

تحسين أداء خوارزمية LMS باستخدام الشبكات العصبونية ضمن أنظمة WiMAX

الدكتور المهندس: فادي متوج⁽²⁾

المهندس: اياد كنعان⁽¹⁾

الملخص

تقنية WiMAX هي تقنية اتصالات لاسلكية عريضة المجال وتوفر بيانات عالية السرعة على مساحة واسعة. لقد حفزت متطلبات الارتباطات عالية الجودة والطلب الكبير على معدل النقل العالي في هذه الشبكة اللاسلكية والشبكات الأخرى تحسينات جديدة في الاتصالات اللاسلكية مثل Smart Antenna Systems. تمكن الهوائيات الذكية (المتكيفة) من إعادة الاستخدام المكاني، وتزيد الإنتاجية ومجال الاتصال بسبب زيادة اتجاهية صفيف الهوائي. في هذا البحث، تم التطرق الى خوارزمية LMS المستخدمة بشكل واسع ضمن أنظمة الهوائيات الذكية، ليتم بعدها استخدام تقنية الشبكات العصبونية من أجل اعطاء قيم أوزان بدائية تمكنا من الحصول على أقل خطأ ممكن مما يزيد الانتاجية. وبعد تنفيذ الخوارزمية المقترحة، تم الحصول على خطأ صغير بنسبة أقل من 20% من القيمة الأعظمية للخطأ كاستجابة بدائية، واحتاج الى أقل من 20 تكرار للوصول الى حالة الاستقرار، وبالمقارنة مع الأبحاث الأخرى والخوارزميات المحسنة في نفس المجال فقد أبدت الخوارزمية المقترحة خطأ أولي أقل بنسبة 35% من خطأ باقي الخوارزميات.

الكلمات المفتاحية: خوارزمية LMS - أنظمة الهوائيات الذكية - الشبكات العصبونية - الصفيف المتكيف.

⁽¹⁾ ماجستير في هندسة الاتصالات في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق..

⁽²⁾ دكتور مدرس في قسم هندسة الميكاترونك في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين

Improving the performance of LMS algorithm using neural networks in WiMAX systems

Eng.Eyad Kanaan⁽¹⁾
Dr. Fadi Motawej⁽²⁾

Abstract

WiMAX is a broadband wireless technology that provides high-speed data over a wide area. The requirements for high-quality connections and high demand for high throughput in this wireless network and other networks have stimulated new improvements in wireless communications such as Smart Antenna Systems. Smart (adaptive) antennas enable spatial reuse, increase throughput, and communication range due to increased antenna array directivity. In this paper, the LMS algorithm that is widely used within smart antenna systems is discussed, then the neural network technology is used to give initial weights values that enable us to obtain the lowest possible error, which increases productivity. After implementing the proposed algorithm, a small mean square error equal to less than 20% of the maximum mean square error was obtained as the initial response and needed less than 20 iterations to reach the stability state. In comparison with other research and improved algorithms in the same field, the proposed algorithm shows satisfactory performance with an initial error less than 35% of other algorithms' error.

Keywords: LMS Algorithm - Smart Antenna Systems - Neural Networks - Adaptive Array.

⁽¹⁾ MSc - Communications Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering- Damascus University.

⁽²⁾ Dr. Department of Mechatronics - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Syria

1- المقدمة:

تقنية WiMAX هي تقنية اتصالات لاسلكية عريضة الحزمة تعتمد على معيار IEEE 802.16 وتوفر بيانات عالية السرعة على مساحة واسعة. كلمة WiMAX هي اختصار للنية التشغيلية العالمية للولوج بالأمواج الميكروية Worldwide Interoperability for Microwave Access (AXess)، وهي تقنية شبكات لاسلكية متعددة النقاط multipoint wireless networking [1].

تقنية WiMAX قادرة على تلبية احتياجات مجموعة كبيرة ومتنوعة من المستخدمين في البلدان المتقدمة الذين يرغبون في استخدام شبكة بيانات جديدة عالية السرعة بسعر رخيص جداً بدون التكلفة والوقت المطلوب لتثبيت شبكة سلكية، وأيضاً للمستخدمين في المناطق الريفية الذين يحتاجون إلى وصول سريع حيث لا تكون الحلول السلكية قابلة للتطبيق بسبب المسافات والتكاليف التي تتطوي عليها مقارنة بما توفره WiMAX من مجال واسع broadband بشكل فعال. بالإضافة إلى ذلك، يتم استخدامها لتطبيقات الهاتف المحمول، وتوفير بيانات عالية السرعة للمستخدمين أثناء التنقل.

تم اقتراح نسختين من WIMAX لتلبية الطلب على أنواع مختلفة من الولوج. الإصدار الأول هو IEEE 802.16-2004 WIMAX، والذي يعتمد على إصدار IEEE 802.16-2004 من معيار IEEE 802.16 وعلى ETSI HiperMAN (شبكة المدينة الراديوية عالية الأداء). يستخدم هذا الإصدار تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للترددات (OFDM) ويدعم الوصول في بيئات خط البصر وغير خط البصر. في هذا الإصدار، يتراوح معدل البث من 32 ميغابت في الثانية إلى 134 ميغابت في الثانية. الإصدار الثاني هو IEEE 802.16e WIMAX، والذي يعتمد على تعديل e802.16 ويدعم التسليم والتجوال. يوفر

