

مجلة المدار

للاتصالات وتقنية المعلومات وتطبيقاتهما
المجلد 04، الإصدار 01، يونيو 2018



الموجات الكهرومغناطيسية
وتأثيرها على صحة الإنسان

مجلة المدار للاتصالات وتقنية المعلومات وتطبيقاتهما المجلد 04، الإصدار 01، يونيو 2018

فريق النشر

حسن محمد المغراوي

تصميم الغلاف

حسن محمد المغراوي

آلية التقديم

يمكن للسادة الباحث والأكاديميين الراغبين في نشر نتائج أعمالهم بالمجلة بإحدى اللغتين العربية أو الإنجليزية الدخول على المنظومة الخاصة بالمجلة بالموقع الإلكتروني لمكتب البحث والتطوير:

www.almadar-rd.ly

يتم استقبال الأوراق على مدار السنة لكي تخضع للمراجعة والتحكيم من قبل محكمين متخصصين، حيث أن الزمن المخصص للمراجعة لا يزيد عن 60 يوماً، ويتم اتخاذ أحد القرارات حيال قبول أو رفض الأوراق المستلمة.

مكافآت تشجيعية

في إطار نشر ثقافة البحث العلمي والتشجيع على إنتاج أوراق علمية رفيعة المستوى تم تخصيص مكافأة مالية قدرها 500 د.ل أو مادية بنفس القيمة تقريباً كمنحة لكل ورقة علمية مقبولة للنشر، كما أنه تم تخصيص مكافأة مالية قدرها 5000 د.ل أو مادية بنفس القيمة تقريباً وشهادة رسمية كجائزة لأفضل ورقة سنوياً والتي يتم تحديدها بناء على تقييم المراجعين وهيئة تحرير المجلة.

حقوق النشر

جميع حقوق النشر محفوظة لمجلة المدار للاتصالات وتقنية المعلومات وتطبيقاتهما، لكن المجلة تسمح باستعمال المادة المنشورة بما لمن يرغب، بشرط الإشارة إلى المصدر. المواد المعروضة في المجلة ووجهات نظر الكُتاب بالمجلة لا تعبر من قريب أو بعيد عن آراء أو توجهات المجلة إنما تعبر فقط عن آراء أصحابها.

الدعاية ونشر الأخبار بالمجلة

ترحب المجلة بنشر الدعايات والإعلانات والأخبار في مجال عمل المجلة بعد أن يتم الموافقة عليها من قبل هيئة تحرير المجلة. كل الدعايات والإعلانات والأخبار التي يتم الموافقة عليها سيتم نشرها مجاناً خلال الأعداد القادمة.

مجلة المدار للاتصالات وتقنية المعلومات وتطبيقاتهما

مجلة المدار للاتصالات وتقنية المعلومات وتطبيقاتهما (ISSN)

3344-2411 (رقم الإيداع بدار الكتب الوطنية 369\2014) هي مجلة علمية محكمة متخصصة في مجالي الاتصالات وتقنية المعلومات وتطبيقاتهما، تصدر نصف سنوياً عن مكتب البحث والتطوير بشركة المدار الجديد، قرجي- طرابلس- ليبيا، صندوق بريد: 3520، هاتف: +218919190500، داخلي: 3520، بريد إلكتروني: ajcita@almadar-rd.ly، موقع إلكتروني: www.almadar-rd.ly

تهدف المجلة إلى توفير أوراق علمية أكاديمية وصناعية ذات مستوى عالٍ. يمكن أن تصنف الأوراق المنشورة بالمجلة كمقالات بحثية أصلية أو مقالات تعليمية أو مقالات ثقافية.

المشرف العام

عبدالله علي أعبودة، مدير مكتب البحث والتطوير بشركة المدار الجديد، البريد الإلكتروني: a.abouda@almadar.ly

رئيس التحرير

محمد سالم المصراطي، عضو هيئة تدريس بجامعة فاذا- فنلندا، البريد الإلكتروني: mohammed.elmusrati@uva.fi

أعضاء هيئة التحرير

ناصر جمعة الترهوني، عضو هيئة تدريس بجامعة السلطان قابوس- سلطنة عمان، البريد الإلكتروني: tarhuni@squ.edu.om

علي أحمد قنون، عضو هيئة تدريس بجامعة طرابلس- ليبيا، البريد الإلكتروني: a.ganoun@uot.edu.ly

عمر علي أبوعلة، عضو هيئة تدريس بجامعة مصراتة- ليبيا، البريد الإلكتروني: omarabuella@eng.misuratau.edu.ly

مصطفى علي أبوزريدة، عضو هيئة تدريس بجامعة مصراتة- ليبيا، البريد الإلكتروني: abuzaraida@it.misuratau.edu.ly

مجلة المدار للاتصالات وتقنية المعلومات وتطبيقاتهما

المجلد 04، الإصدار 01، يونيو 2018

المحتويات

- صفحة المحرر: على مشارف الجيل الخامس من الاتصالات الخلوية.
محمد المصري، صفحة 1.
- تطبيق التعرف على النظام بواسطة خوارزمية المتغير القويم على التربة الغازية بمحطة كهرباء شمال بنغازي.
عمر محمد، أشرف خليل، مروان المحرش، جى هونغ وانغ، صفحة 5.
- الموجات الكهرومغناطيسية وتأثيرها على صحة الانسان.
عمر عذاب، صفحة 14.

صفحة المحرر

افتتاحية العدد الرابع



محمد المصراطي¹

الشركات التي تدير شبكات الاتصالات وتوفر الخدمات للزبائن. والدافع الاساسي للمشغلين للبحث عن خدمات جديدة يكون متطلبات السوق من الزبائن سواء أفراد أو مؤسسات. وبالتالي فإن البيئة التنافسية الشديدة بين المشغلين وبين المصنعين تدفع بهم للتطوير المستمر لتحقيق رضى الزبائن. فشل شركة تشغيل أو شركة تصنيع في تحقيق رضى الزبائن والمستهلكين بسبب تخلفها التقني قد يؤدي إلى خروجها من مضمار السباق وقد يكون للأبد! وبالتالي فإن مراكز الابحاث والتطوير تعتبر ركن أساسي في الشركات العالمية المتواجدة في بيئات تنافسية غير احتكارية.

على مشارف الجيل الخامس من الاتصالات الخلوية

الجيل الرابع ترافق ظهوره مع ما يعرف اليوم بالتطوير بعيد المدى للشبكات الخلوية (Long Time Evolution (LTE) و يعتبر ثورة تقنية مهمة و ذلك بتغييره لبنية الاتصالات الخلوية و ذلك بتقليل الطبقات بين أجهزة المستخدمين User Equipment و حتى المزود بالخدمة Service Provider (شبكة الانترنت على سبيل المثال) وذلك بتطوير أجهزة المستخدمين والتي ازدادت كفاءتها و قدرتها بشكل غير مسبوق مع تطور المعالجات الميكروية متعددة الأنوية Multicore RISC Processors و كذلك تطوير المحطات الارضية Base Stations و التي سميت اختصارا eNB وذلك لتفريقها عن المحطات الارضية الخاصة بالجيل الثاني والثالث. الكثير من المهام والخدمات أصبح يتم معالجتها وأداؤها في المحطات الارضية للجيل الرابع وتم التخلص من محطات التحكم في المحطات الارضية Radio Network Controllers والتي كانت أساسية في الأجيال السابقة للجيل الرابع من الاتصالات الخلوية والتي كانت مسؤولة عن العديد من المهام الحيوية بالغة الأهمية مثل توزيع الموارد الراديوية وتتبع أجهزة المستخدمين واجراءات التسليم والاستلام فيما بين المحطات الارضية وبعض مهام بروتوكولات الانترنت وغيرها. مع الجيل الرابع أصبحت حل هذه المهام يتم اجراءها في المحطات الارضية ولتسهيل هذه المهام أصبح من الممكن للمحطات الارضية أن تتصل ببعضها بشكل مباشر. ومن ضمن ثورة الجيل الرابع كذلك تغيير نوعية التعديل في إشارات الاتصالات من اتصالات واسعة الحزمة أو ما يعرف CDMA إلى التقنية عتيقة المفهوم حديثة التطبيق و

يسعدني في البداية بإسمي واسم أعضاء لجنة وطاقم التحرير لمجلة المدار للاتصالات وتقنية المعلومات وتطبيقاتها أن نقدم لكم العدد الرابع من النسخة العربية من المجلة والتي بالطبع ما كان لها أن ترى النور لولا التوفيق من الله أولاً ثم المشاركة المشكورة من المؤلفين والمراجعين وغيرهم. لانتزال مجلتنا في سنواتها الأولى تحبو ولكننا إن شاء الله مصرون على مواجهة التحديات والاستمرار تماشياً مع الحكمة بأن تأتي متأخراً خير من ألا تأتي أبداً. كل عدد من النسخة العربية يضيف بعض اللبنة لبناء التقنية والاتصالات في مكتبتنا العربية والتي تعتبر للأسف فقيرة في هذا المجال بالرغم من قوة وغنى اللغة العربية وقدرتها على التعبير في كل مجالات العلوم المختلفة.

كافتتاحية لهذا العدد قررنا أن نتجول مع القراء الكرام في رحلة استكشافية سريعة لتقنية الاتصالات القادمة والمتمثلة في الجيل الخامس من الاتصالات الخلوية والتي بدأت ملاحظها في الظهور والمتوقع أن نشهد ميلادها الرسمي خلال العام 2020 ولكنها بالطبع سوف تستمر في النمو الطبيعي لسنوات وربما لعقود عديدة بعدها. والسؤال الذي قد يتبادر إلى ذهن البعض ماهي الدواعي والمتطلبات التي كانت خلف التوجه للجيل الخامس وما هو اختلافها عن الشبكات الخلوية الحالية وكيف ستساهم في ظهور تطبيقات جديدة غير ممكنة اليوم على كل المستويات من الافراد وحتى للمؤسسات والدول.

الحرك الاساسي للمصنعين لوضع مواصفات معيارية جديدة للاتصالات الخلوية وبالتالي مشاركة البحوث في المراكز البحثية والجامعات ودفع المنح والاموال لدعم هذه الابحاث يكون متطلبات المشغلين (operators)، أي

¹ محمد المصراطي: عضو هيئة تدريس بجامعة فازا، فنلندا،

Mohamed.elmusrati@uvi.fi

ولهذا تم العمل على وضع تصورات الجيل الخامس لتكون قادرة على استيعاب المتطلبات الحديثة والمستقبلية وقد كانت بدايات النقاش في هذا الموضوع في العام 2012، أما البداية الحقيقية في صياغة المقترحات وجميعها فيرجح أنها كانت مع بدايات 2015 وقد تم وضع العام 2020 كموعدا لخروج الاطار القياسي أو المعياري **The standard frame** للمنظومة الحديثة. الآن ونحن نقرب من العام 2019 فقد بدأت الكثير من معالم الجيل الخامس في الظهور ولعلنا نستعرض أهم هذه المعالم والتي من شبه المؤكد أنها ستكون من ضمن النموذج المعياري للجيل الخامس:

1. تقنين استخدام الموجات المليمترية والتي قد يتجاوز ترددها **300GHz** وهذا كفيل بحل مشكلة الازدحام الطيفي حيث يمكن بسهولة أن تصل سرعة البيانات إلى قرابة **20 Gbps**، بل ويمكن أن يتجاوزها. ولكن المشكلة أن التغطية الراديوية عند هذه الترددات تكون محدودة ومستوى الفقد يكون عالي جداً خصوصاً في اختراق الجدران وغيرها مما يجعلها حل محتمل للخلايا بالغة الصغر **Micor-cells and Pico-cells** والتي لا يتجاوز قطرها بضعة عشرات من الأمتار. وبالرغم من وجود الخلايا الراديوية الصغيرة في الجيل الرابع ولكن من المتوقع أن تطور وتقنن في الجيل الخامس. كما سيتم تطوير المرحلات (**Radio Relays**) في الجيل الخامس وسوف تكون أكثر ذكاء وقدرة على التكيف والتعاون مع بعضها بشكل آلي لتحسين مواصفات الاتصالات عند حدود الخلايا الراديوية حيث يرتفع مستوى التداخل الراديوي من الخلايا المجاورة. كما يبدو أننا سوف نرى المزيد من الأبحاث في مجال الترددات الميولي مترية حيث بدأ بالفعل التفكير في ما بعد الجيل الخامس واستعمال ترددات التيرا هرتز أي ما يعادل ألف غيغا هرتز مما سوف يجعل مشكلة محدودية الطيف شيء عتيق و قديم من الماضي.

2. الاستخدام العملي للهوائيات المتعددة ذات الكثافة الفائقة **Ultra massive MIMO** والتي ستمكن من الحصول على تغطية راديوية موجهة لكل مستخدم على حدة. بمعنى أنه سيمكننا من إرسال الإشارات إلى مئات المستخدمين في الخلية على نفس التردد وفي نفس الزمن وبدون حصول أي تداخل مؤذي بينهم نتيجة العزل المكاني الذي توفره الهوائيات المتعددة ذات الكثافة الفائقة. وهذا بدوره سيزيد من عدد المستخدمين في الوحدة المكانية. بالإضافة إلى زيادة كفاءة استخدام الطيف وزيادة عدد المستخدمين وزيادة كبيرة جداً في سرعة نقل البيانات. وبالإضافة إلى ما سبق فإنه سيكون من الممكن كذلك الحصول على معلومات دقيقة جداً عن موقع جهاز المستخدم مما يساهم في فتح تطبيقات كثيرة منها ما هو متعلق بحالات الطوارئ ومنها ما له صبغة تجارية ودعائية.

الاستخدام والمسماة بالتقسيم الترددي المتعامد و **OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing** الذي يعتبر أفضل من عدة نواحي أهمها أنه يوفر إمكانية اتصالات بالغة السرعة بدون الحاجة إلى استخدام موازيات **Equalizers** معقدة جدا في أجهزة المستخدمين وكذلك سهولة جدولة **Scheduling** الخدمات نسبيا والتحكم في سرعات الاتصال، بالإضافة إلى الكفاءة العالية عند استعمالها مع نظم الهوائيات المتعددة والمعروف ب **(MIMO) Multiple Input Multiple Output Antennas**. ولزيادة رفع سرعات نقل البيانات تم استحداث تقنية التجميع الطيفي ومحاولة استغلال أي طيف متوفر ولهذا وصلت سرعة الاتصالات القصوى خصوصا للمستخدم الثابت إلى حوالي **1 Gbps**. أما للهاتف المحمول فأصبح من المتوفر تجاريا الحصول على سرعات تصل إلى **300 Mbps**. وبالرغم من هذا التطور الهائل إلا أنه لم يكن كافي لتلبية المتطلبات العصرية والمتماثلة في ثلاث فروع أساسية على الأقل وهي:

1. تطبيقات المراقبة والتحكم وكذلك منصات الألعاب و تطبيقات الواقع الافتراضي **Virtual Reality** أو الواقع المعزز **Augmented Reality** تشترك كلها في أنها تحتاج إلى زمن استجابة حقيقي صغير جدا. على سبيل المثال في بعض تطبيقات الوقاية والتحكم في شبكات الكهرباء يجب ألا تزيد زمن استجابة التحكم عن 5 مللي ثانية وهذا الزمن صغير جدا لا يمكن ضمانه في الجيل الرابع الحالي.

