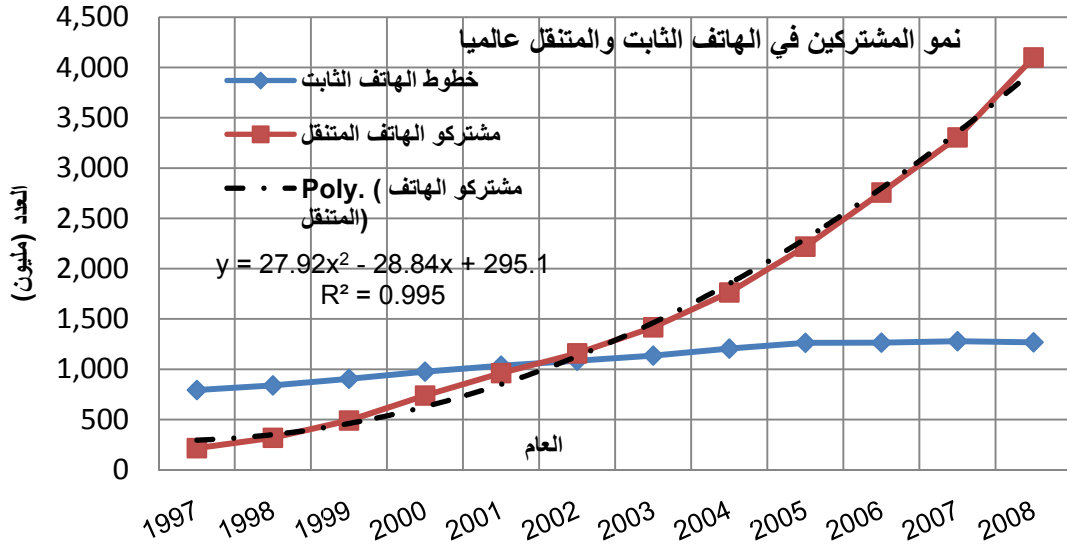
- Lin J. (2007), Cellular Mobile Telephone Radiation and Intracranial Tumors, IEEE Microwave Magazine, June, pp.50-52.
- Rothman K.J, Health Effects of Mobile Telephones, Epidemiology, Volume 20, Number 5, pp.653-655.
- SCENIHR (2007), Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, European Commission , Health & Consumer Protection Directorate General.
- Troglauer T., Hels T., and Christens P. F.(2006), Extent and variations in mobile phone use among drivers of heavy vehicles in Denmark, Accident Analysis & Prevention, Volume 38, Issue 1, pp. 105-111,
- Haigney D . E. , Taylor, R. G. , and Westerman S. J., Concurrent mobile (cellular) phone use and driving performance: task demand characteristics and compensatory processes (2000), Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 3, Issue 3, pp. 113-121
- Bassen H., Ruggera P., Casamento J, and Witters D, Sources of Radiofrequency Interference for Medical Devices in the Non clinical Environment (1994), Engineering in Medicine and Biology Society, 1994. Engineering Advances: New Opportunities for Biomedical Engineers. Proceedings of the 16th Annual International Conference of the IEEE, Volume , Issue , pp.896 - 897 vol.2.
- COMAR Technical Information Statement (1998), RADIOFREQUENCY INTERFERENCE WITH MEDICAL DEVICES, IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, Volume 17, Number 3, pp.111-114 .
- O’Connoe E (2009), Why people are worried about EMF: a UK perspective, Workshop on EMF and Health: Science and Policy, EMRT, EU.
- Hamed Sofrata, Dr. Ing. Dissertation (1977), “Condensation heat transfer coefficient by falling film on vertical walls” West Berlin Technical University , Germany



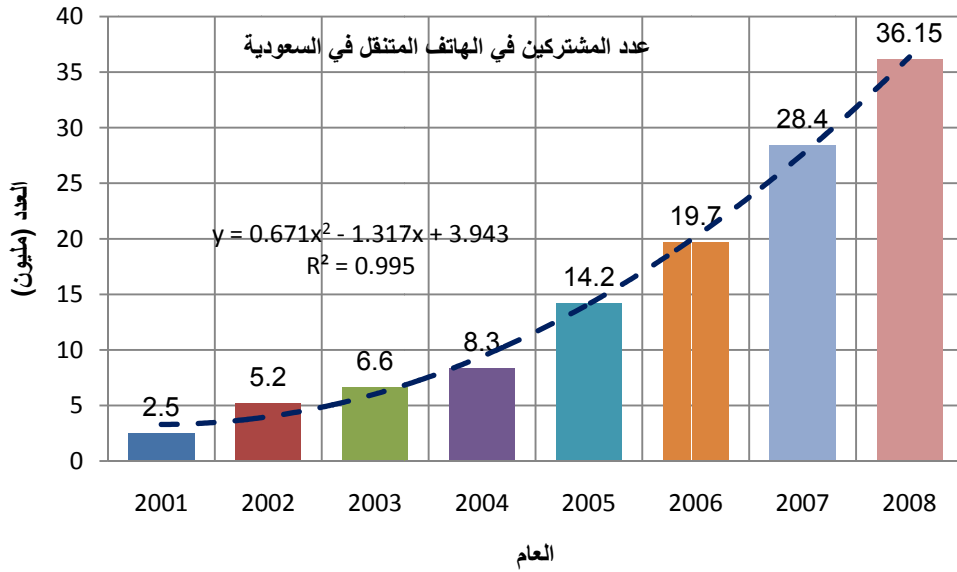
شكل (1) نمو عائدات سوق الاتصالات حول العالم (الاتحاد الدولي للاتصالات، 2009)