هذا الإصدار إمكانية الوصول في بيئات غير خط البصر ويصل معدل البث إلى 15 ميغابت في الثانية [2]. لتحسين أداء الاتصالات الراديوية، غالباً ما تستخدم تقنيات الهوائي في الأنظمة الخلوية. الحل الشائع جداً في نظام الإرسال اللاسلكي هو استخدام جهاز استقبال تكيفي (متنوع) (قادر على التعامل مع سيناريوهات مختلفة) في جانب المحطة الأساسية (BS) . تستقبل الإشارات المرسله بواسطة طرفيات عند المحطة الأساسية المجهزة بهوائيات متعددة (عادة اثنتان أو أربعة) ويتم دمج الإشارات من مختلف الاتجاهات المستقبلية. يوجد تقنية شائعة للغاية لدمج هذه الإشارات المختلفة هي تقنية الجمع بين أقصى نسبة (MRC)، والتي تجمع (أوزان) نفس الرمز الذي يتم تلقيه من كل فرع وفقاً لجودة الاستقبال. والنتيجة هي زيادة حساسية المستقبل في محطة القاعدة (المحطة الأساسية) وبالتالي توسيع المجال و/أو إمكانية استخدام أسلوب إرسال راديوي أقل قوة لمعدل إرسال أعلى. يمكن زيادة الكفاءة الطيفية من خلال الإرسال المتزامن للبيانات عبر هوائيات مختلفة باستخدام التضائل العشوائي random fading كوسيلة لفصل الإشارة. من ناحية أخرى، يتم تحقيق زيادة في موثوقية النظام، مع إدراج التكرار، عن طريق إرسال نسخ متعددة من نفس الإشارة عبر مسارات الانتشار المختلفة، وبالتالي تحقيق مكاسب التنوع المكاني. في الأنظمة وحيدة الدخل ووحيدة الخرج (SISO)، تنمو السعة بشكل لوغاريتمي مع نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) [3].

لتوليد حزمة في الاتجاه المطلوب بحيث نحصل على تداخل معدوم، يتم استخدام خوارزميات معالجة الإشارات المختلفة. الخوارزميات الأكثر شيوعاً لتشكيل الحزمة هي خوارزمية Least Mean Squares (LMS)، خوارزمية التربيع الأقل العودية Recursive Least Square (RLS)

2- الهوائيات الذكية وتصنيفها

يمكن استخدام الهوائيات المتعددة Multiple antenna للتغلب على الآثار الضارة لتعدد مسارات الإشارة والتلاشي fading عند محاولة تحقيق إنتاجية عالية للبيانات في قنوات ذات عرض حزمة ضيق. في هذه الحالة، عندما نتحدث عن أنظمة هوائيات متعددة باستخدام WiMAX، سندخل تلقائياً في الإنتاجية وتحسين أداء النظام في سيناريوهات متعددة، هناك ثلاث تقنيات مختلفة لتنفيذ أنظمة هوائيات متعددة: (1) مخططات التنوع Diversity Schemes، (2) أنظمة متعددة الدخل والخرج (MIMO)، (3) أنظمة الهوائيات الذكية Smart Antenna Systems (SAS).

أنظمة Multiple input multiple output (MIMO) هي أنظمة لاسلكية مجهزة بهوائيات متعددة ومن جهاز الاستقبال وجهاز الإرسال. يرجع الاهتمام الكبير بأنظمة MIMO إلى قدرتها على زيادة سعة النظام وموثوقيته دون أي زيادة في قدرة الإرسال أو عرض المجال الترددي. تستفيد تكنولوجيا MIMO من خصائص قناة الانتشار متعدد المسارات. يمكن زيادة الكفاءة الطيفية من خلال الإرسال المتزامن للبيانات عبر هوائيات مختلفة باستخدام التضائل العشوائي كوسيلة لفصل الإشارة. من ناحية أخرى، يتم تحقيق زيادة في موثوقية النظام، مع إدراج التكرار، عن طريق إرسال نسخ متعددة من نفس الإشارة عبر مسارات الانتشار الأخرى، وبالتالي تحقيق مكاسب التنوع المكاني.

تعتبر الهوائيات الذكية (SAS) واحدة من أكثر التقنيات الواعدة لزيادة السعة في الأنظمة الخلوية. يدمج SAS جميع الأوضاع التي يستخدم فيها النظام أنماط هوائية ويتم تعديل مخطط الهوائي ديناميكياً بواسطة النظام كما هو مطلوب. أحد المكونات الأساسية لـ SAS هو

وخوارزمية انعكاس مصفوفة عينة Sample Matrix Inversion (SMI) [4-6]. تستخدم الخوارزميات بشكل أساسي للهوائي الذكي باستخدام صفائف الهوائي الخطي. بالإضافة إلى الخوارزميات المذكورة أعلاه، يتم استخدام بعض الخوارزميات المركبة والمختلطة أيضاً لتشكيل الحزمة [7-9]. تم تحقيق أداء أفضل لخفض مستوى الفلقة الجانبية side lobe باستخدام خوارزمية Variable Step-Size Least Mean Square (VSLMS) [10].

1-1 أهداف البحث:

يهدف البحث الى القيام بدراسة نظرية سريعة حول مفهوم استخدام الهوائيات الذكية في زيادة إنتاجية الشبكة وسعة القناة في محطات التقوية، التطرق الى أنواع الخوارزميات التقليدية الموجودة والعمل على تحسين كفاءة خوارزمية LMS باستخدام تقنية الشبكات العصبونية Neural Networks من أجل الحصول على أسرع استجابة وأقل خطأ ممكن دون الحاجة الى عدد كبير من التكرارات iterations، من خلال التغلب على القيم الصفرية البدائية لأوزان داخل خوارزمية LMS بالتالي التغلب على القيم العالية للخطأ البدائي.

2-1 طرائق ومواد البحث:

في هذا البحث سيتم التطرق الى المفاهيم النظرية المتعلقة بالهوائيات الذكية وأنواعها، وتوضيح مبدأ عمل خوارزمية LMS ليتم بعدها شرح الخوارزمية المقترحة لتحسين عمل LMS باستخدام الشبكات العصبونية. في النهاية سيتم مقارنة أداء الخوارزمية المقترحة مع الخوارزمية التقليدية LMS وأبحاث سابقة.