2. من ضمن المتطلبات الحديثة ما يعرف بإنترنت الأشياء والذي يتركز على مفهوم أن أي شيء يمكن أن يُستفاد بتوصيله بالشبكة العنكبوتية الإنترنت ينبغي أن يتم توصيله سواء كان أجهزة في البيت مثل الثلاجة والميكروويف وعداد الساعة والمكيف، أو في الشارع مثل المتحسسات **Sensors** في الطرق، أو عند اشارات المرور أو في شبكات الكهرباء سواء في المحطات أو في التوزيع أو في المصانع والمعامل أو في المدارس والمستشفيات والمؤسسات العامة والخاصة وغيرها. بالتالي من المتوقع زيادة رهيبه وغير مسبوقه في توصيل المتحسسات و أجهزة ذات طاقة منخفضة والتي قد تصل إلى عشرات الآلاف من الأجهزة اللاسلكية في الكيلومتر المربع الواحد. مثل هذا العدد تعجز منظومة شبكات الجيل الرابع على التعامل معه بكفاءة ووثوقيه.

3. بالرغم من السرعة العالية الحالية للجيل الرابع إلا أننا نرغب في سرعات أكبر خصوصا مع انتشار أجهزة التلفزيون كبيرة المساحة والتي تدعم التقنيات فائقة الوضوح مثل **K4** و **K5** والتي تحتاج إلى سرعات انترنت عالية جدا، ولهذا فإننا نرغب في إضافة تقنيات جديدة تمكننا من سرعات تصل إلى **20 Gbps** أو أكثر.

الذكية والمدن الذكية والمواصلات الذكية وغيرها من النظم التي لا تحتاج لتدخل بشري آني في تسييرها، بل تعتمد على تحليل سيل فلكي متدفق من البيانات سواء من المتحسسات أو من أجهزة النقل أو من مواقع التواصل الاجتماعي و الانترنت لتستخلص منها المعلومات باستعمال ما يسمى بخوارزميات تعليم الآلة **Machine Learning Algorithms** ثم تستخدم هذه المعلومات في زيادة خبرتها و اتخاذ القرارات المناسبة سواء بشكل كلي و بدون أي تدخل بشري أو بمساعدة خبير بشري حسب التطبيق. هذه التطبيقات تحتاج إلى شبكة اتصالات مكثفه وذات وثوقية عالية ويزمن استجابة صغير جدا وهذا ما سوف توفره شبكة الجيل الخامس. من هذه التطبيقات السيارات أو الحافلات والقطارات ذاتية القيادة والتي تستفيد من معلومات حية **Online** عن حالة الطريق بواسطة أجهزة الملاحه، أو الانسان الآلي الذي يستطيع إجراء عمليات جراحية مع متابعة الاخصائي البشري عن بعد (ربما آلاف الكيلومترات) وبالتالي إذا رأى هذا الأخصائي أي خطأ فادح في عمل الانسان الآلي يستطيع أن يتدخل وينبغي ألا يزيد زمن تأخير الاستجابة عن ربع ثانية مهما كانت الظروف. هناك مئات التطبيقات الجديدة المتوقعة خلال العقد القادم بإذن الله، الجيل الخامس يمكنه أن يفني باحتياجات الاتصالات لكل هذه المتطلبات.

5. من معالم الجيل الخامس ليس فقط الذهاب إلى ترددات جديدة بالغة العلو، بل يتميز كذلك باستخدام ترددات منخفضة نسبيا مثل **600 MHz** وهي من ضمن الطيف الذي كان مستخدما لأجهزة التلفزيون المرئي التماثلي (المنقرض حاليا في أغلب دول العالم). تمتاز الترددات المنخفضة بأن لها تغطية ممتازة لمساحات واسعة تصل إلى أكثر من **20** كيلومتر و يمكنها اختراق المباني بفقد قليل نسبياً، كما يمكن استعمال التقنيات الحديثة في رفع كفاءة استعمال الطيف مما يضمن سرعة نقل بيانات عالية جدا.

6. المشهد الحالي في الاتصالات يبين نوع من الفوضى في النظم فتجد مثلا أنظمة الجيل الرابع مع الجيل الثالث مع الواي فاي **WiFi** و المعروفة ب **IEEE 802.11X** حيث **X** تمثل العديد من المعايير المختلفة بالإضافة إلى الواي ماكس و المعروف معياريا ب **IEEE 802.16** هذا بالإضافة للاتصالات محدودة المسافة (تسمى بالشبكات الشخصية) مثل **Bluetooth** و **Zigbee** وكذلك شبكات الانترنت بالأقمار الصناعية و شبكات الاتصالات الضوئية اللاسلكية و يتوقع ظهور معايير جديدة تنظم الاتصالات على الموجات الميلي مترية و غيرها. هذه النظم المشتتة يتوقع أن يتم تنظيمها لتتكامل وتتناغم مع بعضها في الجيل الخامس.

7. من فلسفة الجيل الخامس والتي لا تزال تحت الجدل وهي أن يكون الجيل الخامس بوتقة لكل تقنيات الاتصالات الخلوية، بمعنى أن يكون الوصف

3. كما أشرنا سابقاً فإن من أهم متطلبات الجيل الخامس هو تقليل زمن الاستجابة أو التأخير في الشبكة ولهذا تم تقديم عدة حلول في هذا السياق. منها ما يسمى بالاتصالات البينية بين الأجهزة **Device-to-Device Communication**. الفكرة هنا ببساطة كالتالي، إذا كانت الأجهزة قريبة من بعضها بحيث يمكنها الاتصال بشكل مباشر (يعني خلال بضعة مئات من الامتار) فلماذا لا يتم إرسال واستقبال المعلومات بينها بشكل مباشر وليس عن طريق الشبكة الخلوية مما يوفر في زمن التواصل بشكل كبير جدا. يعني مثل أجهزة الووكي توكي **Walkie-talkie** المشهورة والفرق أن عملية الاتصال ومراقبة الجودة يتم التحكم فيها عن طريق شبكة الجيل الخامس. فتقوم الشبكة بفحص جودة الإشارة بين الجهازين وتقوم باختيار الترددات المناسبة وتتحكم كذلك في الموارد الراديوية ويتم ذلك عن طريق قناة التحكم والتي تكون موصولة بين كل جهاز والشبكة الخلوية. أما قناة المعلومات فيتم الربط بين الجهازين بشكل مباشر. هذا من شأنه كذلك تقليل الازدحام على الشبكة الخلوية ولكن الامر بالطبع لا يخلو من مشاكل تقنية مثل التداخل بين القناة المباشرة بين الجهازين وقنوات الشبكات الخلوية الرئيسية والفرعية و المرحلات الراديوية. من الاستخدامات المتوقعة لهذه التقنية هو التواصل المباشر بين معدات و أجهزة المصانع و التي تكون متقاربة جغرافياً. ومن التطبيقات المثيرة للاهتمام كذلك تواصل المركبات (سيارات، شاحنات، أو حافلات) مع بعضها حيث يمكنها تبادل معلومات عن حالة الطريق مثلا عندما تتقابل وبدون تدخل السائق ولكن يمكنها تنبيه السائق لأي مفاجآت كوجود حادث مروري أو ازدحام مفاجئ أو غيرها. بعض التطبيقات خصوصاً في المجالات الصناعية و في مجال المتحسسات **Sensor Networks** لا تحتاج فيها إلى سرعة نقل بيانات عالية حيث لا تتجاوز سرعة البيانات المطلوبة بضعة **Kbps** ولكن نحتاج إلى وثوقية عالية جدا بحيث لا تتجاوز احتمالية الفصل (ضياع التغطية مثلا) **0.00001** و لا يتجاوز التأخير **1** مللي ثانية. بالإضافة إلى ذلك فإن بعض المتحسسات التي يتم نشرها بالآلاف وعلى مساحات جغرافية واسعة جداً تعمل بالبطارية (مثل بطارية القرش المستعملة في ساعات الكوارتز) و التي ينبغي أن تكون كافية لإمدادها بالطاقة لعدة أشهر أو حتى سنوات بدون إعادة شحنها أو الحاجة لاستبدال البطارية. وبالتالي فإن هذه الأجهزة ينبغي أن تعمل بطاقة إرسال صغيرة جداً. ولهذا تم تطوير ما يعرف باتصالات الاشياء ذات الطيف الضيق **NarrowBand-IOT** والتي تستخدم **OFDM** ولكن بانساع طيف ترددي لا يتعدى **200 KHz** وهذا الطيف يتوافق مع طيف منظومة **GSM** القديمة مما يمكن من إعادة تدويرها في خدمات جديدة ذات طبيعة صناعية.

4. من التطبيقات التي بدأت تتشكل في حياتنا اليومية والتي ستغير من معالم المستقبل البشري هو الذكاء الاصطناعي والنظم الذكية مثل شبكات الكهرباء

المعياري **Standard Description** للجيل الخامس من بشكل كبير بحيث يستوعب أي تحديثات أو تطوير أو حتى ثورات تقنية جديدة في الاتصالات الخلوية. ولكن هناك من لا يوافق على هذا التوجه، بل هناك من بدأ يتحدث عن تصورات الجيل السادس من أنظمة الاتصال الخلوي ويبحث عن مصوغات مقنعة لهذا الاتجاه.

الخلاصة

أخيراً لا يجب أن نتوقع أنه بحلول 2020 سوف نجد فجأة الجيل الخامس بكامل تقنياته في العمل بل سيكون هناك انتقال تدريجي في التقنيات وسيتم إدخال التحسينات بشكل تدريجي كذلك فنتوقع مثلاً أن يتم الإشارة إلى هذه التطورات بالجيل 5.5 و هكذا. ومن توقعاتي الشخصية أن العقد القادم ليس عقد هندسة الاتصالات في حد ذاتها والتي وصلت مرحلة النضوج بل سيكون عقد التطبيقات في مجالات تقنية المعلومات ومعالجة البيانات والذكاء الاصطناعي.

تطبيق التعرف على النظام بواسطة خوارزمية المتغير القويم على التربينات الغازية بمحطة كهرباء شمال بنغازي

عمر محمد¹، أشرف خليل²، مروان المحبرش³، جى هونغ وانغ⁴

لمتابعة الأحمال الكهربائية، وكذلك وفرة الغاز الطبيعي كمورد للطاقة حول العالم. عليه فإن مشكلة النمذجة والتعرف على النظام بخصوص التربينات الغازية لازالت متاحة للمزيد من البحث والتقصي بطرح المزيد من طرق النمذجة و التعرف على النظام. يمكن بعد ذلك استعمال النموذج، بعد التحقق منه، في تطوير نظام الأتمتة والتحكم (automation and control). قدّمت البحوث المنشورة في السابق العديد من النماذج الرياضية مع التركيز على مشاكل مختلفة ومراحل تشغيلية مختلفة من التربينات [1]. النمذجة الرياضية للتربينات الغازية التي تعود جذورها لمبادئ فيزيائية دونت في [2] [3]. على كل حال فالنمذجة للتربينات الغازية المبنية على مبادئ فيزيائية تستغرق وقتاً طويلاً نسبياً لصياغة القوانين كمعادلات تفاضلية اعتيادية أو جزئية ومن ثم صياغة فرضيات لتسهيل تمثيلها بالحاسوب، بينما نجد أن طريقة التعرف على النظام (ت ن) تحدف إلى إنتاج نموذج بنية معروفة ومبسطة دون الحاجة لصياغة فرضيات للتبسيط ودون الحاجة للتعلم في فيزياء التربينات الغازية والديناميكيا الحرارية التي تحكمها. في المرجع [4] ذُكرت ثلاث طرق للتعرف على النظام، إحداهما تعتمد على الإشارات المتعددة الجيبية مع نطاق التردد، والثانية بُنيت على طريقة ممتدة لخوارزمية المربعات الصغرى (Extended least squares)، والثالثة طريقة البرمجة الجينية متعددة الغايات. المرجع [5] - من ضمن منشورات المؤلف الأول السابقة مع بقية المؤلفين - حُصّص للمقارنة بين طريق تعريف الفراغ الجزئي (subspace identification method) وطريقة خطأ التوقع (Prediction Error Method) مع التطبيق على محطة زويتينة والتي تقع في الجزء الشرقي من ليبيا على بُعد حوالي 150 كم غرب مدينة بنغازي. هذه الورقة تساهم بطريقة تختلف نوعاً ما عن ما سبق ذكره وهي عبارة عن ترجمة ما قمنا بنشره في [6] حيث تم اعتماد نهج أو خوارزمية المتغير القويم (canonical variate algorithm) - والتي مُنحت الاختصار (CVA) في الكتب المراجع المنشورة - داخل طريقة

الملخص: موضوع النمذجة والتعرف على التربينات الغازية أصبح دائرة اهتمام مثيرة لسنوات عديدة وسيظل محط هذا الإهتمام للسنوات القادمة أيضاً. هذه الورقة توضح الطريقة المعروفة بـ "خوارزمية المتغير القويم" (canonical variate algorithm) (CVA) أو "تحليل المتغير القويم" (ت م ق) المصنفة من ضمن طرق تعريف الفراغ الجزئي (subspace identification). تم اختيار تربينة غازية تعمل حالياً ضمن العديد من النظم لتوليد الكهرباء في محطة شمال بنغازي لتكون هي العملية لازمة لهذا النوع من النمذجة الرياضية المُقدّمة في هذه الورقة. تم شرح طريقة (ت م ق) رياضياً استناداً على بعض المفاهيم المتعلقة بالجبر الخطي المتقدم. يأتي بعد ذلك وصف فيزيائي لعملية احتراق الغاز الطبيعي لتوليد الكهرباء. من خلال البيانات المتوفرة للتربينة على شكل إشارات متغيرة مع الزمن وبالإضافة إلى أداة تطبيق التعرف على النظام (System Identification Toolbox) المصمم ببرنامج الماتلاب (MATLAB®)، تم إنشاء نموذج رياضي بصورة معادلات الحالة الفراغية (state space equations) وتم اختباره بإشارة دخل مختلفة عما سبق إدخاله لبرنامج التعرف. من خلال نتائج محاكاة تبين الدقة والتمكن لطريقة التعرف المقترحة.

كلمات دالة: التربينات الغازية؛ نماذج الحالة الفراغية؛ خوارزمية المتغير القويم.

