مجلة جامعة الملك سعود ، م١٢، العلوم الهندسية (١)، ص ص ١-١٨(١٤٢٠هـ/٢٠٠٠م)

تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية في الهندسة الإنشائية: نظرة عامة

عبـــاس برايـــس

قسم تقنية التشييد، الكلية التقنية بأبها، ص. ب. ٢٣٨ أبها، المملكة العربية السعودية

(أستلم في ٢/١١/ ١٩٩٨م، وقبل للنشر في ١/٢/ ١٩٩٩م)

ملخـــص البحـــث. تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية نوع من الخوارزميات للمهمّاتِ الإدراكيةِ مثل التعلم learning وإيجاد الحل الأمثل optimization. وكذلك لها المقدرةُ على أنْ تَتعلّمَ وتُعمّمَ من الأمثلةِ بدون معرفة القواعد. وقد أصبحت الأبحاث في الشّبكاتِ العصبيةِ الاصطناعية وتطبيقاتها في الهندسة الإنشائيةِ كثيرة وفي تزايد ولكنها مازالت محدودة.

الهدفَ من هذا البحث هو تقديم نبذة عن تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial Neural Network والطرق الرياضية المستعملة في تدريبها للتعلم. كذلك تلخيص فوائد هذه التقنية وسلبياتها مع تقديم بعض تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية في مجال الهندسة الإنشائيةِ ومستقبل هذه التقنية في حل مسائل الهندسة المدنية.

مقدمة

إن الشبكات العصبية الاصطناعية عبارة عن تقنيات حديثة تعتمد على التعلم باستعمال طرق رياضية خاصة. وهي عبارة عن العديد من العناصرِ الحسابيةِ اللاخطّيةِ التي تشكل عُقَد الشّبكةَ العصبية الاصطناعية. تُحاولُ الأبحاث في نظم الشبكاتِ العصبيةِ الاصطناعية (ANNs) أنْ تحاكي وظائف الخلايا

العصبية neurons للدّماغ الإنساني. إنّ نّظامَ الخلايا العصبيةَ للإنسان يتركب من عددٍ كبير من الخلايا العصبية التي تتخاطب أو ترسل وتستقبل المعلومات (على شكل إشارات) فيما بينها. الشبكات العصبية الاصطناعية لها المقدرةُ أنْ تَتعلّمَ وتُعمّمَ من الأمثلةِ بدون معرفة القواعد.

لقد تطورت الأبحاث في تطبيق الشبكات العصبية الاصطناعية في مختلف المجالات مثل التجارة ، الطب ، الصناعة ومجالات أخرى [١ ؛ ٢]. إن مبدأ الشبكات العصبية الاصطناعية يختلف عن مبدأ البرمجة التقليدية أو الاعتيادية، حيث إن الأخيرة معرضة للخطأ ولا يمكن أن تقوم بتصحيح الخطأ والعكس صحيح بالنسبة للأولى. وتعتمد الشبكات العصبية الاصطناعية على التدرب على إيجاد الحلول إذا أدخلت عليها المعطيات والحلول لمسألة معيّنة.

لقد استعملت الشبكات العصبية الاصطناعية فى حل بعض المسائل في الهندسة المدنية مثل تقويم التصدعات في الجسور الخرسانية [٣]، تصميم البلاطات من الخرسانة المسلحة [٤]، وتطبيقات إنشائية أخرى [٥].

في هذا البحث نقدم نبذة عن تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية وبعض الطرق الرياضية المستعملة في تدريبها للتعلم. بعد ذلك يعرض البحث بعض تطبيقات هذه التقنية في مجال الهندسة الإنشائية ومستقبلها في مجال الهندسة المدنية.

مبدأ الشبكات العصبية الاصطناعية

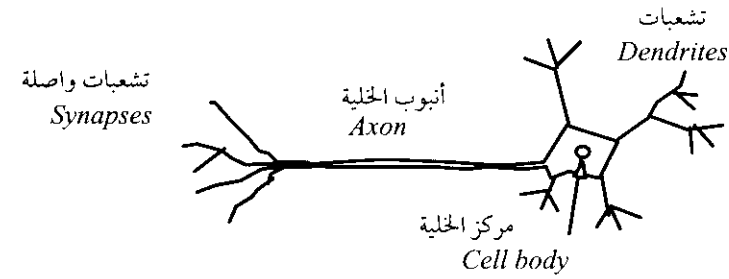
من الناحية الحسابية ، إن الشبكات العصبية الاصطناعية تتكون من عددٍ كبيرٍ من وحداتِ المعالجة (أو العقد) المتصلة مع بعضها البعضِ. تستقبل كل معالجة وحدةٍ (أو عقدة) الإدخالَ من الوحداتِ الأخرى وتقوم بأداء عمليةَ حسابية وترسل النّاتج إلى مُعَالَجَةِ وحدةٍ أخرى. تُؤدّي كل معالجة وحدة (أو عقدة) في الشبكةِ

العصبيةِ العمليات الحسابية بشكل مستقل عن العقد الأخرى، وبالتالي فإن الشبكات العصبية الاصطناعية توفر التركيب المتوازي بالنسبة للمعالجة الحسابية.