هناك نوعان من الهوائيات الذكية: هوائي تبديل الحزمة switched beam وهوائي الشعاع (الصفيف) المتكيف adaptive array [12]:

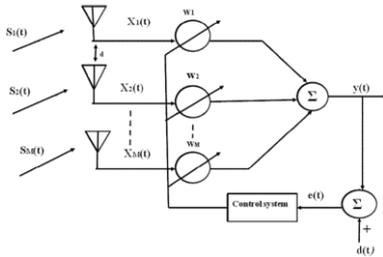
2-1- نظام تبديل الحزمة يتم فيه تشكيل مجموعة من أنماط الحزمة، المحددة مسبقاً أحياناً، مع العقدة الرئيسية نحو العقدة المنتقلة. يقوم نظام الهوائي بمراقبة قوة الإشارة والتبديل بين العقد بشكل دوري لتحديث اختيار الحزمة. يعمل تصميم الهوائي هذا على تحسين الأداء من خلال زيادة قوة الإشارة ومنع التداخلات التي ليست في نفس اتجاه الإشارة. ومع ذلك، إذا كان التداخل في نفس العقدة مثل الإشارة، فلن يتم الغاء التداخل. هذا هو العيب الرئيسي لطريقة تبديل الحزمة.

2-2- المصفوفة المتكيفة يستخدم خوارزميات معالجة إشارة معقدة للتمييز المستمر بين الإشارة والتداخلات المطلوبة ويمكن أن يشكل عدداً غير محدود من أنماط الحزمة لتحسين قوة الإشارة بشكل مثالي ومنع التداخلات. يوفر الشعاع المتكيف ربحاً أعلى، بسبب قدرة التوجيه الدقيقة، من شعاع الحزمة المبدلة ورفض التداخل الأكبر. قد تتطلب المصفوفات المتكيفة وقتاً حسابياً أطول للاقتراب من الأنماط المثلى، وبالتالي قد لا تكون مناسبة لاتصالات معدل البيانات المرتفعة في الزمن الحقيقي حيث يوجد عدد كبير من العقد والتداخلات عالية الحركة. أيضاً، سوف تستهلك كمية أكبر من الطاقة من نظام الحزمة المبدلة. في النظام الذي يوجد فيه تداخل منخفض، قد يكون شعاع الحزمة المبدلة switched beam array مناسباً لأنه أقل تكلفة ويمكن أن ينتج كسب إشارة مماثل للشعاع المتكيف. في النظام الذي يوجد فيه تداخل كبير، يعد تتبع الموقع الدقيق للعقد جزءاً لا يتجزأ من زيادة أداء النظام وبالتالي قد يكون الصفيف المتكيف خياراً أفضل.

أجهزة الاستشعار أو الهوائي. كما هو الحال في البشر، فإن الأذنين هم المبدلات التي تحول الموجات الصوتية إلى نبضات كهروكيميائية، وتحول عناصر الهوائي الموجات الكهرومغناطيسية إلى نبضات كهربائية. تلعب عناصر الهوائي هذه دوراً مهماً في تشكيل مخطط الإشعاع وتقييد الخوارزمية المتكيفة التي يستخدمها معالج الإشارات الرقمية.

ومع ذلك، يشير المصطلح ذكي إلى قدرة معالجة الإشارة التي تشكل جزءاً حيوياً في التحكم في مخطط الهوائي من خلال تحديث مجموعة من أوزان الهوائي. يشير مفهوم الهوائي الذكي، مدعوماً بقدرة معالجة الإشارة، إلى القدرة على توجيه حزمة ضيقة باتجاه المستخدمين المطلوبين، ولكنه في الوقت ذاته يقدم قيمة خالية من التداخل، وبالتالي تحسين جودة الخدمة. تشكيل الحزم المعروف أيضاً بتقنية المعالجة المكانية spatial processing technique، وهي تقنية تُطبق على مصفوفة عناصر الهوائي من أجل إنتاج حزمة قلمية pencil beam في اتجاه المستخدم المطلوب وفي نفس الوقت تخفيف الإشارات القادمة من اتجاهات أخرى. بناءً على خوارزمية تشكيل الشعاع المستخدمة، يوجد نوعان من خوارزميات تشكيل الأشعة هما: تشكيل الشعاع الثابت وتكوين الشعاع المتكيف. في تشكيل الحزم الثابتة، يتم تحديد الأوزان المطبقة على خرج الصفيف مسبقاً ولا يتم تغييرها في التطبيق بينما يتم تعديل الأوزان في المتكيف تلقائياً وفقاً لمعايير محددة. وبالتالي، فإن إخماد التداخل interference suppression في تشكيل الحزمة المتكيفة يتفوق على تشكيل الحزمة الثابتة بتكلفة أعلى للتطبيقات [11].

الدوائر الرقمية، المرونة الحسابية للنظام الرقمي تسمح بتنفيذ تركيز الاستقبال الديناميكي من أجل الحصول على جودة صورة أفضل. يوفر تشكيل الشعاع العديد من المزايا لتصميم الهوائي. يتم تحقيق الوصول المتعدد بتقسيم الفضاء (SDMA) حيث يمكن لمحول الحزمة توجيه اتجاه النظر نحو إشارة معينة. يمكن لإشارات أخرى من اتجاهات متنوعة إعادة استخدام نفس تردد الموجة الحاملة. تستخدم الهوائيات الذكية في تحليل أداء خوارزميات MUSIC و LMS والمحطات المتنقلة والقاعدة في نظام OFDM / TDMA [13].