1. المقدمة

صناعة التربينات الغازية ومعايير اختيارها يحتاجان بشكل متواصل إلى نمذجة النظام والتعرف عليه في مراحل مختلفة من فترة عمرها التشغيلي وذلك بأغراض هندستها وتحسين كفاءتها الحرارية أو تطوير نُظم التحكم المطبقة عليها [1]. من ناحية أخرى فإن التعرف على النظام (ت ن) بدون بيانات تشغيلية كافية و غنية بالعلومات لكي يكون ذو فائدة مرجوة. تعتبر التربينات الغازية تكنولوجيا واعدة في مجال توليد الطاقة الكهربائية في العديد من البلدان النامية والمتقدمة. السبب الرئيسي لذلك هو مرونتها المتعلقة بسهولة دمجها مع الشبكة وكذلك سرعة استجابتها

¹ عمر رزق محمد العبيدي، عضو هيئة تدريس بقسم الهندسة الكهربائية، جامعة الأميرة سمية للتكنولوجيا، عمان-الأردن-الجيبية 11941 ص.ب: 1438، البريد الإلكتروني: o.mohamed@psut.edu.jo

² أشرف خليل، عضو هيئة تدريس بقسم الهندسة الكهربائية، جامعة بنغازي (قاريونس سابقاً)، بنغازي، ليبيا، البريد الإلكتروني: ashraf.khalil@uob.edu.ly

³ مروان المحبرش، قسم التوليد والتحكم بمحطة شمال بنغازي، الشركة العامة للكهرباء mrwhb639@gmail.com

⁴ جى هونغ وانغ، عضو هيئة تدريس بكلية الهندسة، جامعة وارويك، كوفنتري، CV4 7AL. jihong.wang@warwick.ac.uk

البيانات الممنوحة:

لنفترض أن هناك مجموعة من البيانات المقاسة عن الجمع بين نظام غير معروف من الدرجة ن:

$$x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + w_k \quad (1)$$

$$y_k = Cx_k + Du_k + v_k \quad (2)$$

حيث أن W و V هما ضجيج أبيض بمتوسط صفري مع مصفوفة تغاير، وذلك لتلبية الطبيعة المفعممة بالضجيج لمحطات القدرة الكهربائية، متغير الحالة X ، الدخل U ، والخرج Y .

$$E\left[\begin{pmatrix} w_p \\ v_p \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_p^T & v_p^T \end{pmatrix}\right] = \begin{pmatrix} Q & S \\ S^T & R \end{pmatrix} \delta_{pq}$$

حيث يشير الحرف E إلى القيمة المتوقعة أو (Expected value) و الدالة δ_{pq} هي دلتا كرونكر (Kronecker Delta) والتي تساوي 1 في حالة تساوي المتغيرين وصفر في حالة عدم تساويهما. مع مدخلات ومخرجات معرّفة للنظام u و y . المشكلة هي إيجاد ما يلي:
1-رتبة النظام ن.
2-مصفوفات النظام.

$$D \in R^{l \times m}, C \in R^{l \times n}, B \in R^{n \times m}, A \in R^{n \times n}$$

والمصفوفات

$$R \in R^{l \times l}, S \in R^{n \times l}, Q \in R^{n \times n}$$

بحيث الخرج الناتج من النموذج يكون متفقا مع الاتجاهات الاختلافات الرئيسية للبيانات العملية.

يمكن تنظيم نموذج الحالة الفراغية الممتد للنظام كما يلي:

$$Y_f = O_i X_f + H_i^d U_f + H_i^s E_f + N_f \quad (3)$$

الفراغ الجزئي، وقد فضّلت التركيز في بعض الفقرات على ترجمة الجوهر والمعنى لزيادة فهم النص أو الفقرة للقارئ الكريم وليس فقط الترجمة الحرفية والتي في بعض الأحيان قد تغير المدلول اللفظي في لغة البحث العلمي. من المعلوم من بعض الأوراق السابقة أن طرق الفراغ الجزئي تختلف فيما بينها بكيفية ضبط بعض المعاملات المضروبة في المصفوفة تسمى (weights) والتي نفضل ترجمتها كـ "معاملات" باللغة العربية لعكس مفهومها الرياضي فيتم ضرب هذه المعاملات في المصفوفة المضمنة في خطوات التعرف على النظام. خوارزمية المتغير القويم تضيف معاملات (weights) تؤدي في النهاية إلى نموذج رياضي بأبعاد أكبر للمصفوفة وبالتالي عدد أكبر من المتغيرات الداخلية أو المتوسطة (intermediate or internal variables) والذي بدوره سيكون مناسباً لتعريف النظم التي تتبنى إختلافات انحرافات كبيرة في إشارة الدخل والخرج. تم تنظيم الورقة كالتالي، سيتم وصف خوارزمية المتغير القويم في الورقة ضمن طريقة الفراغ الجزئي، يأتي بعد ذلك وصف مختصر لمحطة كهرباء شمال بنغازي بتركيز على الترينة الغازية كأداة رئيسية لتوليد الطاقة الكهربائية، ثم يأتي تطبيق الطريقة على إشارات زمنية حقيقية للمحطة باستخدام أداة التعرف على النظام مصممة ببرنامج الماتلاب (MATLAB®). نتائج المحاكاة برهنت على صرامة وفعالية الطريقة المقترحة للتعرف على النظام.

2. التعرف على النظام بواسطة خوارزمية المتغير القويم

يعرض هذا القسم خوارزمية طريقة تعريف الفراغ الجزئي مع إدخال خوارزمية المتغير القويم والتي تتلخص في تغيير المعاملات المعتمدة في المصفوفات اللازمة لعملية التعرف. ظهرت هذه الطريقة في أواخر الثمانينات وحلت العديد من المشاكل المتعلقة بتعريف العمليات الصناعية المعقدة [7-11]. من خلال هذه الدراسة والتحقيق، هناك أربع خوارزميات معروفة لتعريف الفراغ الجزئي التي تتشابه في الخطوات العامة لخوارزميات الفراغ جزئي، ولكن مع بعض الاختلافات وهي باختصار لمسمياتها بالأحرف الرئيسية [9] DSR، [10] N4SID، [9-12] CVA و [8] MOESP. التركيز هنا هو على الخطوات العامة لتعريف الفراغ الجزئي بخوارزمية المتغير القويم (CVA) والتي عُرضت في الأصل في المراجع [11,12]. يعرض القسم التالي بعض المفاهيم الرئيسية في تعريف الفراغ الجزئي والمعممة على جميع خوارزمياتها.

1.2 تعريف المشكلة

يتم وصف المشكلة على النحو التالي [10 و 11]:

$$Y_{0|2i-1} \stackrel{def}{=} \begin{pmatrix} y_0 & y_1 & y_2 & \Lambda & y_{j-1} \\ y_1 & y_2 & y_3 & \Lambda & y_j \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ \frac{y_{i-1} & y_i & y_{i+1} & \Lambda & y_{i+j-2}}{y_i & y_{i+1} & y_{i+2} & \Lambda & y_{i+j-1}} \\ y_{i+1} & y_{i+2} & y_{i+3} & \Lambda & y_{i+j} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ y_{2i-1} & y_{2i} & y_{2i+1} & \Lambda & y_{2i+j-2} \end{pmatrix} \stackrel{def}{=} \begin{pmatrix} Y_p \\ Y_f \end{pmatrix} \quad (6)$$

حيث p و f هما دلالة على الماضي والمستقبل على التوالي.

وكذلك متجه الحالة X_i يتم تعريفه كالتالي:

$$X_i \stackrel{def}{=} (x_i \quad x_{i+1} \quad x_{i+2} \quad \Lambda \quad x_{i+j-1}) \quad (7)$$

الإثبات الرياضي لنموذج الحالة الفراغية الممتد بالإمكان شرحه كما يلي:
عند النظر إلى نموذج الحالة الفراغية العام في (1) و (2). فإن نموذج الحالة الفراغية الممتد والذي يحوي مصفوفات البيانات بالإمكان اشتقاقه بسهولة

$$y_{k+1} = Cx_{k+1} + Du_{k+1} + v_{k+1} \quad (7)$$

بالتعويض بـ (1) في (7) نحصل على

$$y_{k+1} = CAx_k + CBu_k + Cw_k + Du_{k+1} + v_{k+1}$$

بم أن

$$y_{k+2} = Cx_{k+2} + Du_{k+2} + v_{k+2} \quad (8)$$

و

$$x_{k+2} = Ax_{k+1} + Bu_{k+1} + w_{k+1} \quad (9)$$

ثم من (8) و (9) نحصل على

$$y_{k+2} = CAx_{k+1} + CBu_{k+1} + Cw_{k+1} + Du_{k+2} + v_{k+2} \quad (10)$$

بتعويض (1) في (10)، نحصل على:

حيث أن الرموز E_f, U_f, X_f, Y_f تدل على الضجيج المستقبلي، المدخلات المستقبلية، الحالة المستقبلية و المخرجات المستقبلية للنظام. المصفوفات معرفة كالتالي:

$$O_i \stackrel{def}{=} \begin{bmatrix} C \\ CA \\ M \\ CA^{i-1} \end{bmatrix} \in R^{im \times n} \quad (4)$$

$$H_i^d \stackrel{def}{=} \begin{bmatrix} D & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ CB & D & 0 & \Lambda & 0 \\ CAB & CB & D & \Lambda & 0 \\ M & M & M & O & M \\ CA^{i-2}B & CA^{i-3}B & CA^{i-4}B & \Lambda & D \end{bmatrix}$$

$$H_i^s \stackrel{def}{=} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ C & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ CA & C & 0 & \Lambda & 0 \\ M & M & M & O & M \\ CA^{i-2} & CA^{i-3} & CA^{i-4} & \Lambda & 0 \end{bmatrix}$$

هي H_i^d مصفوفة توييلتز المحددة بينما هي H_i^s مصفوفة توييلتز العشوائية. تم تحويل البيانات إلى عينات من فترات متقطعة وتنظيمها

كما في مصفوفة هانكيل، مصفوفة البيانات المدخلة للعينات في

الماضي والمستقبل هي كالتالي

$$U_{0|2i-1} \stackrel{def}{=} \begin{pmatrix} u_0 & u_1 & u_2 & \Lambda & u_{j-1} \\ u_1 & u_2 & u_3 & \Lambda & u_j \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ \frac{u_{i-1} & u_i & u_{i+1} & \Lambda & u_{i+j-2}}{u_i & u_{i+1} & u_{i+2} & \Lambda & u_{i+j-1}} \\ u_{i+1} & u_{i+2} & u_{i+3} & \Lambda & u_{i+j} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ u_{2i-1} & u_{2i} & u_{2i+1} & \Lambda & u_{2i+j-2} \end{pmatrix} \stackrel{def}{=} \begin{pmatrix} U_p \\ U_f \end{pmatrix} \quad (5)$$

ومصفوفة بيانات الناتج أو الخرج.

يجب علينا الآن تعريف مصفوفة هانكيل والتي تحتوي على المدخلات والمخرجات الماضية W_p

$$W_p = \begin{pmatrix} U_p \\ Y_p \end{pmatrix}$$

الخطوات العامة لتعريف الفراغ الجزئي هي [12] [14] [17]:

1- حساب الإسقاط المنحرف:

تستند هذه الخوارزمية على إسقاط منحرف وتحلل القيمة المنفردة (Singular Value Decomposition) (SVD) أو (تقنية القابلية للملاحظة الممتدة وسلسلة من الحالات ، أي على المدى X_f O_i م) [13]. يتم استخدام أداة الإسقاط المنحرف أساسا لاستخراج مصفوفة الإسقاط لفراغ الصف للخروج المستقبلي Y_f على W_p على طول الدخل المستقبلي U_f .

$$\zeta_{i+1} = Y_f^+ / U_f^+ W_p^+ \text{ و } \zeta_i = Y_f / U_f W_p$$

$$Y_f / U_f W_p = [Y_f / U_f] \cdot [W_p / U_f]^\dagger W_p$$

الرمز الفوقي + يشير إلى الإزاحة في الخرج أو الدخل المستقبلي بمقدار واحد لموائمة أبعاد المصفوفات فيما بينها لاستكمال عملية الإسقاط المنحرف. حيث U_f^\perp يعتبر مكتملا متعامدا على فراغ الصف من U_f . بناء على الجبر الخطي الابتدائية بالنظر في [11] [12]،

$$Y_f / U_f = Y_f U_f^\dagger U_f$$

$$Y_f / U_f^\perp = Y_f - Y_f / U_f$$

علينا تعريف أيضا مصفوفات المعاملات W_1 و W_2 ليتم ضربها في الإسقاط المنحرف لإزالة الجزء العشوائي $(W_1 \cdot (H_i^s M_i + N_i) W_2 = 0)$. وتسمى هذه المصفوفات أيضا

$$y_{k+2} = CA^2 x_k + CAB u_k + CA w_k + CB u_{k+1} + C w_{k+1} + D u_{k+2} + v_{k+2} \quad (11)$$

تنظيم المعادلات أعلاه 2, 7, و 11 كمعادلة مصفوفة. مع متجهات البيانات الممتدة y, u, v

$$\begin{bmatrix} y_k \\ y_{k+1} \\ y_{k+2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \end{bmatrix} x_k + \begin{bmatrix} D & 0 & 0 \\ CB & D & 0 \\ CAB & DB & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_k \\ u_{k+1} \\ u_{k+2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ C & 0 & 0 \\ CA & C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_k \\ w_{k+1} \\ w_{k+2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_k \\ v_{k+1} \\ v_{k+2} \end{bmatrix} \quad (12)$$

ل i من الفواصل الزمنية (كتلة الصفوف) وعدد j من التجارب (كتلة الأعمدة)، نحصل على المعادلة (3) مع المدخلات والمخرجات والحالات المعرفة.

$$Y_f = O_i X_f + H_i^d U_f + H_i^s E_f + N_f \quad (13)$$

$$Y_p = O_i X_p + H_i^d U_p + H_i^s E_p + N_p \quad (14)$$

2.2 خوارزمية تعريف الفراغ الجزئي

مرة أخرى يجب علينا التعرف على المصفوفات النظام بمعطيات بيانات النظام أو مصفوفات هانكيل (Hankel Matrix). استخدام الإسقاط المتعامد (orthogonal projection) ضروري لإزالة الجزء العشوائي من معادلة توقع الحالة العامة. الإسقاط يختلف من خوارزمية إلى أخرى. في هذه الورقة، الخوارزمية التي قُدمت في [11,12] اختيرت لهذه الدراسة وهي خوارزمية CVA وهي اختصار لخوارزمية المتغير القويم (Canonical Variate Algorithm) [11,12].

النظرية 1

$$n = (Y_f / Y_p) \text{ رتبة}$$

$$\text{فراغ صف } (Y_f / Y_p) = \text{فراغ صف } (\dot{X}_i)$$

$$\text{فراغ صف } (Y_f / Y_p) = \text{فراغ عمود } (\Gamma_i)$$

$$\tilde{X}_i = O_i^\dagger \zeta_i \quad (18)$$

$$\tilde{X}_{i+1} = O_{i+1}^\dagger \zeta_{i+1} \quad (19)$$

6- حتى هذه الخطوة، حالات النظم معروفة وكما هو حال مدخلات /مخرجات البيانات. ثم، حل المعادلة الخطية التالية لنظام مصفوفات A, B, C, D.

$$\begin{pmatrix} \tilde{X}_{i+1} \\ Y_{i+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{X}_i \\ U_{i+1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \rho_w \\ \rho_v \end{pmatrix} \quad (20)$$

7- للجانب العشوائي قدر Q, R, S من المخلفات :

$$\begin{pmatrix} Q & S \\ S^T & D \end{pmatrix} = \mathbf{E}_j \left[\begin{pmatrix} \rho_w \\ \rho_v \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \rho_w^T & \rho_v^T \end{pmatrix} \right] \quad (21)$$

من خلال التحليل السابق يتضح أن الفرق الجوهرى بين الخوارزميات المختلفة لطريقة تعريف الفراغ الجزئي هو فرق في مصفوفات الأداة أو مصفوفات المعاملات.