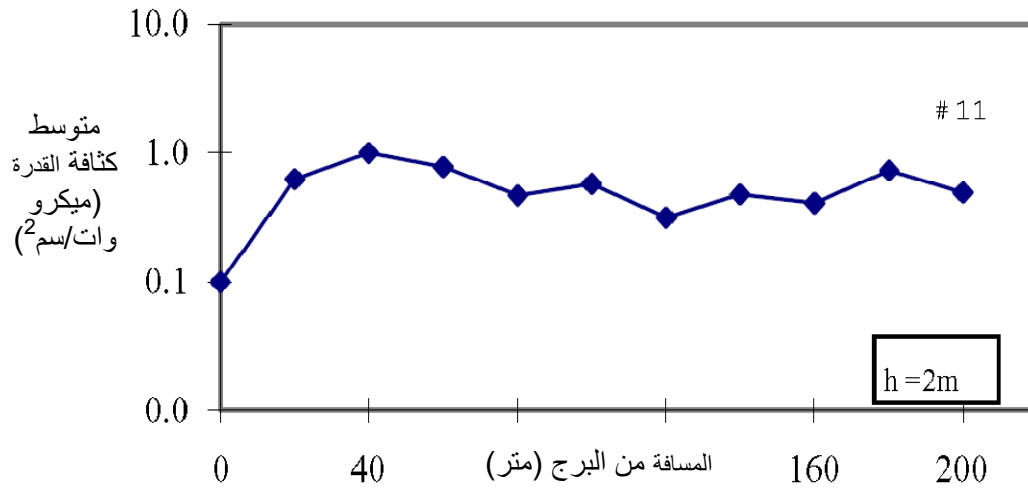
شكل (2) نمو عائدات خدمات سوق الاتصالات حول العالم (الاتحاد الدولي للاتصالات، 2009)



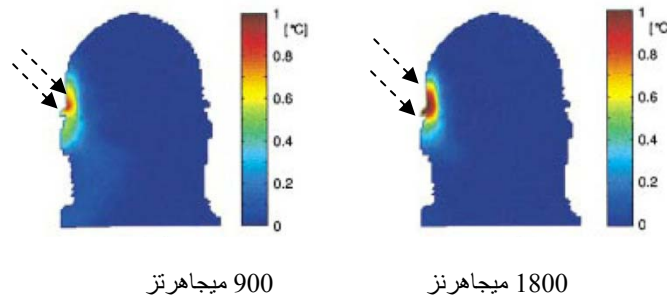
شكل (3) نمو عدد المشتركين في الهاتف الثابت والهاتف المتنقل، حول العالم (الاتحاد الدولي للاتصالات، 2009)



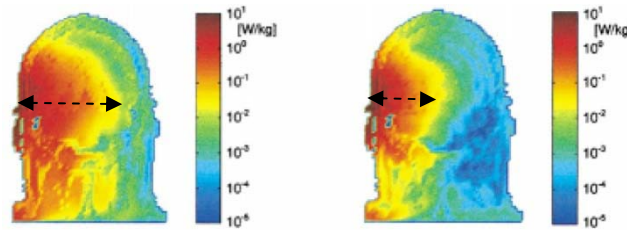
شكل (4) نمو مشتركو الهاتف المتنقل في السعودية (وزارة الاتصالات و تقنية المعلومات السعودية)



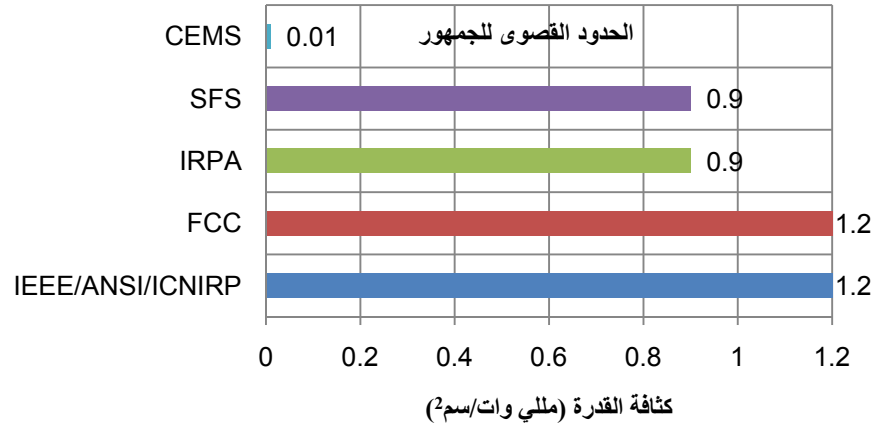
شكل (5) تغيّر نمطي كثافة القدرة على ارتفاع 2 متر مع المسافة من برج محطة قاعدة عند تردد 960-870 ميغا هرتز [الرويس، 2001].



شكل (6-أ) توزيع معدل الامتصاص النوعي عند قدرة واحد وات إشعاع [Bernardi, 2001] (الامتصاص أكثر عند 1800 ميغا هرتز)



شكل (6-ب) توزيع الزيادة في درجة الحرارة عند قدرة واحد وات إشعاع [Bernardi, 2001]. (ارتفاع الحرارة أعلى عند 900 ميغا هرتز)



شكل (7) مقارنة معايير الحدود القصوى الأمانة للتعرض لطاقة إشعاعات الهاتف المتنقل عند تردد 1800 ميغاهرتز