إنّ التركيب البيولوجي لخلية عصبية (حقيقية) neuron هو مبين في الشكل رقم (١)، يدعى الجزءَ المركزيَ جسم الخليةَ ويتفرع منه عدة تفرعات أو تشعبات تعرف بإسم dendrites، ومن وسط الخلية يتفرع اللّيف الأنبوبي الوحيد الذي بدوره يتفرع منه عدة تشعبات واصلة تعرف بإسم synapses التي تربط الخلايا مع بعضها البعض.ويقوم الليف الأنبوبي بإرسال الإشارات من الخلية العصبية إلى الخلايا الأخرى المجاورة. ودورdendrites هو استقبال الإشاراتِ من الخلايا العصبية المجاورة.

المسائل التي هي أكثر مناسبة لتطبيقاتِ الشبكات العصبية الاصطناعية هي [٦]:

- المسائل التي تعتمد على بياناتُ كثيرة ومركزة ومعايير متعددةِ
- المسائل الغنية بالبياناتِ التّاريخيةِ أو الأمثلةِ السابقة.
- المسائل التي تتصف ببيانات ناقصةُ أو صاخبة أو تحتوى على أخطاء
- المسائل التي ليس لها حل عن طريق معادلات رياضية أو الدالة الرياضية تكون مجهولة.

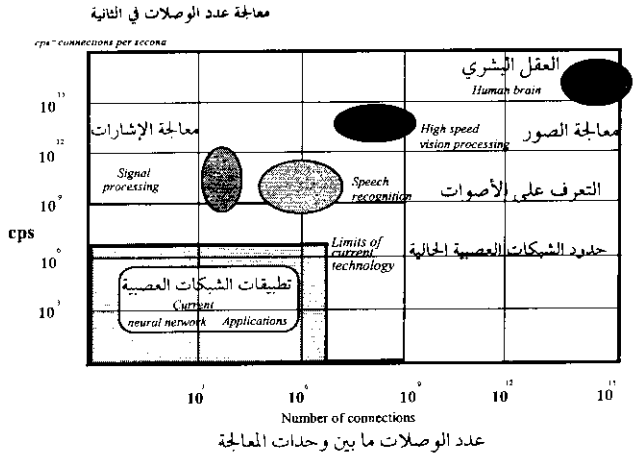


شكل رقم (١) التركيب البيولوجي لخلية عصبية حقيقية (neuron)

بنية الشبكات العصبية الاصطناعية

إن الشبكات العصبية الاصطناعية عبارة عن وحدات معالجة متصلة مع بعضها البعض بحيث تكوّن شبكة معقدة التركيب. والشبكات العصبية الاصطناعية لها القدرة على التعلم والتعميم من الأمثلة بدون وجود قواعد معينة. ويرجع البحث في الشبكات العصبية الاصطناعية إلى كل من McCulloch وPitts [٧] . لقد استعملت الشبكات العصبية الاصطناعية في عدة مجالات مثل التعرف على الأصوات speech recognition [٨] ، معالجة الصور image processing [٩]، التصنيف classification [١٠] ، التحكم الآلي robotics [١٠] والتجارة ، الخ.

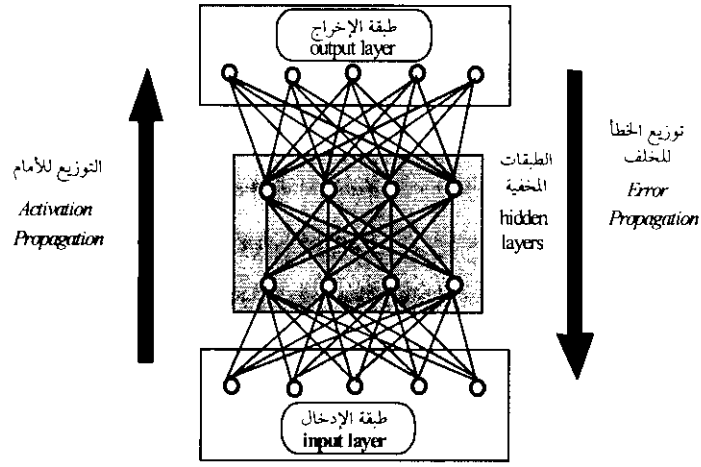
إن نظرية الشبكات العصبية الاصطناعية تعتمد على محاكاة الخلايا العصبية في دماغ الإنسان. حيث إن متوسط دماغ الإنسان يمكن أن يحتوى على حوالي 10^{11} من الخلايا العصبية المتشابكة مع بعضها البعض [٨] وأن يقوم بمعالجة عدد 10^{16} من الوصلات في الثانية كما هو مبين في الشكل (٢)، وتقوم هذه الخلايا بإصدار واستقبال أوامر من باقي أجزاء الجسم عن طريق الأعصاب إلى الدماغ لأداء وظيفة معينة في الجسم. إن عدد الخلايا (أو الوحدات) في الشبكات العصبية