3. محطة كهرباء شمال بنغازي ذات الدورة المزدوجة

التربينة الغازية هي المصدر الرئيسى للطاقة في تكنولوجيا الدورة المزدوجة. الأجزاء الرئيسية للتربينة الغازية موضحة في الشكل 1. وهي عبارة عن ذاغط (compressor)، غرفة احتراق (combustion chamber)، والتربينة (turbine). الهواء اللازم لغرفة الاحتراق يتم تزويده بها عن طريق الضاغط، في غرفة الاحتراق يتم خلطه مع الغاز الطبيعي يتم ضغطه عن طريق الضاغط (compressor) مع إعتلاج ثابت أو إنتروبية ثابتة (isentropic or constant entropy) وهي العملية 1-2 والذي يتبعه ازدياد في إنتاج الإنتروبية، ثم تمديد داخل التربينة بإنتروبية ثابتة وهي العملية 3-4، والذي ينتج بدوره الشغل الميكانيكي اللازم لتدوير العضو الدوار للمولد المتزامن المتصل بالتربينة على نفس المحور. ثم خروج الغاز المحترق أو العادم تحت ضغط ثابت وهي العملية 4-1. القدرة الناتجة عن هذا المولد تُقدَّر بحوالي ثلثي القدرة الكلية لمحطة الدورة المزدوجة. يمكن دمج الدورة الغازية مع دورة بخارية لتشكيل الدورة المزدوجة أو الدورة المركبة (Combined Cycle Power Plant) لزيادة الإنتروبية وانتشار الطاقة من جديد ولكن

بمصفوفات الأداة [10]. اختيار هذه المصفوفات هو اعتباطي أو تكيفي ومختلف من خوارزمية إلى أخرى [7] [8] [10]. ومع ذلك، فبصورة عامة يتم اختيارها لتلبية المعادلة المذكورة.

مثلا، في خوارزمية المتغير القويم المنشورة في [10] تحسب الزوايا الرئيسية والاتجاهات بين فراغات الصف للخرج المستقبلى والخرج الماضى. يمكن إنجاز ذلك بحساب المعاملات كما بالمعادلات التالية:

$$W_1 = \Phi_{[Y_f, Y_f]}^{-1/2}, \quad W_2 = I_j$$

$$\begin{aligned} (W_1 O_i)(W_1 O_i) &= \Phi_{[Y_f, Y_f]}^{-1/2} \cdot \Phi_{[Y_f, Y_p]} \Phi_{[Y_p, Y_p]}^{-1} \cdot \Phi_{[Y_f, Y_p]} \Phi_{[Y_f, Y_f]}^{-1/2} \\ &= U_1 S_1^2 U_1^T \end{aligned}$$

بالنسبة لـ U_1, S_1, V_1 أو تحلل القيمة المفردة للإسقاطات الموزونة للنظرية 1

$$\begin{aligned} W_1 O_i &= \Phi_{[Y_f, Y_f]}^{-1/2} O_i \\ &= \Phi_{[Y_f, Y_f]}^{-1/2} \cdot \Phi_{[Y_f, Y_p]} \Phi_{[Y_p, Y_p]}^{-1} \cdot Y_p \\ &= U_1 S_1 V_1^T \end{aligned}$$

علاوة على ذلك، من النظرية 1

$$\begin{aligned} \Gamma_i &= \Phi_{[Y_f, Y_f]}^{-1/2} \cdot U_1 S_1^{1/2}, \\ \Delta_i^c &= S_1^{1/2} \cdot \Phi_{[V_1^T, Y_p]}, \end{aligned} \quad (15)$$

2- حساب تحلل القيمة المفردة (ت ق م) من الإسقاط منحرف المرجح:

$$W_1 \zeta_i W_2 = USV^T = \begin{pmatrix} U_1 & U_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1^T \\ V_2^T \end{pmatrix} \quad (16)$$

3- تقدير رتبة النظام عن طريق حساب القيم المفردة الغير صفرية لـ S_1 وتفريق الـ (ت ق م) لإيجاد U_1 و S_1 .

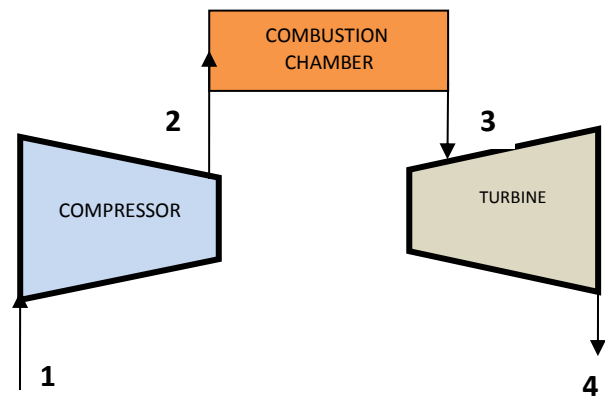
4- حساب مصفوفة قابلية الملاحظة الممتدة من O_i و O_{i-1}

$$O_i = W_1^{-1} U_1 S_1^{1/2} \quad (17)$$

5- تحديد تسلسل الحالات X_i و X_{i+1}

والمبولات مفتاح نجاح لعملية التعرف على النظام وتمذجته بشكل دقيق، بالإضافة إلى اختيار المدخلات والمخرجات في حد ذاتها. يرجع ذلك لسبب مهم وهو أننا يجب أن نختار المدخلات التي لها أكبر تأثير على المخرجات أو بمعنى أدق كل دخل يجب أن يكون مؤثراً في كل خرج ليكون النموذج صحيحاً. المدخلات التي استُعملت للتعرف على النظام، من وجهة نظر التحكم والأتمتة، تم اختيارها لتكون كالتالي: وضع صمام التحكم للغاز الطبيعي (%)، وضع الصمام المرشد للغاز (%)، الضغط الناتج عن الضاغط (بار). في حين تم اختيار إشارات الخرج لتكون كالتالي: قدرة الخرج (ميغاوات)، درجة حرارة العادم (درجة مئوية أو درجة سيلسيوس)، والتردد (هيرتز). تم افتراض أن المولد ذو كفاءة عالية جداً ويستجيب تقريباً بشكل لحظي إذا ما تم مقارنته بالتربينة الغازية، أي تحسينات تتم على نظام التحكم للتربينة الغازي ستكون هي المؤثر الفعلي على تحسين المحطة بأكملها خصوصاً إذا كان التحسين يهدف بكفاءة أفضل. النتائج لعملية التعرف موضحة بالأشكال من 2 إلى 7 حيث نرى إشارتين حسب اللون الأحمر والأزرق والمتقطع والمتصل لتمثيل المحطة (Plant) والنموذج (Model) ببنية الحالة الفراغية المعرفة في المعادلات (1) و (2)، أما البارامترات اللازمة لإظهار هذه النتائج موجودة ضمن الملق في نهاية هذه الورقة. الشكل 8 يوضح حزمة البرامج المستعملة في تمثيل الخوارزمية التي تم توضيحها في الخطوات من 1 إلى 7 في القسم 2.2، وهي عبارة عن أداة التعرف على النظام بالماتلاب (system identification toolbox) مع توضيح عملية نقل البيانات واستعمالها في النمذجة الرياضية.

في مولد البخار باسترجاع الحرارة (Heat Recovery Steam Generator) أو (HRSG) لتوليد المزيد من الطاقة الكهربائية حيث يستعمل العادم من الغاز المحترق المنبعث من التربينات لتسخين الماء وتحويله إلى بخار عن طريق مولد البخار باسترجاع الحرارة وحين يتم تركيز كمية كافية من الطاقة الحرارية فيه يعمل على توليد بخار الماء الساخن والجاف لتغذية التربينات البخارية ومن ثم تديور مولد مترام آخر يكون مسؤولاً عن توليد الجزء المتبقي من القدرة (حوالي ثلث القدرة الكلية) [1,14].

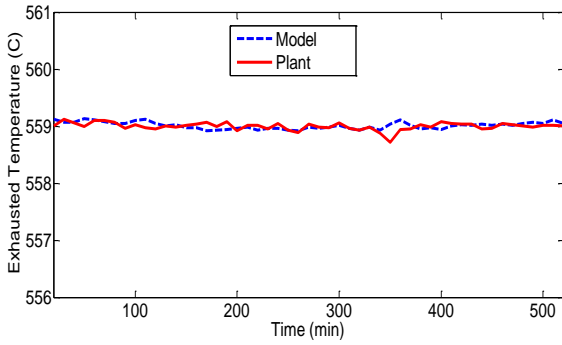


الشكل 1. المركبات الأساسية للتربينة الغازية

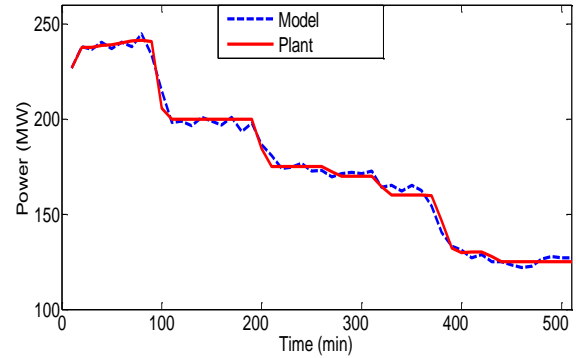
ومن المهم أن نشير إلى أن درجة حرارة الغاز العادم تُعتبر متغير مهم جداً حيث أنها تؤثر على كفاءة النظام بشكل عام وكذلك استجابات إنتاج الطاقة. درجة الحرارة يمكن أن يتم زيادتها إلى الحد الذي تحتمله مادة التربينات ومولد البخار، والتي تؤدي إلى رفع كفاءة المحطة وتوفير حرق وقود إضافي لتوليد نفس الكمية من الطاقة الكهربائية بالإضافة إلى تقليل الانبعاثات غير المرغوبة. البيانات للتربينة تم تجميعها على شكل إشارات زمنية متقطعة (Discrete time signals) بالتعاون مع زملائنا المهندسين بالمحطة والتي تشمل الدخولات المباشرة والغير مباشرة المضبوطة مسبقاً والخروجات الرئيسية للتربينة الغازية.

4. تطبيق خوارزمية التعرف على محطة شمال بنغازي

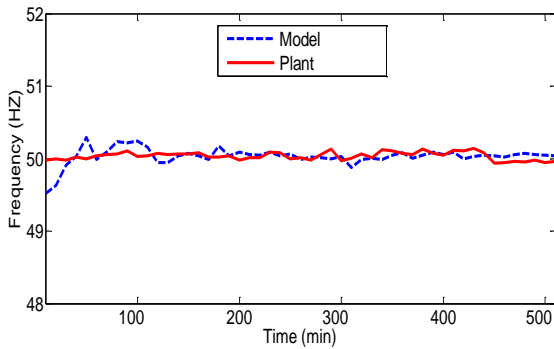
تعتبر أداة التعرف على النظام المبرمجة بالماتلاب (MATLAB® System Identification Toolbox) من أشهر وأقوى الطرق لتمثيل عملية التعرف على النظام بالحاسب الآلي وأكثرها فعالية مقارنة بالعديد من الأدوات الأخرى. وقد تم ترتيب البيانات العملية كمتسلسلات تمثل إشارات زمنية منفصلة للمتغيرات. يُعتبر اختيار البيانات الغنية بالتغيرات



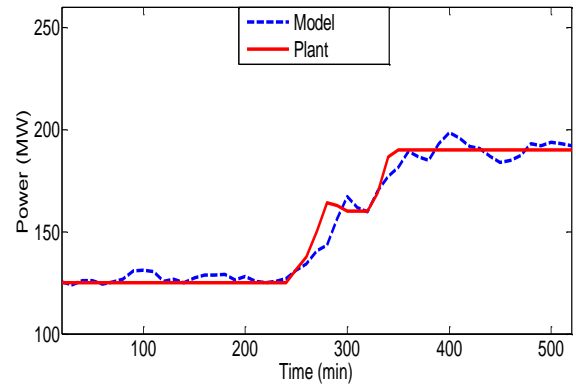
الشكل 5. التحقق من إشارة درجة حرارة العادم.



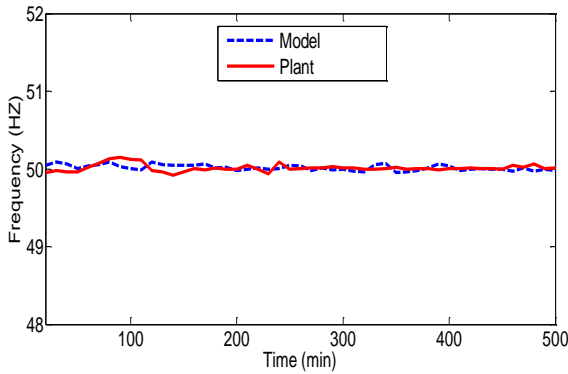
الشكل 2. التعرف على إشارة القدرة.



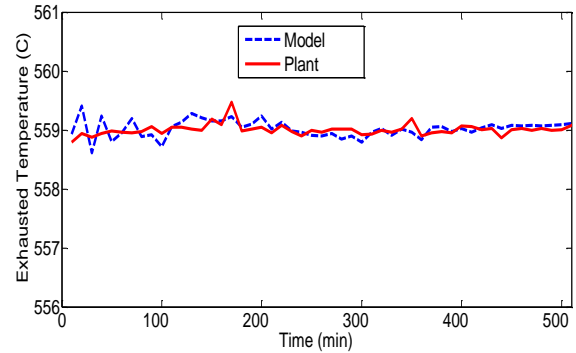
الشكل 6. التعرف على إشارة التردد.



الشكل 3. التحقق من إشارة القدرة.