الشكل (1-4) رسم تخطيطي لصفيف هوائي تكيفي

بشكل عام، يتم إنجاز تشكيل الشعاع عن طريق إدخال التغذية على كل عنصر في المصفوفة بحيث تكون الإشارات المستقبلية أو المرسله من جميع العناصر من نفس الطور في اتجاه معين. يتم تعديل المراحل (المرحلة بين العناصر inter-element phase) وعادة ما يتم تعديل المطالات لتحسين الإشارة المستقبلية. يُعطى عامل الصفيف array factor لصفيف خطي متساوي الأبعاد ذو N عنصر كما في الشكل (1-4) على النحو التالي [14]:

$$AF(\Phi) = \sum_{n=0}^{N-1} A_n e^{jn \left(\frac{2\pi d}{\lambda} \cos \Phi + \alpha \right)}$$

تعطى الازاحة الطورية بالمعادلة:

$$\alpha = - \frac{2\pi d}{\lambda_0} \cos \Phi_0$$

3- الارسال والاستقبال في الهوائيات الذكية

في مجال الاتصالات الخلوية اللاسلكية، تشمل مجالات استخدام SAS الإرسال عبر الوصلة الصاعدة Uplink بوحدة متنقلة، أو الترشيح المتكيف adaptive filtering أو تشكيل حزمة أشعة تكيفية، وتخمين اتجاه الوصول (DOA) Direction of Arrival، ونقل الوصلة الهابطة Downlink الانتقائية بواسطة محطة القاعدة. يتم دمج الإشارات المستقبلية في الشعاع مع الأوزان المناسبة. يتم تحديد هذه الأوزان وفقاً للكسب والمجال الترددي المطلوبين. يتم تكوين الشعاع وتوجيه الشعاع في بيئة ديناميكية تشتمل على التداخل من خلال اعتماد خوارزميات LMS و NLMS. من خلال هذا الحد الأدنى من الخطأ المربع يتم رفض الإشارات المتداخلة أو تصفيتها. تقدير وصول الإشارة من الاتجاه المطلوب ضروري في محطة القاعدة، MUSIC و ESPRIT هي خوارزميات شائعة لتقدير الوصول. في عملية الوصلة الهابطة، يكون الإرسال الانتقائي هو الأساس الرئيسي للتمييز بين الحزمة المبدلة وأنظمة الصفيف المتكيف. يصل الشعاع المبدل إلى المستخدم من خلال التغيير بين الأنماط الاتجاهية المضبوطة مسبقاً والحزم المتعددة المحددة مسبقاً والمصفوفات المتكيفة التي تحاول فهم بيئة التردد اللاسلكي بشكل أكثر انتقائية.

4- تشكيل الحزمة Beam forming

تشكيل الحزمة Beam forming هو المصطلح المستخدم لتحديد تطبيق الأوزان على مدخلات شعاع من الهوائيات لتوجيه استقبال شعاع الهوائي في اتجاه معين، يسمى اتجاه النظر أو العقدة الرئيسية.

إن التابعين المهمين للهوائيات الذكية هما اتجاه الوصول وتشكيل الشعاع المتكيف. بسبب تطور تصميم

$$a(\theta_i) = [a_1(\theta)e^{-j2\Pi f_c \tau_1(\theta)}, a_2(\theta)e^{-j2\Pi f_c \tau_2}]$$

إن خرج الصفيغ $y(t)$ مع وزن العنصر المتغير هو المجموع الموزون للإشارات المستقبلية $S_i(t)$ عند عناصر الصفيغ والتشويش $n(t)$ في المستقبلات المتصلة بكل عنصر. يتم حساب الأوزان W_m بشكل متكرر بناءً على خرج الصفيغ $y(t)$ ، الإشارة مرجعية $r(t)$ مقارنة مع الإشارة المطلوبة، والأوزان السابقة. يتم تقريب الإشارة المرجعية إلى الإشارة المطلوبة باستخدام تسلسل تدريب أو رمز انتشار spreading code، والذي يعرّف عند المستقبل. يختلف شكل الإشارة المرجعية ويعتمد على النظام الذي يتم فيه تطبيق تشكيل الحزم المتكيفة. عادة ما تكون للإشارة المرجعية reference signal (الإشارة المثالية) علاقة جيدة بالإشارة المرغوبة desired signal (الإشارة المستقبلية مع اشارات متداخلة أخرى) وتؤثر درجة الارتباط على دقة وتقارب الخوارزمية.

تمثيل الأوزان يعطى بالمعادلة:

$$w_i = e^{jbid \sin \theta_i}$$

4-1- خوارزمية المتوسط التربيعي الأصغري

LMS

خوارزمية Least Mean Square (LMS) هي خوارزمية متكيفة، والتي تستخدم طريقة قائمة على التدرج لأدنى قيمة انحدار ضمن الإشارة. تستخدم خوارزمية LMS تخمين متجه التدرج من البيانات المتاحة. يشتمل LMS على إجراء تكراري يقوم بتصحيحات متتالية لمتجه الوزن في الاتجاه السالب من متجه التدرج الذي يؤدي في النهاية إلى الحد الأدنى لمتوسط الخطأ التربيعي.

بالمقارنة مع الخوارزميات الأخرى، تعد خوارزمية LMS بسيطة نسبياً، لا تتطلب حساب تابع الارتباط ولا يتطلب عكس المصفوفات. يتطلب توفير الإشارة المطلوبة

حيث Φ_0 هو اتجاه الحزمة المطلوبة. عند طول الموجة λ_0 تتوافق ازاحة الطور مع تأخير زمني من شأنه أن يوجه الحزمة Φ_0 .