شكل (٢) تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية [١١]

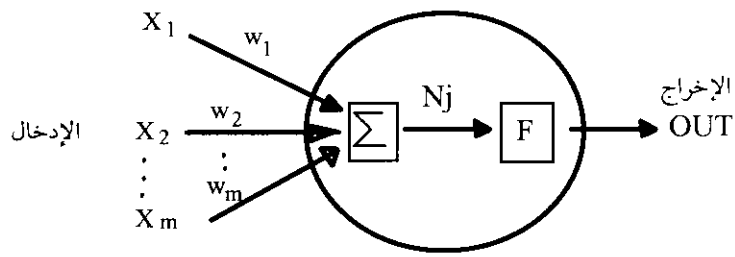
الاصطناعية أقل بكثير مقارنة مع الخلايا العصبية في دماغ الإنسان حيث إنه يمكن أن يصل إلى حوالي ١٠٠٠ وحدة و٣٠٠٠٠٠ وصلة [١١]. مثال على تطبيق الشبكات العصبية الاصطناعية هو التعرف على كتابة اليد التي تحتاج إلى حوالي واحد مليون من الوصلات وسرعة المعالجة تقدر بـ ٥٠ مليون عملية في الثانية، وكما هو مبين في الشكل (٢) فإن التعرف على الكلام المنطوق (حوالي ١٠٠٠٠ كلمة) يحتاج إلى حوالي ٣ ملايين وصلة وسرعة معالجة تقدّر بـ ٣٠٠ مليون عملية في الثانية. ويعتمد عدد الوحدات الاصطناعية على نوعية المسألة المراد حلها وصعوبتها.

هناك عدة تركيبات بنيوية أو هياكل topology للشبكات العصبية الاصطناعية نذكر منها [١٢]: شبكة "بولتزمان" Boltzmann، شبكة "هوبفيلد" Hopfield، شبكة التوزيع للخلف Back-propagation، الخ. وتعتبر شبكة التوزيع للخلف أكثر استعمالا من طرف الباحثين في هذا المجال. ويعتمد هيكل الشبكة على عدد الطبقات layers وعدد الوحدات المعالجة في كل طبقة. وليس هناك قاعدة عامة لمعرفة أو إيجاد البنية الأفضل للشبكة العصبية الاصطناعية لمسألة معينة وهي تعتمد على التجربة. مثال على تركيبة شبكة التوزيع للخلف موضح في الشكل (٣) حيث إن الشبكة الاصطناعية تتكون من طبقة إدخال، عدد من الطبقات الخفية وطبقة الإخراج، وتحتوي كل طبقة على عدد معين من الوحدات التي تتبادل المعلومات مع وحدات أخرى. تحتوي طبقة الإدخال على وحدات إدخال، تحتوى الطبقات الوسطية (أو المخفية) على عدد معين من الوحدات، وتحتوي طبقة الإخراج (الناتج) على وحدات الإخراج (انظر شكل ٣). حيث إن الإدخال الأولي للمعلومات يكون عن طريق طبقة الإدخال والنتيجة أو الحلول عن طريق طبقة الإخراج.



شكل (٣). بنية الشبكة العصبية الاصطناعية (طريقة التوزيع للخلف)

هناك وصلة أو وصلات ما بين الوحدات المختلفة وهذه الوصلات تكون متزنة باستعمال أرقام معينة (الوزن) (w_i) ويكون الإدخال الى الخلية أو الوحدة كالتالي [١٣] (انظر شكل ٤):



$$OUT = Fj(Nj)$$

شكل (٤) طريقة المعالجة داخل وحدة اصطناعية (processing unit)

$$input = \sum_i w_i x_i$$

ويعتمد الإدخال input إلى الوحدة على قيمة الوزن weight (w_i) وقيمة الإدخال الأولي (x_i). ويتم، في معظم الأحيان، تحويل قيمة الإدخال بحيث تصبح محصورة ما بين القيمة ٠ و١ باستعمال المعادلة الرياضية التالية:

$$x_i = (X_i - X_{min})/(X_{i\,max} - X_{i\,min})$$

بحيث (x_i) تمثل قيم مجموعة الإدخال بعد التحويل للإدخال الأولى (X_i)، $X_{i\,min}$ و$X_{i\,max}$ هما القيمة الصغرى والكبرى على التوالي في مجموعة الإدخال.