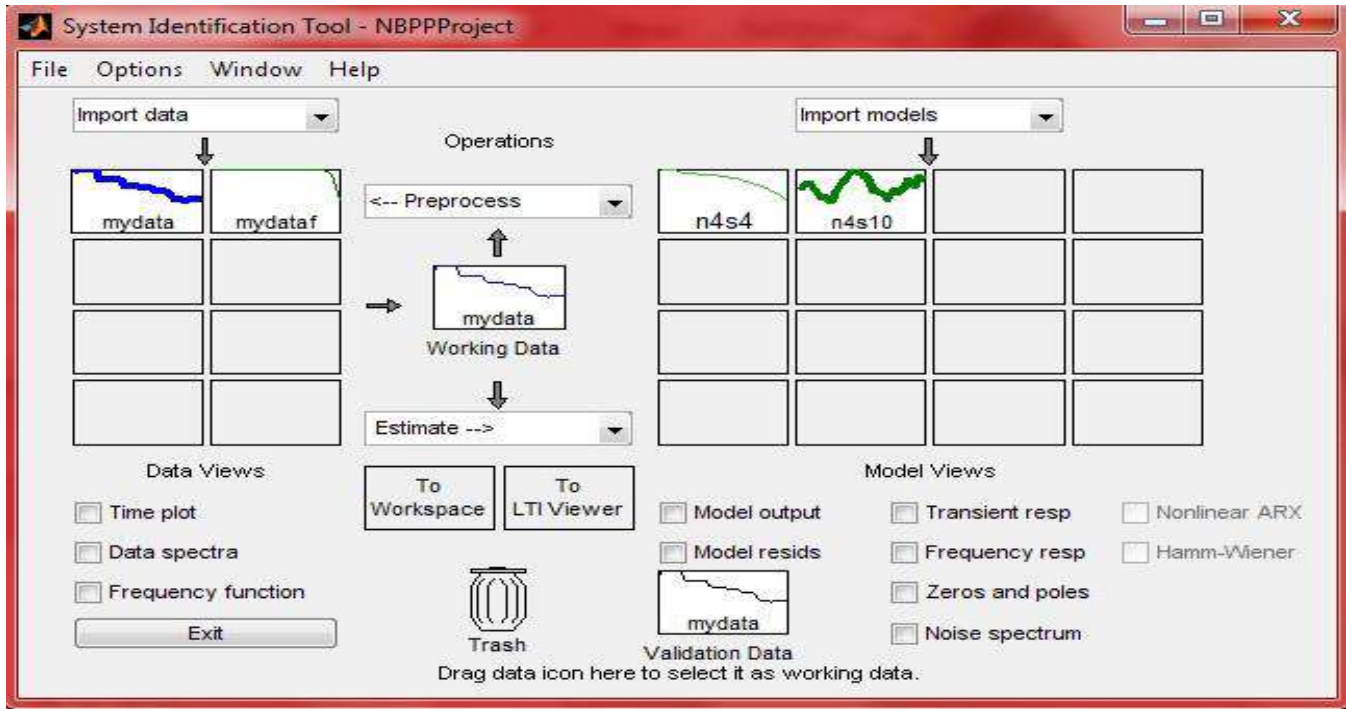


الشكل 7. التحقق من إشارة التردد.



الشكل 4. التعرف على إشارة درجة حرارة العادم

من خلال الإشارات المدرجة بغرض توضيح التعرف (identification) والتحقق (verification) من دقة وجودة النموذج الرياضي نصل لخلاصة مهمة وهي أن طريقة التعرف المقترحة والمبنية على الفراغ الجزئي مع اعتماد المعاملات بخوارزمية المتغير القويم طريقة فعالة ومحكمة في التعرف على النظم الصناعية المتعددة المدخلات والمخرجات.



الشكل 8. أداة التعرف على النظام بالماتلاب.

5. الخلاصة

الملحق (Appendix) البارامترات المعرفة لمعادلات الحالة الفراغية

$$B = \begin{bmatrix} -0.378 & -0.167 & 0.485 \\ -0.367 & -0.242 & 0.305 \\ -1.053 & -0.463 & 2.611 \\ -0.784 & -0.343 & 1.675 \\ -0.051 & -0.219 & -1.084 \\ 1.055 & 0.623 & -2.236 \\ 1.907 & 1.074 & -4.922 \\ 3.21 & 1.796 & -6.506 \\ 1.435 & 0.401 & -2.751 \\ -2.971 & -1.53 & 7.583 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

قدّمت هذه الورقة طريقة تعريف الفراغ الجزئي بخوارزمية المتغير القويم وذلك بتطبيقها على التربينّة الغازية بمحطة شمال بنغازي والخطوات العامة لذلك تم شرحها وتوضيحها. عملية تحويل الطاقة داخل التربينّة تم وصفها على أنّها مراحل متعددة من مراحل الديناميكا الحرارية. نتائج المحاكاة برهنت على صحة الطريقة وجودتها من خلال توافق الميولات الحقيقية للمحطة مع البنية المقترحة للنموذج. كنقطة بحث مستقبلية للموضوع، علينا أن نولي اهتماما أكثر للحالة الإنتقالية للتربينّة حيث ينبغي تمديد النموذج ليشمل أيضا الحالات الإنتقالية للمحطة إذا خضعت لاضطرابات كبيرة في تغيرات الأحمال في حالات الطوارئ وأن لا يقتصر التعرف والنمذجة فقط على حالات التشغيل العادية.

$$A = \begin{bmatrix} 0.662 & -0.622 & -0.054 & 0.104 & 0.004 & 0.137 & -0.037 & 0.082 & 0.028 & 0.026 \\ 0.518 & 0.038 & 0.116 & 0.046 & -0.162 & 0.313 & -0.204 & 0.113 & -0.049 & 0.092 \\ -0.309 & -0.523 & -0.411 & -0.18 & -0.327 & 0.422 & 0.413 & 0.293 & -0.25 & 0.136 \\ 0.046 & 0.117 & -0.682 & 0.447 & -0.09 & 0.425 & -0.137 & 0.438 & 0.337 & 0.324 \\ -0.001 & -0.169 & 0.157 & -0.42 & 0.506 & -0.262 & -0.117 & 0.355 & 0.162 & 0.551 \\ -0.191 & -0.07 & 0.15 & 0.143 & 0.315 & 0.989 & -0.284 & -0.298 & 0.072 & -0.159 \\ -0.007 & 0.077 & 0.208 & -0.12 & 0.029 & -0.274 & 0.133 & -0.249 & 0.813 & -0.029 \\ 0.289 & 0.347 & -0.385 & -0.614 & -0.153 & 0.184 & 0.225 & 0.039 & 0.053 & 0.046 \\ 0.279 & 0.218 & -0.46 & -0.039 & 0.022 & -0.524 & -0.894 & 0.036 & -0.299 & -0.151 \\ 0.058 & 0.06 & -0.008 & 0.084 & 0.275 & 0.505 & 0.239 & 0.566 & -0.358 & 0.367 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} -32.31 & 15.18 & 1.541 & 2.44 & -14.68 & -21.06 & 3.322 & 2.06 & -0.722 & -0.926 \\ 14.42 & -2.019 & -5.686 & 3.799 & 7.479 & -15.42 & 1.735 & 1.48 & 2.418 & -2.35 \\ 1.33 & -0.2145 & -0.603 & 0.508 & -0.709 & -1.336 & 0.186 & 0.148 & 0.126 & -0.210 \end{bmatrix}$$

6. المراجع

- [7] David Ruscio " Combined Deterministic Stochastic System Identification and Realization: DSR- a Subspace Approach based on Observation". Modeling Identification & Control, Vol. 17, No. 3, pp: 193-230, 1996.
- [8] Wouter Favoreel, Bart De Moore, and Peter V. Overschee " Subspace State Space Identification of Industrial Process" Journal of Process Control, vol. 10, pp:149-155, 2000.
- [9] David Ruscio "Subspace Identification :Theory and Application". Lecture Notes. Telemark Institute of Tehcnology, Norway. 6th Edition, 2009.
- [10] Peter Van Overschee, Bart De Moore " Subspace identification for Linear Systems: theory Implementation Application". Kluwer Academic Publishers. 1996.
- [11] P.V. Overschee, P. D. Moore "Subspace Algorithms for the Stochastic Identification Problem". Automatica, Vol. 29, No. 3, pp. 649-660, 1993.
- [12] W. E. Larimore" System Identification, Reduced Order Filtering and Modelling via Canonical Variate Analysis". Proceedings of the American Control Conference, San Francisco, USA, pp. 445-451, 1983.
- [13] Carl Meyer "Matrix Analysis and Applied Linear Algebra". SIAM, 2000.
- [14] K. Rayapolu " Boilers for Power and Process" CRC Press, 2009.
- [1] Power System Dynamic Performance Committee "Dynamic Models of Turbine-Governors in Power System Studies" Tech. Rep. PES-TR I, IEEE Power & Energy Society, Jan 2013.
- [2] W. I. Rowen, " Simplified Mathematical Representations of Heavy Duty Gas Turbines", ASME 83-GT-63 and ASME Journal of Engineering for Power, October 1983, pages 865-869.
- [3] K. Kunitomi, A. Kurita, H. Okamoto, Y. Tada, S. Ihara, P. Pourbeik, W. W. Price, A. B. Leirbukt and I. J. Sanchez Gasca "Modeling Frequency Dependency of Gas Turbine Output", Proceedings of the IEEE PES Winter Meeting, Jan 2001.
- [4] c. Evans, P. I. Fleming, D. C. Hill, I. P. Norton, T. Pratt, D. Rees, K. Rodriguez-Vazquez "Application of System Identification Techniques to Aircraft Gas Turbine Engines". Control Engineering Practice 9 (2001) 135-148.
- [5] Omar Mohamed, D. Younis, H. Abdulwahab, A. Anize, and B. Elobidei "Comparative Study Between Subspace Method and Prediction Error Method for Identification of Gas Turbine Power Plant" Proceedings of the 6th International Congress on Ultra Modem Telecommunications and Control Systems and Workshops, St. Petersburg Russia, ICUMT 2014. IEEE Press, pp521-528. 2014.
- [6] Omar Mohamed., J. Wang, A. Khalil, M. Limhabrash, "The Application of System Identification Via Canonical Variate Algorithm to North Benghazi Gas Turbine Power Generation System" In Proceedings of IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technology AEECT 2015, 1-6. Dead Sea, Jordan, pp:1-6, 2015.

الموجات الكهرومغناطيسية وتأثيرها على صحة الانسان

د. عمر عذاب¹

1. المقدمة

في عام 1820 لاحظ العالم اورستد Orested أنه إذا مر تيار في سلك فإنه ينشأ تأثير مغناطيسي ممثلاً في انحراف إبرة مغناطيسية موضوعة بجوار السلك وقد ربط اكتشاف اورستد علاقة بين علم الكهربية وعلم المغناطيسية. الطيف الكهرومغناطيسي أو الأشعة الكهرومغناطيسية أو الأمواج الكهرومغناطيسية كلها تحمل نفس المعنى الفيزيائي. ان الضوء المرئي والميكروويف وأشعة اكس وأشعة جاما وموجات التلفزيون والراديو كلها عبارة عن أشعة تعرف باسم الأشعة الكهرومغناطيسية Electromagnetic Radiation وكلها لها نفس الخصائص ولكنها تختلف في الطول الموجي Wavelength والتردد Frequency كما هو واضح في الشكل 1. لاحظ أنه كلما ازداد الطول الموجي قل التردد والعكس صحيح.

تتكون المجالات الكهرومغناطيسية من مجال كهربائي ومجال مغناطيسي متعامدان على بعضهما. عادة ما توصف هذه المجالات بالمقدار والاتجاه [1].

تتكون الموجات الكهرومغناطيسية من مجالات كهربائية ومغناطيسية متذبذبة، وتتفاعل بشكل مباشر مع الأنظمة البيولوجية مثل خلايا الإنسان والحيوانات والنباتات. وحتى نستطيع أن نفهم تلك التفاعلات بشكل أفضل، فلا بد من أن نتعرف على الخواص الفيزيائية للموجات التي تشكل لنا الطيف الكهرومغناطيسي.

2.3 خصائصها الفيزيائية وتأثيرها البيولوجي

الأشعة الكهرومغناطيسية هي موجات تنطلق بسرعة 300 ألف كيلومتر في الثانية وتحمل طاقة يطلق عليها الفوتونات، وتتكون هذه المجالات من مجالين ينتشران في اتجاهين متعامدين هما المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي وينطلق الفوتون في الاتجاه المتعامد على الاتجاهين، ويمكن أن نصف الموجات الكهرومغناطيسية بواسطة طول الموجة أو التردد أو الطاقة. وترتبط هذه العوامل الثلاثة بعلاقات فيما بينها، ويلعب كل منها دوراً معيناً في تأثير المجال الكهرومغناطيسي على النظام البيولوجي. يعرف تردد الموجه الكهرومغناطيسية على انه عدد الذبذبات التي تمر خلال

مع تطور الحياة وتعقيدها واتساع دائرة التقدم العلمي والاختراعات التي جاءت لخدمة الإنسانية كان لابد من الوقوف على تأثيرات وانعكاسات بعض هذه الإنجازات سلبياً على الطبيعة والإنسان. ومن هنا نذكر الانجاز الكبير الذي جاء من اختراع الاجهزة التي تعمل بالموجات الكهرومغناطيسية الذي قدم خدمات كبيرة للإنسان. ولكن هذا التقدم العلمي في مجال الطاقة والاتصالات له سلبيات قد تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على صحة الإنسان.

في هذه الدراسة تم استعراض الآثار السلبية المحتملة لاستخدام الهواتف النقالة. في البدء تم تعريف الموجات الكهرومغناطيسية مع تبيان خصائصها الفيزيائية وتأثيراتها البيولوجية على الانسان. كما استعرضت الاعراض المرضية التي من المحتمل اصابة مستخدم هذه التكنولوجيا بها. وخلصت الدراسة الى ان الابحاث التي أجريت لحد الآن في مجال مخاطر الإشعاعات لم تستطع إثبات وجود أضرار على وظائف الدماغ والجهاز العصبي ناهيك عن اجزاء الجسم الاخرى. ولكن ومن حيث المبدأ، فأن الزيادة في قدرة الموجات وتردداتها عن حد مُعَيَّن تسبب تأثيراً حرارياً، ولهذا فإن جميع مستخدمي الاجهزة التي تعمل بالموجات الكهرومغناطيسية يجب ان يعملوا على ترددات أقل من المسموح به لتلافي كل ضرر يمكن حدوثه. ولهذا فإن هذه الدراسة توصي بمتابعة استخدام هذه الاجهزة لحين ظهور نتائج أخرى تنافي ما تم التوصل إليه.

2. الهدف من الدراسة

تهدف هذه الدراسة الى استعراض وتحليل البحوث المنجزة في مجال الاضرار الصحية للأجهزة التي تعمل بالموجات الكهرومغناطيسية للخروج بنتائج وتوصيات تضمن امن و سلامة المواطنين من خطر الاشعاعات و بما يناسب واقعنا الحالي.

3. الاشعة الكهرومغناطيسية

1.3 تعريفها

¹ د. عمر عذاب، كلية الهندسة الحواري - جامعة بغداد، البريد الإلكتروني: oaa.infocom@gmail.com

جاما. وهذا التسلسل هو تبعاً لزيادة تردد هذه الموجات. ولكل منطقة من مناطق الطيف الكهرومغناطيسي خصائص تميزها عن بعضها البعض وبناءً عليه نتجت تطبيقات مختلفة لهذه الأشعة وللعلم فإن منطقة الطيف المرئي هي التي منحنا الله سبحانه وتعالى القدرة على رؤيتها وهي المنطقة التي تستجيب لها شبكية العين لتتمكن من رؤية الأشياء من حولنا. يتحدد تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على النظم البيولوجية من ناحية بشدة المجالات ومن ناحية أخرى بطاقة الفوتون.

3.3 أنواعها

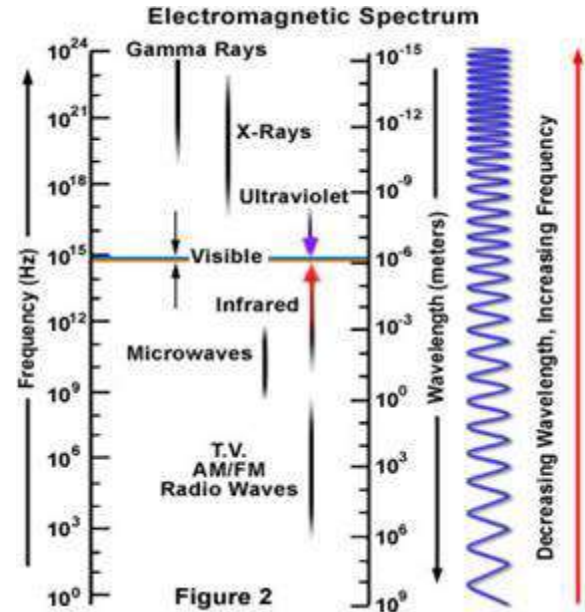
وتصنف الموجات الكهرومغناطيسية حسب ترددها وطاقتها إلى "أشعة مؤينة" و"أشعة غير مؤينة" [1].