كما هو موضح في الشكل (4-1)، يتكون الهوائي من M عناصر هوائي مفصولة عن بعضها بمسافة معروفة d . افترضنا أن جهاز الإرسال على مسافة معينة من جهاز الاستقبال وأن جميع الإشارات $S_i(t)$ التي تصل إلى عناصر الهوائي المختلفة متوازية. ومع ذلك، بما أن العناصر مفصولة بالمسافة d ، فإن طور الإشارات المختلفة يختلف. سيتم استخدام W_i للدلالة على الطور والكسب الذي يضاف إلى كل إشارة $X_i(t)$ و $Y(t)$ هو الخرج المرسل إلى المستقبل الذي يمكن كتابته بالشكل:

$$Y(t) = A \sum_{i=1}^M w_i X_o(t) e^{-jbid \cos \theta} + N(t)$$

حيث، $N(t)$ هو AWGN (ضوضاء غوسية بيضاء مضافة)، $\lambda = 2\pi / \beta$ هو عامل انتشار الطور، λ هو طول الموجة و A هو ثابت كسب عشوائي. إن الأوزان المستخدمة في هذه المعادلة تقوم بإزاحة طور الإشارة وتترك المطال دون تغيير. من أجل حساب الأوزان المثلى، يجب معرفة متجه استجابة المصفوفة من البيانات المأخوذة من عينات خرج المصفوفة.

متجه استجابة المصفوفة هو تابع لزاوية الاستقبال وكذلك التردد. إن الإشارة المستقبلية للمجال الأساسي في الهوائي N هي مجموع أشكال الاشارات المزاحة طورياً والمخمدة للإشارة الأصلية $S_i(t)$. ويمكن التعبير عن قيم عناصر الصفيغ من خلال المعادلة:

$$X_N(t) \equiv a_N(\theta_i) s_i(t) e^{-j2\Pi f_c \tau_N(\theta_i)}$$

يتكون $s_i(t)$ من الإشارات المرغوبة والمتداخلة، $\tau_k(\theta_i)$ هو التأخير، f_c هو تردد الموجة الحاملة. حيث يعبر عن قيم معاملات عناصر الصفيغ بالمعادلة:

$$\nabla_w(J(w)) = 2R_{xx}w - 2r$$

يحدث الحد الأدنى عندما يكون التدرج صفراً. وبالتالي فإن الحل للأوزان هو الحل الأمثل لـ Wiener [14] كما هو موضَّح:

$$w_{opt} = R_{xx}^{-1}r$$

يتم إعطاء التخمين الفوري لقيم مصفوفة تغاير Covariance matrix R_{xx} ومتجه ارتباط الإشارة r كما يلي:

$$R_{xx}(t) \approx x(t)x^H(t)$$

$$r(t) \approx d^*(t)x(t)$$

يتم إعطاء التقارب التكراري الهابط الأكثر انحدار على النحو التالي:

$$w(n+1) = w(n) - \mu[R_{xx}w - r]$$

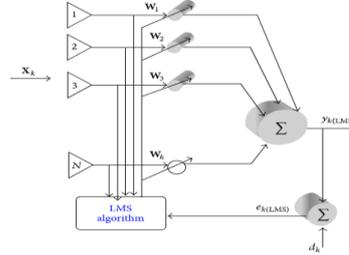
$$w(n+1) = w(n) + \mu x(n)[d^*(n) - x^H(n)w(n)]$$

حيث، μ هي معامل حجم الخطوة و ∇_w هو التدرج لسطح الأداء. يشير $w(n+1)$ إلى الوزن المحسوب في التكرار $(n+1)th$ حيث μ هو ثابت الكسب الذي يتحكم في معدل التكيف، أي مدى سرعة ومدى اقتراب الأوزان المحسوبة من الأوزان المثلى. يعتمد تقارب الخوارزمية على القيمة الذاتية eigenvalue لـ R (مصفوفة ارتباط الصفيف).

2-4- الخوارزمية المقترحة باستخدام الشبكات العصبونية

الخوارزمية المقترحة في هذا البحث تعتمد على استخدام الشبكات العصبونية من أجل إعطاء قيم بدائية للأوزان المستخدمة ضمن خوارزمية LMS، كون جميع الأبحاث والخوارزميات السابقة تعتمد على إعطاء الأوزان قيم صفرية مما يجعل مربع الخطأ الناتج عن الإشارة

باستخدام تدريب تسلسلي (مرحلي) أو اتجاه القرار وأيضاً إشارة مرجعية.



الشكل (2-4) تمثيل خوارزمية LMS ضمن الصفيف المتكيف

من الشكل 2-4، تكون الإشارة $d(t)$ هي الإشارة المرجعية. تكون الإشارة المرجعية متطابقة مع الإشارة المرغوبة (المستقبلية) $x(k)$ أو ترتبط ارتباطاً وثيقاً بـ $x(k)$ وغير مرتبطة بإشارات التداخل $i_n(k)$ ، الإشارة $\varepsilon(t)$ هي إشارة الخطأ بحيث

$$\varepsilon(t) = d(t) - w^H x(t)$$

حيث W^H منقول Hermitian للمصفوفة (المصفوفة الهرميتينية) ويعطى الخطأ التربيعي بالعلاقة:

$$|\varepsilon(t)|^2 = |d(t) - w^H(t)x(t)|^2$$

ويتم إعطاء تابع الكلفة بإهمال الاعتماد على الزمن بالعلاقة:

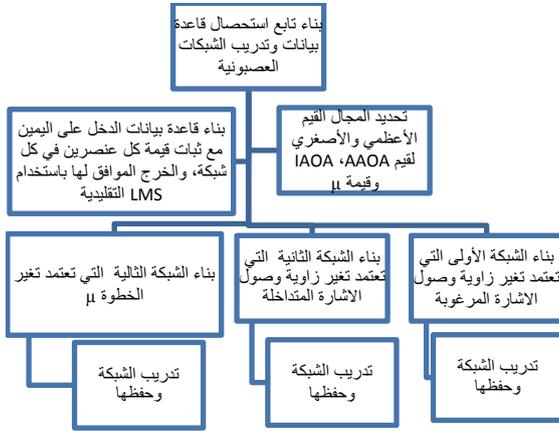
$$J(w) = D - 2w^H r + w^H R_{xx} w$$

حيث d قيمة التباعد بين عناصر الهوائي المجاورة، ولكن ضمن تابع الكلفة تم حساب التباعد D من خلال مؤثر التوقع expectation operator لمربع التباعد d من خلال العلاقة:

$$D = E[|d|^2]$$

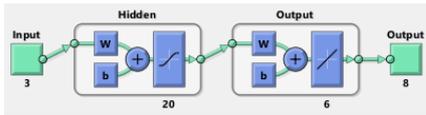
باستخدام طريقة التدرج يكون الحد الأدنى من المعادلة السابقة معطى بالعلاقة:

وتم توضيح عمل الخوارزمية ضمن المخطط الصندوقي ضمن الشكل (4-3).