قيمة الإخراج من الوحدة يعتمد على مدخل الدالة الرياضية thresholding function المستعملة، وأكثر الدوال المستعملة في هذه الحالة هي الدالة الأسية sigmoid function بحيث يكون قيمة الإخراج حسب المعادلة التالية [١٣]:

$$output = 1/(1+e^{-knet})$$

$$knet = k\sum(weighted\ inputs)$$

حيث إن k هو دليل رقمي index محصور ما بين ٠ و١ وهو يؤثر على قيمة الإخراج.

الهدف من استعمال الشبكات العصبية هو إيجاد أفضل تركيبة بنيوية topology optimal للشبكة بحيث يمكن أن تتعلم من المعطيات وتستنتج الحلول للمسألة بأقل خطأ. وليس هناك قاعدة عامة لمعرفة أو إيجاد البنية الأفضل للشبكة العصبية لمسألة معينة وهي تعتمد على التجربة والخطأ trial and error [١٤؛ ١٥].

تدريب الشبكات العصبية الاصطناعية

تقوم عملية تدريب الشبكات العصبية الاصطناعية بتغيير قيمة الوزن الرقمي weights حتى الحصول على النتائج بأقل خطأ، وهذا يتطلب معرفة قيمة الإخراج لمعرفة قيم الإدخال المستعملة خلال فترة تدريب الشبكة. ويعتمد تدريب الشبكة العصبية على نوع المسألة المراد حلها وقيمة الخطأ في الإخراج وكذلك وجود مجموعة من قيم الإدخال والإخراج للمسألة المراد حلها لاستعمالها لتدريب الشبكة. ويمكن حساب قيمة الخطأ SSE بالعلاقة التالية [١٣]:

$$SSE = \frac{1}{p}\sum_{p}\sum_{m}(t_i - o_i)^2$$

حيث إن t_i قيمة الإخراج الحقيقية أو المثالية، o_i قيمة الإخراج الحالية (المحسوبة)، m عدد وحدات الإخراج وp عدد المحاولات لتدريب الشبكة. عندما تصبح قيمة الخطأ SSE قريبة من القيمة المسموح بها فإن تدريب الشبكة الاصطناعية يتوقف. وهناك عدة خوارزميات رياضية تستعمل في تدريب الشبكات العصبية الاصطناعية، ومن أهم هذه الخوارزميات هي قاعدة "دلتا" Delta rule [١٦] وتعرف كذلك باسم خوارزمي توزيع الخطأ للخلف back-error propagation algorithm، والذي يقوم بتعديل قيمة الوزن weight بالنسبة للوصلات بحيث يمكن للشبكة العصبية تقويم أو إيجاد الحلول باستعمال أمثلة معروفة.

ولا توجد قاعدة عامة تعطي عدد الوحدات في الطبقة المخفية hidden layer، ويمكن تقدير عدد الوحدات في الطبقة المخفية حسب العلاقة التالية [١٧]:

$$h = m(p-1)/(n+m+1)$$

حيث إن h هو عدد الوحدات (العقد) في الطبقة المخفية، m هو عدد قيم الإخراج، n هو عدد قيم الإدخال، وp هو عدد أزواج التدريب.

التطبيقات في الهندسة الإنشائية

هناك عدة تطبيقات للشبكات العصبية الاصطناعية في الهندسة الإنشائية، وقد بدأت هذه التطبيقات بنماذج بسيطة لحل بعض المسائل البسيطة وتطورت إلى يومنا هذا إلى نماذج أكثر تعقيدا. وتعتبر معظم التطبيقات نظرية بحثية أكثر منها تطبيقية، أي لم تستخدم في الميدان العملي. ونعرض بعض النماذج التي طورت في التصميم الإنشائي، التحليل الإنشائي، وتقويم الأضرار في المباني.

التصميم الإنشائي

لقد استعملت الشبكات العصبية الاصطناعية في نمذجة model مراحل التصميم الإنشائي الأولي [١٨]، وتم تطوير نظام متعدد الطبقات لتصميم كمرة

من الخرسانة المسلحة ، واستعمل في هذا النظام طبقتين مخفيتين مع ٨ وحدات في طبقة الإدخال. واستعمل طول الكمرة والوزن الذاتي للكمرة والوزن المتحرك كمتغيرات إدخال ، أما طبقة الإخراج فتحتوى على ٥ وحدات وهي : مساحة حديد التسليح ، سمك وعرض الكمرة ، قيمة العزم ، والتكلفة.

نظام آخر [١٩] استعمل فيه هيكل شبكة النشر للخلف لتقويم الخواص الميكانيكية لوصلة من الفولاذ شبه صلبة semi-rigid ، والمتغيرات المستعملة في تدريب الشبكة العصبية هي : عدد المسامير اللولبية ، زاوية الوصلة ، سمك وطول الصفيحة الحديدية. يتمثل الإخراج بالنسبة للشبكة في إيجاد منحنى العزم وزاوية الدوران بالنسبة للوصلة الفولاذية.