الأشعة المؤينة هي موجات كهرومغناطيسية لها ترددات عالية جداً (مثل الأشعة السينية وأشعة جاما) وطاقاتها عالية جداً لدرجة كافية لإحداث عملية التأين (أي تكوين ذرات أو أجزاء من الجزيئات مشحونة بشحنات سالبة وأخرى موجبة)، ويحدث ذلك عن طريق تحطيم الروابط الذرية التي تربط جزيئات الخلايا بعضها ببعض. أما الأشعة غير المؤينة فهو مصطلح عام يطلق على ذلك الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي له طاقة فوتون ضعيفة لدرجة لا تكون فيها قادرة على تحطيم الروابط الذرية، ويشمل هذا الجزء من الطيف كل من الأشعة فوق البنفسجية، الضوء المرئي، الأشعة تحت الحمراء، التردد الراديوي أو اللاسلكي، مجالات الميكروويف، المجالات ذات الترددات الضعيفة جداً، وكذلك المجالات الكهربائية والمغناطيسية الساكنة. الأشعة الغير مؤينة حتى إذا كانت شدتها عالية لا تستطيع إحداث تأين في النظام البيولوجي، ومع ذلك فهي تسبب حدوث آثار بيولوجية أخرى مثلًا عن طريق رفع درجة الحرارة، أو تغيير مجرى التفاعلات الكيماوية أو تكوين تيارات كهربائية في الأنسجة والخلايا [3].

يمكن أن تسبب الموجات الكهرومغناطيسية في إحداث تأثيرات بيولوجية والتي من الممكن أحياناً وليس دائماً أن تؤدي إلى آثار صحية ضارة. ومن المهم هنا أن نفرق بين الأمرين التاليين [4]:

- يحدث التأثير البيولوجي عندما يتسبب التعرض للموجات الكهرومغناطيسية في حدوث تغيرات فسيولوجية ملحوظة أو قابلة للكشف في النظام الحيوي.

نقطة ثابتة في وحدة الزمن. كلما كانت الموجة قصيرة، زاد التردد. فمتوسط بث محطات المذياع AM يعمل بتردد مليون هيرتز وطول موجة البث حوالي 300 متر، أما أفران الميكروويف فتستخدم تردد 2.45 غيغا هيرتز وطول الموجة هنا يساوي 12 سم [2].



الشكل (1)

وتتناسب طاقة الفوتون تناسباً طردياً مع تردد الموجة، فكلما زاد تردد الموجة زادت كمية الطاقة التي يحملها الفوتون. تقدر طاقة الفوتون طبقاً لتردد الموجة وتحسب بالعلاقة [2]:

$$\text{الطاقة} = \text{ثابت بلانك} \times \text{التردد}$$

وإذا كان التردد بـ (الهيرتز) وثابت بلانك بـ (الجول-ثانية) تكون الطاقة بالجول. الأشعة الكهرومغناطيسية لها طول موجي وتردد يحدد خصائصها وترتبط سرعة الأشعة الكهرومغناطيسية مع التردد والطول الموجي من خلال المعادلة [2]:

$$\text{السرعة} = \text{التردد} \times \text{الطول الموجي}$$

كما هو واضح في الشكل 1، الطيف الكهرومغناطيسي يبدأ من أمواج الراديو ذات الطول الموجي الطويل والتردد المنخفض ثم منطقة أشعة المايكروويف ومنطقة الأشعة تحت الحمراء ثم منطقة الأشعة المرئية ثم منطقة الأشعة فوق البنفسجية ثم منطقة أشعة أكس ثم منطقة أشعة

وقد اخذت بعض المنظمات الدولية على عاتقها حساب قيم معدل الامتصاص النوعي وكثافة القدرة المسموح التعرض لها والتي لا ينبغي تجاوزها. وأشهر هذه المنظمات هي:

Federal Communication Commission (FCC) and the International Commissions on Nonionizing Radiation Protection (ICNIRP) and the Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).

يبين الجدول رقم 1 قيم معدل الامتصاص النوعي العليا التي لا يجوز تجاوزها، في حين يبين الجدول رقم 2 قيم كثافة القدرة التي يجب على محطات البث والتقوية الالتزام بها.

جدول 1: قيم معدل الامتصاص النوعي العليا التي لا يجوز التعرض لأعلى منها

المنظمة	ICNIRP	IEEE	IEEE	FCC
سنة التحديث	1998	2005	2004	2001
SAR مقياس على رأس و جذع البشر (واط/كغم)	2	2	1.6	1.6
كتلة النسيج الحي المستخدمة للفحص (غم)	10	10	1	1
مدة التعرض للإشعاع (بالدقيقة)	6	6	30	30

4. الأعراض المرضية

ذكرت الدراسات ان التعرض لمستويات عالية من الاشعاعات الكهرومغناطيسية وبجرعات تراكمية قد يتسبب في ظهور العديد من الاعراض المرضية ومنها:

- التأثير الضار على الصحة، يحدث عندما يكون التأثير البيولوجي خارج قدرة الجسم على المقاومة وبالتالي يؤدي إلى بعض الأوضاع الصحية الضارة.

بعض الآثار البيولوجية لا تسبب الضرر، مثل ردة فعل الجسم على زيادة تدفق الدم في الجلد بعد أن يحصل ارتفاع في درجة حرارة الجسم بسبب التعرض الزائد لأشعة الشمس. بعض الآثار تكون مفيدة، مثل الشعور بالدفء من أشعة الشمس في يوم بارد، لا بل إن بعض التأثيرات تسبب منافع صحية للجسم كما هو الحال بالنسبة لدور أشعة الشمس في مساعدة الجسم لإنتاج فيتامين D. من ناحية ثانية تسبب بعض التأثيرات البيولوجية إضرارا صحية مثل الألم الناتج عن حروق الشمس أو سرطان الجلد.

4.3 طرق قياسها

خلصت الأبحاث العالمية [5] [6] [7] إلى طرق لقياس الجرعات التي يمكن للجسم أن يتحملها وهي كالتالي:

- معدل الامتصاص النوعي Specific Absorption Rate (SAR)) وتعرف بأنها كمية الطاقة التي يمتصها كجم واحد من المادة في الثانية، ولا يمكن قياسها على البشر في الحالة الحية، ولكن تقاس في التجارب المعملية.

- كثافة القدرة Power Intensity وتعرف بأنها كمية الطاقة التي تسقط على وحدة المساحة في الثانية ووحدة القياس لها مللي وات/سم².

يتم استعمال مقياس معدل الامتصاص النوعي (SAR) لقياس تأثير الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الاجهزة المستخدمة منزليا او في العمل والتي تكون قريبة جدا من جسم الانسان، مثل الهاتف الجوال وأفران المايكروويف والراديو واجهزة الاتصال اللاسلكي (walkie Talkie). في حين يستعمل مقياس كثافة القدرة Power Intensity لقياس تأثير الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من محطات البث والتقوية والتي تكون بعيدة نسبيا عن جسم الانسان، مثل ابراج الهاتف النقال والانترنت وابراج البدالات المايكروويف ومحطات الارسال الاذاعي والتلفزيوني والفضائي.

جدول 2: قيم كثافة القدرة التي يجب على محطات البث والتقوية الالتزام بها

التردد (ميغا هيرتز)	FCC and IEEE اقصى كثافة للقدرة (mW/cm ²)	ICNIRP اقصى كثافة للقدرة (mW/cm ²)
10 - 300	0.2	
10 - 400		0.2
300 - 1500	بين 0.2 الى 1 (حسب المعادلة التردد/1500)	
400 - 2000		بين 0.2 الى 1 (حسب المعادلة التردد/2000)
1500 - 100 000	1	
2000 - 300 000		1

1.4 أمراض الدماغ والسرطان

اكتشف الباحث «ديفيد بوميريا» وفريقه بجامعة نوتنغهام [8]، بعد أن دأبوا على تعريض بعض الكائنات الدقيقة بشكل مستمر للموجات القصيرة، ومنها الديدان البسيطة التركيب التي يسهل مراقبتها تطورها البيولوجي وفهم ما يطرأ على تكوينها بسهولة، أن اليرقات التي تم تعريضها لجرعة مستمرة طوال الليل للموجات فوق الصوتية قد نمت بسرعة تزيد 5% على تلك التي لم تتعرض للظروف نفسها، وربما يدل ذلك التسارع بالنمو إلى تأثير الموجات القصيرة على سرعة انقسام الخلايا، وهكذا فإن فريق البحث بصدد إجراء التجربة نفسها على حيوان ثديي لمعرفة تأثير الموجات القصيرة على انقسام خلاياه، الأمر الذي سيثير المخاوف حول قدرة هذه الموجات القصيرة على سرعة انقسام الخلايا السرطانية. إلا أن قائد فريق البحث يقلل من هذه المخاوف بحجة أن تعريض الديدان وحيدة الخلية إلى ليلة متواصلة من الموجات القصيرة يعادل تعريض الإنسان إلى الموجات نفسها لمدة عقد من الزمان. ولقد ثارت المخاوف من جديد حول أثر استخدام الهواتف النقالة على الدماغ بفضل الحقائق التي كشف عنها «جون تاترسال» وفريقه في

مختبرات البحث والتقييم بوزارة الدفاع الأمريكية في «بورتون لاون» [9]، عندما قام هذا الفريق بتعريض مقطع من الدماغ للموجات القصيرة جداً لدى فأر التجارب، فوجد أن الإشارات الكهربائية بالدماغ قد تبدلت بعض الشيء وضعفت الاستجابة أو القدرة على الحفز لديه.

ومن أكثر الحقائق غرابة ما جاءت به الدراسة المعروفة حالياً «بفقدان الذاكرة» [10]. والتي نشرت في «المجلة العالمية للإشعاعات الحيوية». حيث قام منظمو هذه الدراسة بتثبيت جهاز يصدر موجات قصيرة مشابهة لتلك التي تصدر عن الهواتف النقالة بالقرب من أذن الأشخاص الذين تطوعوا لإجراء التجارب عليهم، فوجدوا أن هؤلاء الأشخاص قادرون على تذكر الكلمات والصور التي عرضت عليهم على شاشات الكمبيوتر دون أي تأثير للموجات التي تصدر عن أجهزة التجربة. كما أن هناك دلائل تم التوصل إليها تفيد بأن الموجات القصيرة جداً قد جعلت الخلايا العصبية في بعض التجارب أكثر قدرة وسرعة على الاستجابة للمتغيرات المرتبطة بالذاكرة.

هذا وقد حذر مخترع رقائق الهواتف المحمول عالم الكيمياء الألماني فرايدلهايم فولنهورست [9] من مخاطر ترك أجهزة الموبايل مفتوحة في غرف النوم على الدماغ البشري، وقال إن إبقاء تلك الأجهزة أو أية أجهزة إرسال أو استقبال فضائي في غرف النوم يسبب حالة من الأرق والقلق وانعدام النوم وتلف في الدماغ مما يؤدي على المدى الطويل إلى تدمير جهاز المناعة في الجسم. وأكد ان الإشعاعات المنبعثة من محطات تقوية الهواتف المحمول تعادل في قوتها الإشعاعات الناجمة عن مفاعل نووي صغير، كما إن الترددات الكهرومغناطيسية الناتجة من الموبايل أقوى من الأشعة السينية التي تخترق كافة أعضاء الجسم. وأشار الى إنه يمكن أن تنبعث من المحمول طاقة أعلي من المسموح به لأنسجة الرأس عند كل نبضة يرسلها، حيث ينبعث من التليفون المحمول الرقمي أشعة كهرومغناطيسية ترددها 900 ميغا هرتز على شكل نبضات ويصل زمن النبضة إلى 546 ميكرو ثانية ومعدل تكرار النبضة 215 هرتز. وأشار بهذا الصدد إلى العديد من الظواهر المرضية التي يعاني منها غالبية مستخدمي الموبايل مثل الصداع وألم وضعف الذاكرة والأرق والقلق إثناء النوم وطنين في الأذن ليلاً كما أن التعرض لجرعات زائدة من هذه الموجات الكهرومغناطيسية يمكن أن يلحق أضراراً بمخ الإنسان وفسر طنين الإذن بأنه ناتج عن طاقة زائدة في الجسم البشري وصلت إليه عن طريق التعرض إلى المزيد من الموجات الكهرومغناطيسية. وقال البروفيسور

يذكر أن ورم العصب السمعي هو نوع من الأورام الحميدة التي قد تحدث تلقا في المخ والأعصاب.

وأفاد الفريق البحثي في دراسته بأن خطر الإصابة لدى الأشخاص الذين يستخدمون الهاتف النقال لمدة تقل عن العشر سنوات لم يرتفع. واكتشف فريق العلماء إصابة 150 من بين الأشخاص الذين خضعوا للدراسة والبالغ عددهم 750 شخصا بأورام في العصب السمعي واستخدام الهاتف النقال لعقد من الزمن تقريبا شخص على الأقل من بين كل 11 شخصا شملتهم الدراسة. وقال انديرس اليوم من معهد كارولنسكا: «أظهرت نتائج الدراسة أن هناك خطورة كبيرة نسبيا لذا نأمل أن يستكمل الآخرون بحثنا فنحن لا نسلم تحديدا السبب في هذا الأمر لكن المؤكد هو أن الخطورة تتزايد بمرور الوقت، وأوضح الباحث السويدي انه لن يلجأ إلى تحذير الناس من استخدام الهواتف النقالة إلا انه أضاف قائلاً: «إذا كان مستخدمو الهواتف يشعرون بالقلق فليستخدموا سماعات الأذن فقد اظهر بحثنا أن الخطورة تزيد من الجانب الذي يوضع عليه الهاتف النقال.

4.4 أمراض الاطفال

أثار عالم الفيزياء البريطاني جيراد هايلاند في بحث نشرته مجلة «لانست» [13] مخاوف كثيرة عن الإشعاعات من هذه الهواتف وقال أن الصبية الذين تقل أعمارهم عن 18 عاما أكثر عرضة لأثر الإشعاعات لأن أنظمة المناعة في أجسامهم اقل قوة من البالغين وهذه الإشعاعات لها تأثير على استقرار خلايا الجسم واهم آثارها على الجهاز العصبي وتسبب الصداع واضطرابات النوم وفقدان الذاكرة. يقول العالم كولين بلاكمورد أحد اختصاصي الجهاز العصبي بجامعة أكسفورد إذا كان من الممكن أن تسبب هذه الموجات مخاطر في المستقبل فإن الأطفال هم الأكثر عرضة لتلك المخاطر نظرا لعدم تطور جهازهم العصبي بالإضافة لكثرة تعرضهم للإشعاع في صورة مبكرة. وعلى خلفية التحذيرات الحكومية حول التأثيرات الصحية للموجات الكهرومغناطيسية دعا العلماء في المجلس الوطني البريطاني للحماية الإشعاعية جميع الآباء إلى ضرورة تحديد الوقت الذي يقضيه أطفالهم في استخدام أجهزة النقال.