الشكل (3-4) طريقة بناء وتدريب الشبكات العصبونية واستحصال بيانات التدريب

تم استخدام الشبكات العصبونية متعددة الطبقات ذات التغذية الأمامية [15] الشكل (4-4) وفق المواصفات التالية: طبقة الدخل تحتوي ثلاث عصبونات، طبقة الخرج تحتوي أربع عصبونات (عدد الأوزان المستخدمة أو الانماط)، حجم الطبقة الخفية 20، قيم الأداء Performance النهائي المرغوب (0.0005)، عدد التكرارات 1000 iterations.



الشكل (4-4) بنية الشبكة العصبونية المقترحة

تم اعتماد برنامج MATLAB في تنفيذ خوارزمية LMS التقليدية وتنفيذ الخوارزمية المقترحة، تم بناء برنامجين بما يخص الطريقة المقترحة، يهدف الأول الى تنفيذ خوارزمية LMS من أجل الاستحصال على البيانات التدريبية المذكورة سابقاً وبناء الشبكات العصبونية وتدريبها وتخزينها والثاني يقوم باستدعاء الشبكات المحفوظة سابقاً ويقوم بإدخال قيمة الازاحة الطورية للإرسال والاستقبال والخطوة μ للشبكات الثلاث على التوالي ليكون خرج

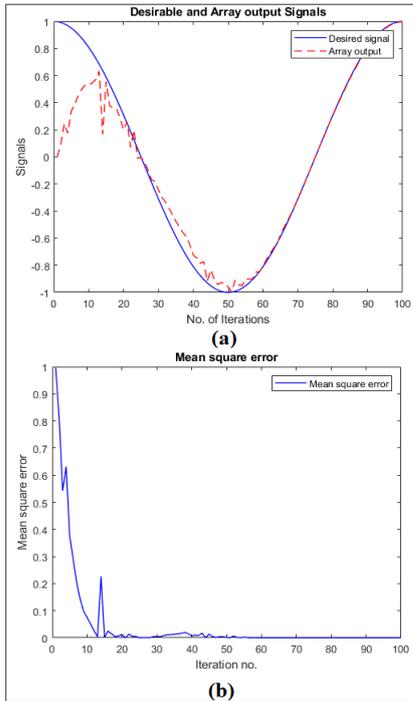
المرغوبة والفعلية كبير أو يبدأ من قيمة 1 في حين تم التغلب على هذه المشكلة ضمن بحثنا باستخدام الشبكات العصبونية. الخطوات الأساسية للخوارزمية ضمن قسم بناء الشبكات العصبونية:

1. استخدام خوارزمية LMS التقليدية لحساب الأوزان مع تغير قيم الازاحة الطورية لكل من الأشعة المرسله والمستقبله والخطوة μ .
2. بناء ثلاث شبكات عصبونية
 - (الشبكة 1) **دخلها** هو زاوية وصول الإشارة المرغوبة AAOA مع ثبات زاوية الوصول للإشارة المتداخلة IAOA والخطوة μ ، **والخرج** هو الأوزان الموافقة.
 - (الشبكة 2) **دخلها** زاوية الوصول للإشارة المتداخلة مع ثبات زاوية الوصول الإشارة المرغوبة والخطوة μ ، **والخرج** هو الأوزان الموافقة.
 - (الشبكة 3) **دخلها** الخطوة مع ثبات زاوية الوصول للإشارة المتداخلة والخطوة μ **والخرج** هو الأوزان الموافقة.
 - **الخرج** الموافق للدخل في جميع الشبكات هو الأوزان المحسوبة مسبقاً ولكن مع اختلاف البارامتر المتغير (المذكور أعلاه في كل شبكة) بالاعتماد على LMS، وعلى سبيل المثال في الشبكة (1) يتم توليد قاعدة بيانات من ثلاثة أعمدة البارامترين الثابتين والبارامتر المتغير (هو زاوية وصول الإشارة المرغوبة AAOA) وعدد الأسطر يدل على عدد العينات المولد.
3. تدريب الشبكات على بيانات الدخل والخرج، حيث تم تدريب كل شبكة على الدخل والخرج الخاص بكل شبكة. حيث كل شبكة تم تدريبها على 100 عينة دخل وما يقابلها من خرج كقيم أوزان (خرج خوارزمية LMS).

5- النتائج والمناقشة:

تم تنفيذ خوارزمية LMS التقليدية لصفيف هوائي ذكي ذو 4 عناصر ($N=4$)، وبزاوية وصول للإشارة المرغوبة 45° وزاوية إشارة متداخلة 20° ومعامل $\mu=0.03$ ، وبيّن الشكل (5-1) نتيجة التنفيذ حيث (b) تم الحصول على إشارة ذات خطأ تربيعي كبير واحتاج الى عدة تكرارات للوصول الى حالة الاستقرار والانعدام الخطأ التربيعي ويوضح (a) الفرق بين الإشارة المرغوبة والمتولدة من الصفيف. وكانت قيمة الأوزان للعناصر الأربعة:

$$\begin{aligned} w_1 &= 0.24649+0.018514i \\ w_2 &= -0.13769+0.21238i \\ w_3 &= -0.0489-0.24829i \\ w_4 &= 0.23578+0.074409i \end{aligned}$$