واستعمل "شان" [٢٠] الشبكات العصبية الاصطناعية في تحليل المنشآت ودراستها تحت تأثير الحمل الديناميكي ، ويتكون نظام الشبكة من جزأين : الجزء الأول عبارة عن شبكة المحاكاة emulator التي تمثل المنشأ المراد التحكم فيه ، والجزء الثاني عبارة عن شبكة الأداء neural action network التي تحدد نوعية التحكم control action على المنشأ. واستعمل في هذا النظام طبقة الإدخال بأربعة وحدات ، والطبقة المخفية تتكون من أربعة وحدات ، وطبقة الإخراج تتكون من وحدة واحدة. ومتغيرات الإدخال للشبكة هي : قيمة الإزاحة في السقف والدور الأرضي ، ويتكون الإخراج في الشبكة من الإزاحة في السقف خلال الفترات الزمنية المتتالية تحت الحمل الديناميكي.

يتكون نظام الشبكة من طبقتين لتصميم الجملونات trusses [٢١] ، نوع الجملون في هذه الدراسة بسيط والهدف من الشبكة الاصطناعية هو اختيار أحسن مساحة مقطع لأعضاء الجملون من الناحية الاقتصادية والتي تحقق شروط الإجهاد الأقصى. متغيرات الإدخال للشبكة هي الحمل الأفقي والعمودي على عقد الجملون ، والإخراج بالنسبة للشبكة هي قيمة مساحة مقطع أعضاء الجملون.

النظـام NEUROFLOOR [٢٢] عبـارة عـن شـبكة عصبيـة اصطناعيـة لمسـاعدة المـهندس المدنـي في تصميـم قضبـان حديـد التسـليح لروافـد البلاطـات joist flooring systems. متغيرات الإدخال هي: طول الرافدة joist length، المسافة ما بين الروافد والحمل الحي. ومتغيرات النـاتج للشـبكة تتمثـل في نـوع قضبـان الحديـد المسـتعملة ومقاسـها في الروافـد. وقـد طـور نظـام NEUROFLOOR باسـتعمال البرنـامج Neuro Shell 4.1 [٢٢] الـذي يسـتخدم شـبكة عصبيـة بطبقـة واحـدة مخفيـة مـع التوزيـع للخلـف.

طور نظام شبكة التوزيع للخلف لنمذجة سلوك الخرسانة [٢٣] في حالة الإجهاد بمستوplane stress تحت تأثير حمل ساكن أحادى الاتجاه loading monotonic وتحت تأثير حمل ضغط متردد أحادى الاتجاه uniaxial cyclic loading. وتتكون طبقة الإدخال من ستة وحدات معالجة، ووحدتين في طبقة الإخراج. متغيرات الإدخال هي: قيمة الإجهاد، الانفعال وقيمة الزيادة في الإجهاد، أما متغيرات الإخراج فهي قيمة الزيادة في الانفعال.

التحليل الإنشائي

قـام كـل مـن Flood وKartam [٢٤] بتقديـم نبـذة عـن المفـهوم النظـري واسـتعمالات الشـبكات العصبيـة الاصطناعيـة في التحليـل الإنشـائي. وقامـا بدراسـة تأثير كـل مـن عـدد الطبقـات المخفيـة، عـدد الوحـدات المعالجـة، نوعيـة التدريـب وسـرعة المعالجـة علـى سـلوك الشـبكة. واسـتخلصا النتيجـة التاليـة وهـي أن نجـاح الشـبكة العصبيـة في إعطـاء نتـائج معقولـة يعتمـد علـى نـوع متغـيرات الإدخـال المسـتعملة في تدريـب الشـبكة العصبيـة، بنيـة الشبكةوشـكلها، طريقـة تدريـب الشبكة وطريقة تفسير الإخراج مـن الشـبكة.

اسـتعمل نظـام شـبكي [٢٥] لحسـاب عـزم المقاومـة ومعـامل الصلابـة secant stiffness لوصلـة فولاذيـة steel connection، متغـيرات الإدخـال هـي: سمـك مقطـع الوصلـة، سمـك جنـاح الضغـط (شـفة) flange، عـرض العمـود والكمـرة، عَـدد

المسامير اللولبية وسمك الصفيحة المعدنية للوصلة. متغيرات الإخراج هي العزم الأقصى ultimate moment وزاوية دوران الوصلة. وتتكون الشبكة من ٧ وحدات معالجة في طبقة الإدخال وطبقتين مخفيتين بإحدى عشر وحدة معالجة ووحدتين في طبقة الإخراج.

واستعملت الشبكات العصبية الاصطناعية في نمذجة هياكل إنشائية متعددة الطوابق وتحليلها [٢٦] تحت تأثير الحمل الميت وقوى الرياح. وتمت دراسة تأثير تركيب الشبكة وقيم الإدخال، الإخراج والتدرب على سلوك الشبكة. وتتكون الشبكة من طبقة الإدخال بأربعة وحدات، طبقة واحدة مخفية وطبقة الإخراج بثلاثة وحدات. متغيرات الإدخال تتكون من: المسافة ما بين الأعمدة، ارتفاع الطابق، عزم العطالة لكل من الكمرة والعمود. متغيرات الإخراج تتكون من: الإزاحة في الهيكل الإنشائي ومحصلة الإجهاد في الكمرة والعمود.