5.4 الضعف الجنسي

حذرت دراسة لمؤسسة كليفلاند كلينك الأمريكية [9] من أن الإفراط في التعرض للموجات قد يؤدي إلى تدمير الحيوانات المنوية، وأشارت إلى

الذي اخترع رقائق الموبايل أثناء عمله في شركة سيمنس الألمانية للإلكترونيات، إن إشعاعات الهاتف المحمول تضرب خلايا المخ بحوالي 215 مرة كل ثانية مما ينجم عنه ارتفاع نسبة التحول السرطاني بالجسم 4% عن المعدل الطبيعي. وقال البروفيسور الألماني أن مرض السرطان في الإنسان البالغ والناتج من تأثير مخاطر البيئة لا يمكن اكتشافه إلا بعد مرور أكثر من عشر سنوات منذ بداية التعرض ولذلك لا بد من ضرورة تنفيذ الدراسات والأبحاث على المدى الطويل.

كما نص تقرير ستوارت [9]، على انه لم يثبت علميا حدوث سرطان المخ نتيجة التعرض للموجات الكهرومغناطيسية. ولكن يجب الاخذ في الاعتبار ان هذه الموجات لها تأثير حراري وبيولوجي في شكل (الأرق والصداع وفقدان مؤقت للذاكرة)، وتعتمد هذه التأثيرات على تردد الموجات وقدر الطاقة الممتصة داخل انسجه الجسم بالإضافة الى طول فترة التعرض لهذه الموجات.

2.4 أمراض القلب والاعوية الدموية

انتهى البحث الذي اجراه الدكتور بروني وزملاؤه سنة 1998م الى ما يلي [11]:

- انه بعد فترة تعرض حوالي 20 دقيقة الى الموجات المنبعثة من الهاتف النقال يحدث نقص مؤقت في عدد ضربات القلب. "Bradycardia"
- يزداد ضغط الدم بمقدار 10 مم زئبق، وذلك لان القلب والأوعية الدموية المتصلة به حساسان للموجات المنبعثة من الهاتف النقال.
- من ثم يجب على مريض القلب او مريض الأوعية الدموية الحذر عند التعرض للموجات الكهرومغناطيسية.

3.4 أورام الاذن

كشفت دراسة أجراها معهد كارولنسكا السويدي [12] على 750 شخصا أن خطر الإصابة بأورام العصب السمعي قد زاد بمعدل 3,9 مرة على الجانب الذي يسند عليه الهاتف النقال أثناء المكالمات الهاتفية.

وفي المقابل لم تسجل أي زيادة في خطر الإصابة بأورام العصب السمعي على الجانب الآخر من الرأس لكن خطر الإصابة بصفة عامة لدى من يستخدمون الهواتف النقالة لأكثر من عشر سنوات زاد بمعدل 1,9 مرة.

تسبب تغيرات في الكروموزومات، وأكد ذلك د. ماسي وزملاؤه عام (1997م) بجرعة 935.2 ميغاهرتز.

كما ان دراسة [8] اخرى قامت بها 12 مجموعة من الباحثين عبر أوروبا وجدت أن خلايا الحمض النووي تتحطم إذا ما تعرضت لموجات لاسلكية عالية التردد. وقالت الدراسة إن تدمير حامل الجينات الوراثية (DNA) من شأنه أن يؤدي إلى أمراض كارثية مثل السرطان وفقا لما آلت إليه الدراسة. وتفيد الدراسة أن الخلايا الأكبر سنا أكثر حساسية للموجات ذات التردد المنخفض من الخطوط الكهربائية وكذلك الموجات عالية التردد الصادرة عن سماعة الهاتف. ونقل عن أحد أعضاء الفريق الألماني البروفيسور فرانز ادو كلوفر قوله إن الدراسة أظهرت أن نظام الإصلاح الجيني يفقد من فعاليته بتقدم العمر لذلك فإن كبار السن أكثر عرضة لخطر هذه الموجات ورغم أن ادو كلوفر نصح باستخدام الخطوط الأرضية من قبيل الوقاية فإنه حذر من أن الدراسة لم تثبت أن الهواتف المحمولة سببت أمراضا لأن البحث تم إجراؤه في مختبرات ولم يعكس الحياة الحقيقية. ولكنه أضاف أنه تم تنفيذ هذه التجارب في قنوات زجاجية لذا يصعب إثبات ذلك مؤكداً أن تلك البيانات تدعم التوجه بأن هناك شيئاً ما في الأفق ودعا إلى مزيد من التجارب على الفئران.

7.4 أعراض مرضية أخرى

أظهرت بعض الدراسات [10] تأثيرات اخرى للموجات الكهرومغناطيسية منها:

- زيادة حرارة الدماغ مما يحدث تفاعلا بين الكالسيوم داخل خلايا الدماغ وخارجها فيمنعه من الدخول اليها ويجعلها غير آمنة فاذا حصل أي طارئ لا تستطيع الدفاع عن نفسها.

- التأثير على النخاع الشوكي مما يؤثر على الكريات الحمراء والبيضاء وجهاز الدماغ والجهاز التناسلي، فيؤثر على خلايا الحمل فهي تغير في الجينات والكروموزوم وقد يحدث تشوهات للجنين إذا تعرض لإشعاعاته.

- التداخل مع الأجهزة الالكترونية الدقيقة مثل الأجهزة الطبية واجهزة الملاحة الجوية مما قد يسبب أخطاراً على المرضى أو كوارث للمسافرين.

- الشيخوخة المبكرة.

انخفاض سرعة الحيوانات المنوية بشدة لدى هؤلاء الأشخاص مقارنة بالذين يتعرضون لها باعتدال. وأكد الدكتور أشوك اجروال الذي قاد فريق البحث أن هذا التغيير في كمية ونوعية السائل المنوي لدى من يتعرض للموجات بصورة مفرطة يرجع إلى تأثير الإشعاع الذي له تأثير شديد الضرر على الحامض النووي الذي يؤثر بدوره على خلايا الخصيتين التي تنتج هرمون التستوستيرون أو الأنايب التي تنتج فيها الحيوانات المنوية وأشار اجروال إلى أن الدراسة لم تثبت التأثير المدمر للموجات على الحيوانات المنوية إنما تظهر ضرورة +الحاجة إلى المزيد من الدراسات. هذه الدراسة تذكرنا بالبحث الذي أجراه د. مجراس، وزميله زينوس (1997م) حيث قاما بتعريض خصيتي فأر لموجات المحمول (900 ميغاهرتز MHz المحولة إلى 8 هيرتز والتي تشبه موجات المحمول) في بحث خلص في نهايته إلى أن ذلك يؤدي إلى نقص في خصوبة ذكر الفأر في شكل ضمور في أنابيب الخصيتين. كما أكد ذلك د. كيلارى وزميله بيهار (1998م) أن الموجات الصادرة عن المحمول تخفض أعداد الحيوانات المنوية في الفأر بنسبة ذات دلالة إحصائية.

6.4 التأثير على الحامض النووي DNA

دلت الأبحاث [11] على أن تعرض الحامض النووي داخل نواة الخلية الحية DNA إلى موجات الميكروويف، ومنها موجات التليفون المحمول يؤدي إلى تفتك ودمار في السلسلة الكيميائية للحامض، ولاسيما خلايا المخ - جاء ذلك في بحث للدكتور ساركر وزملائه عام (1994م)، ثم في بحث للدكتور/ دانيال وزملائه عام 1994 عندما عرض الأخير ديدان النيما تودا إلى موجات الميكروويف الصادرة عن جهاز نويا 2115، ووجد أن خلايا الديدان أظهرت تفتكاً في الحامض النووي DNA داخل النواة، وكذلك الحامض النووي RNA في السيتوبلازم. كما وجد د. تيسى وزملاؤه عام 1999 أن الحامض النووي يتعرض للتفتك عند سقوط موجات المحمول من جميع أنواعه. وخلص أيضاً د. لي ود. سنك عامي 1995 و1996م إلى أن الكسور في سلسلة الحامض النووي DNA قد زادت عن مثيلتها في العينة الضابطة في خلايا المخ بفئران التجارب، وذلك بعد ساعتين فقط منذ بدء التعرض. أما د. فيليبس عام (1999م) فقد ربط بين جرعة التعرض لموجات المحمول وعدد الكسور في الحامض النووي، ووجدت علاقة طردية بينهما فيما يعرف بعلاقة الأثر بالجرعة. أما د. خليل وزملاؤه عام (1993م) فقد لاحظوا أن تعرض الخلايا الليمفاوية البشرية لجرعة 167 ميغاهرتز

- يشك أن مستخدمى المحمول بشكل كبير يمكن أن يصابوا بفقدان البصر، هذا ما توصلت إليه اختبارات عملية أجريت على الأرانب، وتبين أن الموجات الإشعاعية الدقيقة الصادرة عن الهواتف المحمولة تسبب في إصابة عيون الأرانب بمرض الكتاراكس.

5. النتائج

إن البحوث والدراسات التي سبق استعراضها في الفقرة 4 تشير الى النتائج الآتية:

1. تتركز شكاوى التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية في الصداع المزمن والتوتر والرعب والانفعالات غير السوية والإحباط وزيادة الحساسية بالجلد والصدر والعين والتهاب المفاصل وهشاشة العظام والعجز الجنسي واضطرابات القلب وأعراض الشيخوخة المبكرة.

2. تتفق العديد من البحوث العلمية الإكلينيكية على أنه لم يستدل على أضرار صحية مؤكدة نتيجة التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات اقل من 0.5 مللي وات/سم²، إلا أن التعرض لمستويات أعلى من هذه الإشعاعات وبجرعات تراكمية قد يتسبب في ظهور العديد من الأعراض المرضية ومنها:

1.2 أعراض عامة: وتشمل الشعور بالإرهاق والصداع والتوتر.

2.2 أعراض عضوية: وتظهر في الجهاز المخي العصبي وتسبب في خفض معدلات التركيز الذهني والتغيرات السلوكية والإحباط والرغبة في الانتحار، وأعراض عضوية وتظهر في الجهاز البصري والجهاز القلبي الوعائي والجهاز المناعي.

3.2 ظهور الأورام السرطانية.

4.2 الشعور بتأثيرات وقتية منها النسيان وعدم القدرة على التركيز وزيادة الضغط العصبي وذلك بعد التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستوى 10 مللي وات/سم²، وسميت تلك الأعراض بالتغيرات السيكولوجية.

5.2 اختلال عمليات التمثيل الغذائي بالأنسجة والخلايا الحية ويرجع ذلك للحمل الحراري الزائد.

6.2 التأثير في النظام العصبي المركزي، ويترب على ذلك تأثيرات في العصب السمعي والعصب البصري.

7.2 التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات تبدأ من 120 مللي وات/سم² يؤثر في وظيفة إفراز الهرمونات من الغدة النخامية، الأمر الذي قد يؤثر في مستوى الخصوبة الجنسية.

8.2 يتخيل المتعرضون للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات تبدأ من 700 مللي وات/سم²، سماع أصوات كما لو كانت صادرة من الرأس أو بالقرب منه.

9.2 التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية يلحق الضرر بشبكية العين وعدسة العين البلورية، وأن ارتفاع درجة حرارة عدسة العين إلى حوالي 41 درجة مئوية، يمكن أن يؤدي إلى ظهور عتامات في عدسة العين (كتاركت).

10.2 رغم عدم توافر دراسات كافية عن تأثير الإشعاعات الكهرومغناطيسية في المعادن، إلا أنه ينصح بعدم التعرض للمستويات المؤثرة لهذه الإشعاعات، وذلك لمرضى كسور العظام الحاملين للشرايح أو المسامير المعدنية المستخدمة في تثبيت الكسور.

3. إن الموجات الميكرو مترية التي يستخدمها المحمول وهوائياته (من 900 ميغا هرتز إلى 2,3 جيجا هرتز) تسمى موجات غير مؤينة، أي أنها أضعف من أن تفكك جزئيات الجسم وتضر به ضررا مباشرا مثلما تفعل الأشعة النووية أو حتى الأشعة السينية.

4. إن الطاقة التي تحملها هذه الأشعة غير قادرة على الوصول إلى داخل أنوية الخلايا مهما زادت شدتها، ولم يثبت علميا حتى الآن أنها تسبب خللا كروموزوميا أو جينيا أو وراثيا.

5. إن جسم الانسان قادر على التأقلم مع ارتفاع درجة حرارته الداخلية وإلى حد 3 درجات مئوية دون أن يتسبب هذا في أضرار صحية.

6. ومن خلاصة التقارير والأبحاث التي أعدتها منظمة الصحة العالمية عن ترددات الراديو الصادرة عن المحمول أتضح أنها لا تسبب أي ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة الجسم.

8. في حين إن ترددات الراديو يمكن أن تسبب زيادة في ذبذبة الذرات المكونة للأنسجة البشرية وتوليد بعض الحرارة، فإن مستوى الترددات التي تصدر عن محطات التقوية الخاصة بالمحمول أقل من أن تسبب أي ارتفاع ملحوظ في حرارة الجسد بأكمله.

بأي نوع من الأمراض الخطيرة خلال مدة خدمتهم التي تصل إلى 30 عاما متصلة ولأوقات طويلة يوميا.

8.9 مصابيح الفلورسنت او النيون التي تطلق مثل هذه الموجات ولكن في مدى تردد الأشعة فوق البنفسجية.

10. إن شدة مجالات أشعة التردد الراديوي تكون عالية عند المصدر وتتناقص بسرعة مع البعد عنه. أما الاقتراب من هوائيات المحطات الخلوية فهو ممنوع حيث أن مستوى الإشعاع يمكن أن يتجاوز الحدود الدولية المسموح بها. وتشير القياسات والدراسات الحالية إلى أن مستويات التعرض لإشعاع التردد الراديوي المنبعث من محطات الهوائيات الخلوية وتقنيات الاتصال اللاسلكي الأخرى في الأماكن التي يتواجد فيها الجمهور (بما فيها المدارس والمستشفيات)، هذه المستويات في العادة اقل من الحدود الدولية المسموح بها بآلاف المرات.

11. في الواقع وبسبب ترددها المنخفض فإن جسم الإنسان عند التعرض إلى مستويات متشابهة من موجات الراديو والتلفزيون وإشعاع أبراج محطات الهوائيات الخلوية فإن الجسم يمتص الأشعة المنبعثة من البث الإذاعي FM والبث التلفزيوني بمعدل خمسة مرات أكثر من امتصاصه للأشعة المنبعثة من المحطة الخلوية (البث الإذاعي FM يعمل بتردد 100 ميغاهيرتز وتردد المحطات الخلوية حوالي 1000 ميغاهيرتز) كذلك يساعد طول الجسم في امتصاص موجات المذياع والتلفزيون بشكل أكبر. مع ذلك ومع العلم بان محطات البث الإذاعي والتلفزيوني تعمل منذ أكثر من 50 عام فانه لم يتبين ان هذه المحطات لها أية آثار صحية مؤكدة.