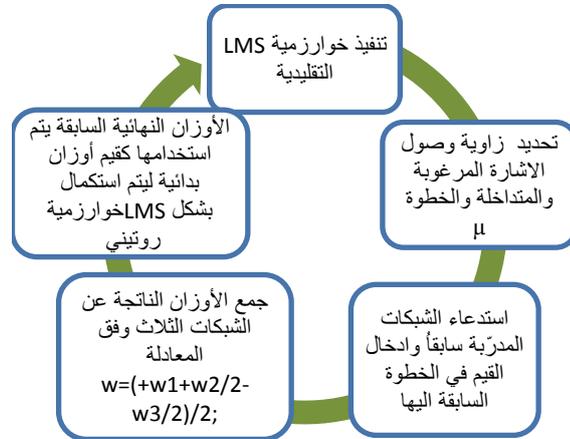
الشكل (5-1) نتيجة تطبيق خوارزمية LMS التقليدية

كذلك قمنا بتنفيذ خوارزمية LMS المقترحة باستخدام الشبكات العصبونية لصفيف هوائي ذكي ذو 4 عناصر

الأوزان لهذه الشبكات هو القيم البدائية لأوزان خوارزمية LMS الحالية المستخدمة وتم توضيح ذلك في الشكل (4-5). في الخطوة الثالثة نقوم بحساب الخرج المتوقع للأوزان ضمن كل شبكة عصبونية (ثلاث شبكات عصبونية في الفقرة 4-2) بالتالي سينتج لدينا ثلاث أوزان مختلفة، ولكن تجريبياً وبعد الاختبار على كبير من الحالات تبين لدينا أن المعادلة التالية توفر قيمة وسطية للأوزان الناتجة عن خرج الشبكات العصبونية وتوفر خرج ذو كفاءة عالية:

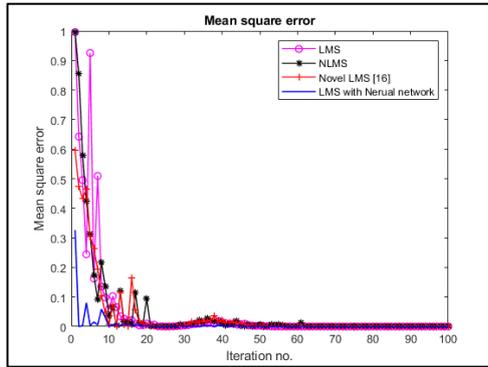
$$w = \frac{(w_1 + \frac{w_2}{2} - \frac{w_3}{2})}{2}$$

لايوجد استخدام سابق لهذه المعادلة أو مرجع يوفر أساس استخدامه، لأن هذه المعادلة أتت نتيجة بحث موسّع من قبل الباحث واختبار سيناريوهات محاكاة رياضية موسّعة للعديد من الشروط والبارامترات الافتراضية ليصار في النهاية لاعتماد هذه المعادلة مع الشبكة العصبونية الاصطناعية بشكلها الأمثل.



الشكل (5-4) مخطط يوضح استخدام الشبكة العصبونية داخل LMS التقليدية

التقارب ولديها حوالي 92.5% من التحسين على خوارزمية LMS الكلاسيكية و LMS المعممة (NLMS)، والشكل (3-5) يظهر مقارنة خرج الخوارزمية المستخدمة في بحثنا مع تنفيذ الطرق المقترحة في البحث [16] ضمن نفس الشروط (مصنوفة ذو أربع عناصر مسافة تساوي الى $\lambda/2$) ويظهر تفوقها في قيمة الخطأ البدائي والذي يعبر عن خرج سلس ومتقارب جداً مع الإشارة المرغوبة.



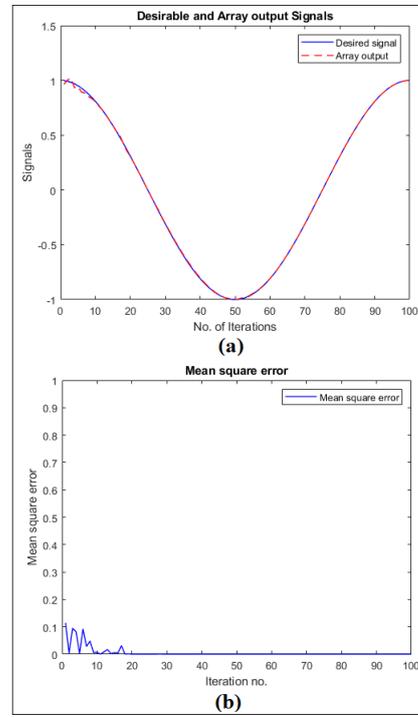
الشكل (3-5) يظهر مقارنة نتائج طرق البحث [16] مع LMS المعدلة ضمن نفس الشروط.

الجدول (1-5) يظهر مقارنة النتائج من حيث قيمة الخطأ الأولى وعدد التكرارات بين طرق البحث [16] و LMS المقترحة مع الشبكات العصبونية ضمن نفس الشروط.

عدد التكرارات اللازمة للاستقرار النهائي	الخطأ الأولي	الطريقة المستخدمة
40	1	LMS
40	1	NLMS
35	0.6	Novel LMS [16]
18	0.32	الخوارزمية المقترحة LMS with NN

($N=4$)، ويزاوية وصول للإشارة المرغوبة 45° وزاوية إشارة متداخلة 20° - ومعامل $\mu=0.03$ ، يبين الشكل (2-5) نتيجة التنفيذ حيث (b) تم الحصول على إشارة ذات خطأ تربيعي صغير بنسبة 85% واحتاج الى أقل من 20 جيل للوصول الى حالة الاستقرار والانعدام بالسنة للخطأ التربيعي وبوضوح (a) الفرق بين الإشارة المرغوبة والمتولدة من الصيف. وكانت قيمة الأوزان للعناصر الأربعة:

$$\begin{aligned} w_1 &= 1 \\ w_2 &= -0.54861 + 1.5701i \\ w_3 &= -1 - 1.0732i \\ w_4 &= 0.80209 - 0.050614i \end{aligned}$$



الشكل (2-5) نتيجة تطبيق خوارزمية LMS باستخدام الشبكات العصبونية

وبالمقارنة مع بحث [16] الذي اقترح خوارزمية LMS جديدة تنتج أداءً مرضياً في 6 تكرارات. حيث استخدم نموذج جديد يتكون من وحدتين LMS، وحدة سرعة عكسية واحدة ووحدة سرعة. تظهر النتائج التجريبية في البحث [16] أن خوارزمية LMS الجديدة متفوقة في معدل

Part 1. Overview and antenna design." IEEE Antennas and Propagation Magazine 44.3 (2002): 145-154.