وقد طوّر "خان" [٢٧] نظام شبكة عصبية للاستعمال في نظرية العناصر المتناهية، ويقوم النظام بتوليد شبكة العناصر المتناهية FEM في المنشأ. وقد استعملت طريقة التوازي parallelisation لتسريع المعالجة في الشبكة العصبية. متغيرات الإدخال للشبكة العصبية هي: المعلومات الخاصة بشكل geometry العناصر المتناهية وشبكة توزيع نقاطها FEM. يتمثل الإخراج في عدد العناصر المتناهية المستعملة للتحليل الرياضي.

استعمل نظام آخر في نمذجة العناصر المتناهية FEM لتقويم الإزاحة القصوى للجدران الساندة للتربة [٢٨]، المعلومات المستعملة لتدريب الشبكة العصبية مأخوذة من نتائج تحاليل برامج العناصر المتناهية من أمثلة سابقة. والشبكة العصبية تتكون من طبقة إدخال بسبعة وحدات معالجة وطبقة مخفية بثلاثة وحدات وطبقة إخراج بوحدة واحدة.

استعمل نظام شبكة عصبية في نمذجة ومعرفة قوة الأعمدة النحيفة pin-ended slender column من الخرسانة المسلحة [٢٩]، واستعملت الشبكة العصبية

في معرفة العلاقة ما بين قيم الإدخال وقيمة قوة العمود القصوى. واستخدمت نتائج التجارب المعملية على الأعمدة الخرسانية في تدريب الشبكة العصبية الاصطناعية. وتم مقارنة نتائج الشبكة العصبية مع نتائج تحاليل نظرية أخرى فوجدت أنها تعطي نتائج قوة العمود متقاربة مع التحاليل النظرية. وتتكون الشبكة العصبية من طبقة إدخال تحتوى على ٨ وحدات إدخال هي: عرض وسمك العمود، طول العود، سمك القشرة الخارجية للخرسانة، نسبة السمك إلى عرض العود، نسبة حديد التسليح، قوة الخرسانة والحديد، ونسبة طول العمود إلى عرضه. الطبقة المخفية تتكون من ١٢ وحدة وطبقة الإخراج تتكون من وحدة واحدة تمثل مقاومة العمود القصوى ultimate capacity.

تقويم الأضرار في المباني

استعمل نظام شبكة اصطناعية لتقويم الأضرار الإنشائية في المباني [٣٠]، تقوم هذه الشبكة بمعرفة موقع الضرر وتصنيف درجته. تتكون الشبكة من طبقة إدخال لها ٨ وحدات، طبقة مخفية بتسعة وحدات، وطبقة إخراج بوحدتين. ويعتمد تقويم الأضرار في المبنى على المعلومات التي تخص نوع الضرر في المبنى.

استعمل نظام شبكة اصطناعية لتقويم الأضرار في الكمرات الفولاذية المتصدعة [٣١]، وتعتمد طريقة التقويم على القياسات الاهتزازية للكمرة. ودربت الشبكة العصبية باستعمال التردد الطبيعي modes of bending natural frequencies للكمرة، وبنيتها التوزيع للخلف. تتكون الشبكة العصبية من أربعة طبقات: طبقة الإدخال تحتوى على ٥ وحدات معالجة، طبقتين مخفيتين تحتوى على ١٤ وحدة، وطبقة الإخراج تحتوى على وحدتين. متغيرات الإخراج للشبكة العصبية هي موقع التصدع وحجمه.

استعملت الشبكات العصبية في دراسة شروط السلامة وتقويم الأضرار للمباني التي تعرضت لهزات أرضية بفعل الزلازل [٣٢]، الإدخال إلى الشبكة

يتكـون مـن ثلاثـة أنـواع مـن الأضـرار: الإزاحـة القصـوى، الطاقـة المبذولـة في المبنـى dissipated energy، وتدهـور الصلابـة degradation stiffness. الطبقـة المخفيـة تتكـون مـن ٧ وحـدات معالجـة، وقـد اسـتعمل البرنـامج NNICE [٣٣] لتطويـر هـذه الشـبكة الاصطناعيـة.

طـوّر "واطسـون" شـبكة عصبيـة لفحـص الخوازيـق piles ومعاينتـها [٣٤]، وتتكـون الشـبكة مـن طبقـة إدخـال تحتـوى علـى ١٠٢ وحـدة معالجـة، طبقـة مخفيـة بخمسـة عشـر وحـدة. وتقـوم الشـبكة بإيجـاد شـكل الخـازوق مـن معلومـات الطيـف spectrum. متغيرات الإخراج من الشـبكة هـي: الخطـأ في موقـع الخـازوق وطولـه.