12. وفي حين أن معظم تقنيات الاتصال الإذاعي تستعمل الشارات المتواصلة، فان الاتصالات اللاسلكية الحديثة تستعمل الشارات الرقمية. ولا تشير الأبحاث العلمية التي أجريت حتى الان الى وجود أية أخطار محددة تنتج عن التعديلات المختلفة للإشارات الراديوية.

13. مرض السرطان: إن التقارير الصحفية وأحاديث وسائل الاعلام عن وجود إصابات بمرض السرطان تحدث حول أبراج محطات الهوائيات النقالة تزيد من قلق الجمهور. يجب هنا ملاحظة أن السرطانات لا تتوزع بشكل منتظم من الناحية الجغرافية بين أية مجموعة من السكان. وبما أن أبراج المحطات النقالة منتشرة بشكل كبير في البيئة، فانه من المتوقع وجود إصابات بأمراض السرطان بالقرب من محطة نقالة بمحض الصدفة. هذا

9. إن الموجات الكهرومغناطيسية عموما هي موجات من صنع الإنسان أنتجها منذ نهاية القرن التاسع عشر من الترددات المنخفضة جدا 50 ذبذبة لكل ثانية واستخدامها في نقل الكهرباء وتغذية المصانع والمدن بالطاقة الكهربائية. وإذا أردنا حصر الذين يتعرضون لمثل هذه الموجات منذ أكثر من 60 عاما يمكن تصنيفهم على النحو التالي:

1.9 المراقبون الجويين في المطارات حيث تستخدم الرادارات التي لها طاقة كبيرة جدا مقارنة بالطاقة المستخدمة للتليفون المحمول، وذلك لمراقبة هبوط وإقلاع الطائرات ولم يثبت إصابة أي من هؤلاء بأمراض خطيرة.

2.9 أفراد قوات الدفاع الجوي والصواريخ والرادارات الحربية وأجهزة الإنذار المبكر، وكلها تعمل بطاقات عالية جدا على مدار 24 ساعة يوميا، ولا يوجد تقرير صحي عالمي يؤكد حدوث حالات إصابة لهؤلاء الأفراد.

3.9 الطيارون المدنيون والعسكريون وأطقم الملاحه الجوية وهم معرضون دائما لجرعات عالية، ولكن الإصابة التي يشكو منها بعضهم تتركز في حاسة السمع نتيجة لطنين الصوت العالي الذي يتعرضون له ولم تثبت إصابة أي منهم بأمراض خطيرة.

4.9 مستخدمو الشاشات الإلكترونية مثل شاشات الكمبيوتر والتلفزيون، فهذه الشاشات تطلق موجات راديو مثل موجات النقال تختلف شدتها تبعا لنوع الشاشة، ولم يثبت ارتباط ذلك بأي خطر صحي حتى لهؤلاء الذين يعملون لمدة أكثر من 8 ساعات يوميا وعلى مقربة شديدة من الشاشة.

5.9 رجال الشرطة والجيش الذين يستخدمون اللاسلكي منذ أكثر من 30 عاما بنفس حيز الترددات مثل النقال، ولكن بقدرات أكبر من 10 وات، بينما النقال لا تزيد طاقته عن 2 وات.

6.9 أفران الميكروويف في المنازل وهي منتشرة في أوروبا منذ عام 1960 وهي مصدر هائل للموجات المشابهة للنقال، ولكن بطاقات أعلى بكثير حتى تستخدم في رفع درجة حرارة الأغذية ولم يثبت أي ضرر صحي منها.

7.9 العاملون بمحطات الأقمار الصناعية والبث الإذاعي والتلفزيوني التي تشع نفس حيز الترددات ولكن بطاقات هائلة، ولم يثبت إصابتهم

ث- ضرورة اشراك الاطباء في هذه الدراسة لتشخيص الاعراض المرضية.

وبما ان الهاتف النقال يعتبر من اهم مصادر الاشعاع لكثرة استخدامه، فنقترح التوصيات الآتية:

1. ينبغي أن يقتصر استخدام الموبايل على الأمور المهمة والطارئة فقط، لا أن يكون وسيلة للمناقشات الطويلة، وتكملة المناقشة على تليفون أرضي قريب.

2. ينبغي ألا تزيد مدة المكالمات على دقيقتين.

3. ينبغي ألا يوضع الموبايل في الجيب سواء في الجاكيت أو البنطلون، بل في حقيبة تحمل باليد.

4. ينبغي ألا يوضع الموبايل في الحزام أو في غلاف به معدن، لأن ذلك يزيد من نسبة امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية.

5. يجب ارتداء سماعات من نوعيات معينة عند الكلام بحيث يظل الموبايل بعيداً عن الرأس والجسم.

6. حاول استخدام الرسائل بدلاً من المكالمات بقدر الإمكان.

7. ينبغي عدم استخدام المحمول في الأماكن المغلقة مثل المصعد أو داخل السيارة. حيث تخرج من التليفون المحمول آنذاك موجات أقوى لكي تتم عملية الاتصال، ويتم امتصاص جزء كبير منها من خلال جسم الإنسان وخلاياه.

8. عندما تشتري موبايل ينبغي أن تبحث في كتالوج التشغيل الخاص به عما يسمى SAR وهو اختصار Specific Absorption rate أي نسبة الامتصاص النوعية التي تحدث من خلال امتصاص الجسم لما يصدر عن الموبايل من طاقة وإشعاع، وكلما كانت هذه النسبة أقل، كان ذلك أفضل.

9. تجنب أخذ المحمول معك إلى الفراش أو تحت المخدة التي تنام عليها، لأن الموجات المنبعثة منه قد تؤثر على كهرباء المخ، مما يسبب اضطراب النوم، صداعاً، عدم تركيز، نسياناً... الخ

لا يعني أن سبب حدوث السرطان هو وجود المحطة، خصوصاً وأن أمراض السرطان المسجلة في هذه الحالات هي في الغالب مجموعة من أنواع مختلفة من مرض السرطان لا توجد لها أية ميزات أو علة مشتركة. إن الدليل العلمي عن توزيع مرض السرطان بين السكان يمكن الحصول عليه فقط من خلال دراسات وبائية مخططة ومنفذة بعناية. في السنوات الخمسة عشر الأخيرة تم نشر العديد من هذه الدراسات الوبائية التي تبحث في العلاقة بين انتشار مرض السرطان حول الهوائيات التي تبث موجات لاسلكية. ولم تجد هذه الدراسات أي دليل على أن التعرض للأشعة المنبعثة من تلك الهوائيات يزيد من مخاطر انتشار مرض السرطان. كذلك الدراسات التي جرت على الحيوانات لفترات طويلة، لم تبين أي زيادة من خطر السرطان نتيجة التعرض بمجالات التردد الراديوي، حتى عند الحيوانات التي تم تعريضها لمستويات أعلى بكثير من مستويات الإشعاع التي تنبعث من أبراج المحطات الخلوية أو من شبكات الاتصال اللاسلكي الأخرى.

14. الآثار الصحية الأخرى: قليلة هي الدراسات التي بحثت في الآثار الصحية العامة عند الأشخاص الذين تعرضوا لمجالات كهرومغناطيسية. إذ لم تبين الدراسات على الإنسان أو الحيوانات، والتي تبحث في وظيفة الدماغ وسلوكه بعد التعرض بمجالات تردد راديوي وجود أية آثار صحية ضارة. مستويات الإشعاع التي تم التعرض لها في هذه الدراسات حوالي 1000 مرة أعلى من تلك التي يتعرض لها الجمهور من محطات الهوائيات الخلوية أو شبكات الاتصال اللاسلكي المحلية. لم تتم ملاحظة أية تغييرات ذات صلة على نمط النوم أو وظائف القلب والأوعية الدموية.

6. التوصيات

ان اجراء دراسة شاملة لقياس مدى تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على صحة الانسان يتطلب توفير المستلزمات الآتية:

أ- عدد من المواطنين المتطوعين لإجراء الفحوصات عليهم. وفي حالة تعذر ذلك فيجب اجراء الفحوصات المختبرية على الحيوانات.

ب- ان دراسة كهذه عادة ما تستغرق وقتاً طويلاً قد يصل الى عدة سنوات لان الاعراض المرضية قد تظهر على المدى البعيد.

ت- ان الحصول على قياسات دقيقة في هذه الدراسة يحتاج الى اجهزة متخصصة.

البحثية والمختصون [5] عند بناء وتركيب محطات الهاتف الخليوي ومنها:

أ- ان يكون ارتفاع المبنى المراد إقامة المحطة فوق سطحه في حدود من 15-50 متر.

ب- ان يكون ارتفاع الهوائي أعلى من المباني المجاورة في دائرة نصف قطرها 10 أمتار.

ج- أن يكون سطح المبنى الذي يتم تركيب الهوائي فوقه من الخرسانة المسلحة.

د- لا تقل المسافة بين أي محطتين على سطح نفس المبنى عن 12 متراً

هـ- ان يكون الهوائي من النوعية التي لا تقل نسبة الكسب الأمامي مقارنة بالكسب الخلفي عن 20 ديسبل.

و- لا تقل المسافة بين الهوائي والجسم البشري عن 12 متر في اتجاه الشعاع الرئيسي.

ز- لا يسمح بتركيب الهوائي فوق أسطح المباني المستغلة بالكامل كالمستشفيات والمدارس.

ط- إلزام الشركات بالمواصفات الخاصة بالإشعاع طبقاً لما أصدرته المنظمات الدولية، والتي تنص على أن الحد الأقصى لكثافة القدرة يجب ألا تتجاوز 0.4 ملي وات/سم² على أن تقدم الشركة شهادة بذلك.

ي- يجب عدم توجيه الهوائيات في اتجاه أبنية مدارس الأطفال.

7. الخلاصة

إن الأدلة التي تظهر من يوم لآخر حول آثار الموجات الكهرومغناطيسية متضاربة وغير واضحة. آخذين بعين الاعتبار مستويات التعرض المنخفضة جداً ونتائج الأبحاث العلمية حتى هذا التاريخ، فإنه لا يوجد دليل علمي على أن الشارات الضعيفة التي يتعرض لها الناس تسبب آثار صحية ضارة.

8. المصادر

10. عدم الاتصال إذا كانت الشبكة ضعيفة لأن الجوال يعمل بأقصى استطاعة وهذا يضاعف الاستطاعة عدة مرات للتواصل مع الشبكة.

11. عدم الاتصال عند السفر لأن الجوال يرفع الاستطاعة لمحاولة إيجاد شبكة مجاوره

12. عند محاولة الاتصال بشخص ما عدم رفع الجوال إلى الأذن قبل أن تسمع رنين الجوال.

13. عدم تغطية الجانب الخلفي للجوال باليد لوجود إريل الجوال هناك.

14. الحفاظ على بعد الأمان للأشخاص الذين لديهم منظم قلب أو جهاز سمع حوالي 52 سم لأنه ثبت أن الجوال تشوش جهاز تنظيم ضربات القلب بنسبة 50%.

15. وبناء على الدراسات التي قام بها العلماء فقد أجمعوا على أن التأثير الصحي الوحيد الذي يمكن أن ينجم عن التعرض للموجات الكهرومغناطيسية هو تأثير حراري فقط، حيث تتسبب في ارتفاع درجة حرارة الجسم لأكثر من 0.1 درجة مئوية وهو ارتفاع هزيل يمكن للجسم أن يتحملة بل ويصادفه طبيعياً في الحياة اليومية.

16. بعض الناس يشعرون أن المخاطر الآتية من التعرض لأشعة التردد الراديوي هي مخاطر كبيرة ومن المحتمل أن تكون شديدة أيضاً.

وهناك أسباب مختلفة لتخوف الجمهور منها إعلانات وسائل الإعلام عن دراسات علمية جديدة وغير مؤكدة تقود لشعور من عدم التأكد وإدراك انه من المحتمل وجود مخاطر غير معروفة أو مكتشفة. الأسباب الأخرى لها علاقة بعوامل جمالية والشعور بنقص الرقابة أو عدم المشاركة في عملية تحديد مواقع محطات الهواتف الخليوية الجديدة. إن وجود برامج ترويجية وكذلك التواصل الفعال مع الناس ومشاركة الجمهور وكذلك أصحاب العقارات (في مراحل مناسبة) قبل تركيب مصادر التردد الراديوي سوف يعزز ثقة الجمهور وتقبلهم لوجود تلك المحطات.

17. أن شركات الهاتف الخليوي ملزمة بوضع حد لمعامل الأمان ضد الإشعاع، كما نرى ضرورة إخضاع محطات تقوية الإرسال الخليوي للمراقبة للتأكد من مدى مطابقتها للمواصفات القياسية العالمية فيما يتعلق بعوامل الأمان الإشعاعي، واتباع ما اشترطت عليه بعض المراكز

[1] R. S. Williams, "University Physics", California press, 1988.

- [2] M. Schwartz, "Information, Transmission, Modulation and Noise", McGraw-Hill press, 1978.
- [3] الأستاذ الدكتور/ صلاح الدين عبد الستار محمد، "التليفون المحمول والتلوث الكهرومغناطيسي"، مجلة أسبوط للدراسات البيئية - العدد الخامس والعشرون ، يوليو ٢٠٠٣
- [4] أحمد ناصر الليبي، "الموجات الكهرومغناطيسية وتأثيرها على الانسان و البيئة"، جامعة بنغازي، (ليبيا، 2004
- [5] Lin, James C. "A new IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio-frequency radiation." IEEE Antennas and Propagation Magazine 48, no. 1 (2006): 157-159.
- [6] Federal Communications Commission, Office of Engineering & Technology; Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields. OET Bulletin, 65, (2001), pp.97-01.
- [7] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. "ICNIRP statement on the "guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 ghz)". Health physics 97, no. 3 (1998): 257-258.
- [8] Ayinmode, et.al., "Risks Associated with level Radiofrequency Exposure at Close Proximities to Mobile Phone Base Station". The Pacific Journal of Science and Technology. Vol13. Number 2 (2003).
- [9] Hardell, LM .Carlberg, F. So derqvist, and K. Hansson Mild, "Meta-Analysis of Long-Term Mobile Phone Users and the Association with Brain Tumors". Int.J.Oncology.32:1097-1103. (2008).
- [10] Limoli, Charles L., Erich Giedzinski, Radoslaw Rola, Shinji Otsuka, Theo D. Palmer, and John R. Fike. "Radiation response of neural precursor cells: linking cellular sensitivity to cell cycle checkpoints, apoptosis and oxidative stress." Radiation research 161, no. 1 (2004): 17-27.
- [11] Sivani, S., and D. Sudarsanam. "Impacts of radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) from cell phone towers and wireless devices on biosystem and ecosystem-a review." Biology and Medicine 4, no. 4 (2012): 202.
- [12] Lönn, Stefan, Anders Ahlbom, Per Hall, and Maria Feychting. "Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma." Epidemiology 15, no. 6 (2004): 653-659.
- [13] Kenyon, Georgina. "Long-term risk from mobile phones examined." The Lancet Oncology 3, no. 2 (2002): 72.