13. Ismail, M. M., et al. "STUDY AND ANALYSIS OF AN ADAPTIVE BEAMFORMING FOR SMART ANTENNA USING LMS ALGORITHM." Telecommunications and Radio Engineering 79.5 (2020).
14. Guama Shulle, Jackline Alphonse. Improving the Performance of Medium Access Control Protocols for Mobile Adhoc Network with Smart Antennas. Diss. UNIVERSITI TEKNOLOGI PETRONAS, 2008.
15. Sivanandam, S. N., and S. N. Deepa. Introduction to neural networks using Matlab 6.0. Tata McGraw-Hill Education, 2006.
16. Bakhar, Md. "A novel LMS beamformer for adaptive antenna array." Procedia Computer Science 115 (2017): 94-100.

Received	2020/8/11	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2021/4/7	قبول البحث للنشر

6- المراجع

1. Kasim, A. Nezh. "A Survey Mobility Management in 5G Networks." arXiv preprint arXiv: 2006.15598 (2020).
2. Sedani, Bhavin S., Komal R. Borisagar, and Rohit M. Thanki. "Introduction to WiMAX System." WiMAX Modeling: Techniques and Applications. Springer, Cham, 2020. 1-11.
3. Wang, Weijiang. "Research on Smart Antenna System Based on Beamforming Algorithm." MS&E 782.4 (2020): 042049.
4. Dakulagi, Veerendra, and Mohammed Bakhar. "Advances in Smart Antenna Systems for Wireless Communication." Wireless Personal Communications 110.2 (2020): 931-957.
5. Seo, Seung Mo. "Design and analysis of controlled reception pattern antenna arrays." Electromagnetics 40.2 (2020): 119-136.
6. A. Senapati, and J. S. Roy, "Beam-forming and beam-shaping in smart antenna-A comparative study between least mean square and recursive least square algorithms", International Journal of Microwave and Optical Technology (IJMOT), vol. 10, no. 4, pp. 232-239, July 2015.
7. K. Ghatak, A. Senapati, and J. S. Roy, "Investigations on adaptive beamforming for linear and planar smart antenna arrays using sample matrix inversion algorithm", Intl. Journal of Comp. Applications, vol. 117, pp. 47-50, 2015.
8. Jalal, Babur, et al. "Fast and Robust Variable Step Size LMS Algorithm for Adaptive Beamforming." IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters (2020).
9. A. Senapati, and J. S. Roy, "Adaptive beam formation in smart antenna using Tchebyscheff distribution and variants of least mean square algorithm", Microwave Review, vol. 22, no. 1, pp. 11-16, Aug. 2016.
10. M. Bairagya, A. Senapati, and J. S. Roy, "Performance of LMS and Variable Step-size LMS algorithms in adaptive smart antenna for mobile communication", International Conference on Modelling, Computing and Technological Innovations (ICMCTI), UIT Burdwan, pp.205-211, 2017.
11. Gao, Junqi, et al. "Beamforming Technique Based on Adaptive Diagonal Loading in Wireless Access Networks." Ad Hoc Networks (2020): 102249.
12. Bellofiore, Salvatore, et al. "Smart-antenna systems for mobile communication networks.

7-المصطلحات:

المصطلحات باللغة الإنجليزية	المصطلحات باللغة العربية
multipoint wireless networking	الشبكات اللاسلكية متعددة النقاط
Broadband	مجال واسع
ETSI HiperMAN	شبكة منطقة العاصمة الراديوية عالية الأداء
base station	المحطة الأساسية
random fading	التضاؤل العشوائي
SISO	أنظمة الدخل والخرج الفردي
signal to noise ratio (SNR)	نسبة الإشارة إلى الضوضاء
Least Mean Squares (LMS)	خوارزمية المتوسط التربيعي الأصغري
Beam forming	تشكيل الحزمة
NLMS	LMS المعممة
VSSLMS	LMS ذو حجم خطوة متغير
Smart Antenna Systems	أنظمة الهوائيات الذكية
Multiple input multiple output (MIMO)	أنظمة الإدخال المتعدد والإخراج المتعدد
Diversity Schemes	مخططات التنوع
spatial processing technique	تقنية المعالجة المكانية
Radial Basis Function neural network	الشبكة العصبية المعتمدة على الأساس الشعاعي
Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM)	مضاعفة تقسيم التردد المتعامد
MUltiple SIgnal Classification (MUSIC)	خوارزمية تصنيف الإشارات المتعددة
Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques (ESPRIT)	تخمين بارامترات الإشارة باستخدام تقنيات الثبات الدوراني
Spatial Division Multiple Access (SDMA)	الوصول المتعدد للتقسيم المكاني
Time-division multiple access (TDMA)	الوصول المتعدد للتقسيم الزمني
Variable Step-Size Least Mean Square (VSLMS)	خوارزمية المتوسط التربيعي الأصغري ذو حجم الخطوة المتغير
Sample Matrix Inversion (SMI)	خوارزمية انعكاس مصفوفة عينة
Recursive Least Square (RLS)	خوارزمية التربيع الأقل العودية
Additive white Gaussian noise (AWGN)	الضجيج الغاوسي الأبيض المضاف