الخـــلاصة

تمثـل الشـبكات العصبيـة الاصطناعيـة تقنيـات التعلـم الذاتـي والتـدرب علـى إيجـاد الحلـول لمسـائل معينـة، وتمثـل هـذه التقنيـة نوعـا جديـدا مـن الطـرق الرياضيـة الـتي تحـاول محاكـاة وظـائف العقـل البشـري، ولكنـها في الوقـت الحـاضر مـازالت محـدودة في محاكـاة أهـم وظائفـه. تعتـبر الشـبكات العصبيـة الاصطناعيـة مكملـة لتقنيـات الـبرامج التقليديـة وتسـتعمل لنمذجـة العلاقـة اللاخطيـة مـا بـين متغـيرات المسـألة. تعتمـد قـدرة الشـبكات العصبيـة الاصطناعيـة لحـل المسـائل علـى عـدد الطبقـات والعقـد في الشـبكة.

يمكـن تلخيـص أهـم إيجابيـات تقنيـة الشـبكات العصبيـة الاصطناعيـة في النقـاط التاليـة:

- المقدرة على استنتاج المعلومات من بيانات ناقصة أو صاخبة.
- اكتساب التجربة والمعرفة عن طريق التدرب الذاتي للشبكة وتنظيم المعرفة.
- إمكانية إيجاد الحل الأمثل optimization بسرعة كبيرة.
- الملائمة في حل المسائل التى لا يوجد لها حلول رياضية.

أهم سلبيات الشبكات العصبية الاصطناعية هي :

- تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية مثل "الصندوق الأسود" black box، أي أنها تجد الحلول والنتائج بدون شرح هذه الحلول أو طريقة الوصول إليها.
- الشبكات العصبية الاصطناعية ضعيفة في أداء المعالجة الرمزية symbolic processing.
- لا توجد تقنية شكلية لتطوير الشبكات العصبية الاصطناعية، وبالتالي لا بد من الاستعانة بالتجربة لتصميم وإيجاد أفضل بنية للشبكة العصبية الاصطناعية.
- تعتمد دقة نتائج الشبكة العصبية الاصطناعية بدرجة كبيرة على نوعية التدريب المستعمل.

تم، في هذا البحث، عرض بعض التطبيقات للشبكات العصبية الاصطناعية في الهندسة الإنشائية، ويمكن تلخيصها إلى ثلاثة أصناف من المسائل : مسائل التصنيف classification، مسائل التعميم generalization ومسائل الحل الأمثل optimization. يمكن دمج تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية مع تقنيات النظم الخبيرة expert systems للحصول على نظام ذو تركيبة قوية. إن الشبكات العصبية الاصطناعية تقنية مازالت في حالة البحث والتطوير في مختلف المجالات، وطورت معظم تطبيقات الشبكات العصبية في الجامعات ومراكز البحث وهي مازالت نظرية أكثر منها تطبيقية. أهم التطبيقات التي يتوقع لها نتائج في المستقبل القريب هي : تحليل وتمييز النمط والصور pattern and image analysis، دراسة سلوك المواد material behaviour، التحليل والتصميم الإنشائي structural analysis and design، الرجل الآلي في التشييد robotics in construction، والمساعدة في القرارات الهندسية.

References المـــراجع

[١] Beale, R. and Jackson, T. *Neural Computing – An Introduction*. USA: Adam Hilger, 1991.

[٢] Wasserman, P. D. *Advanced Methods in Neural Computing*. Berlin: Van Nostrand Reinhold, 1993.

[٣] Topping, B.H.V. and Khan, A.I. *Neural Networks and Combinatorial Optimization in Civil and Structural Engineering*. Edinburgh: CIVIL COMP Press, 1993.

[٤] Topping, B.H.V. and Papadrakadis, M. *Artificial Intelligence and Object Oriented Approaches for Structural Engineering*. Edinburgh: CIVIL COMP Press, 1994.

[٥] Flood, I. and Kartam, N. "Neural Networks in Civil Engineering I: Principles and Understanding, II: Systems and Applications." *ASCE, Journal of Computing in Civil Engineering*, 8, No. 2, April (1994), 131-147.

[٦] Soumitra, Dutta. *Knowledge Processing & Applied Artificial Intelligence*. UK: Butterworth Heinnmann Ltd., 1993.

[٧] McCulloch, W. S. and Pitts, W. "A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity." *Bull. Math. Biophys*. Vol. 5 (1943), 115-133.

[٨] Muller, B. J. and Reinhardt, J. *Neural Networks: An Introduction*. Berlin: Spring-Verlag, 1990.

[٩] Werbos, P. "Backpropagation: Past and Future." *Proc. IEEE Int. Conf. on Neural Networks*, Vol. 1, *Inst. of Electrical and Electronics Engrs*. (IEEE), New York (1988), 343-353.

[١٠] Lisboa, P. G. J. *Neural Networks: Current Applications*. London: Chapman & Hall (1992).

[١١] Sietman, J. "Brain Boxes." *PC PRO Magazine*, July (1995), 173-178.

[١٢] Rumelhart, D.E. and McClelland, J.L. *Parallel Distributed Processing, Vol. I, Foundations*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1986.

[١٣] Jenkins, W. M. "An Introduction to Neural Computing for the Structural Engineer." *The Structural Engineer*, 75, No. 3 (1997), 38-41.

[١٤] Hammerstrom, D. "Working with Neural Networks." *IEEE Spectrum*, 34, No. 7, July (1993), 46-53.

[١٥] Hegazy, T., Fazio, P. and Moselhi, O. "Developing Practical Neural Network

Applications Using Back-Propagation." *Microcomputers in Civil Engineering*, 9(1994), 145-159.

[١٦] Adrian, A. Hogood. *Knowledge-Based Systems for Engineers and Scientists*. USA: CRC Press, 1993.

[١٧] Rogers, J. L. "Simulating Structural Analysis with Neural Networks." *ASCE, Journal of Computing in Civil Engineering*, 8, No. 2, April (1994), 252-265.

[١٨] Mukherjee, A. and Deshpande, M. "Modeling Initial Design Process Using Artificial Neural Networks." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 9, No. 3, July (1995), 194-200.

[١٩] Abdalla, K. M. and Stavroulakis, G.E. "A Backpropagation Neural Network Model for Semi-rigid Steel Connections." *Microcomputers in Civil Engineering*, 10, No. 2 (1995), 77-87.

[٢٠] Chen, H.M.; Tsai, K.H.; Qi, G.Z.; Yang, J.C.S. and Amini, F. "Neural Network for Structure Control." *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 9, No. 2, April (1995), 168-176.

[٢١] Kang, H.T. and Yoon, C. J. "Neural Network Approaches to Aid Simple Truss Design Problems." *Microcomputers in Civil Engineering*, 9, No. 3 (1994), 211-218.

[٢٢] Issa, R.R.A. and Fletcher, D. "NEUROFLOOR: A Flooring System Selection Neural Network." *Proceeding of the Fifth Int. Conference on Computing in Civil and Build. Engrg.*, (1993), 1125-1132.

[٢٣] Ghaboussi, J., Garrett, J.H. and Wu, X. "Knowledge-based Modeling of Material Behavior with Neural Networks." *J. of Engineering Mechanics*, 117, No. 1, January (1991), 132-152.

[٢٤] Flood, I. and Kartam, N. "Neural Networks in Civil Engineering. II: Systems an Application." *J. of Computing in Civil Engineering*, 8, No. 2 (1994), 149-162.

[٢٥] Anderson, D.; Hines, E.L.; Arthur, S.J. and Eiap, E.L. "Application of Artificial Neural Networks to Prediction of Minor Axis Steel Connections." *The Third International Conference in the Application of Artificial Intelligence to Civil and Structural Engineering*, 17th-19th August, B. H. Topping & A. I. Khan (Eds), Heriot-Watt University, Edinburgh, UK (1993), 31-37.

[٢٦] Jenkins, W.M. "Neural Network-Based Approximations for Structural Analysis." CIVIL-COMP95, *Developments in Neural Networks and Evolutionary*

Computing for Civil and Structural Engineering, B. H. V. Topping (Ed.), Edinburgh, UK: CIVIL-COMP Press, 1995, 25-35.

[٢٧] Khan, A.I., Topping, B.H.V. and Bahreininejad, A. "Parallel Training of Neural Networks for Finite Element Mesh Generation." *CIVIL-COMP93, The Third International Conference in the Application of Artificial Intelligence to Civil and Structural Engineering*, 17th-19th August, B. H. Topping & A. I. Khan (Eds), Heriot-Watt University, Edinburgh, UK (1993), 81-94.

[٢٨] Goh, A.T.C., Wong, K.S. and Broms, B.B. "Multivariate Modelling of FEM Data Using Neural Networks." *CIVIL-COMP95 Developments in Neural Networks and Evolutionary Computing for Civil and Structural Engineering*, B. H. V. Topping (Ed.), Edinburgh, UK: CIVIL-COMP Press, 1995, 59-64.

[٢٩] Chuang, P.H.; Anthony, T.C. Goh and Wu, X. "Modeling the Capacity of Pin-Ended Slender Reinforced Concrete Columns Using Neural Networks." *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol. 124, No. 7, July (1998), 830-838.

[٣٠] Elkordy, M. F., Chang, K.C. and Lee, G.C. "A Structural Damage Neural Network Monitoring System." *Microcomputers in Civil Engineering*, 9, No. 2 (1994), 83-96.

[٣١] Kirkegaard, P. H. and Rytter, A. "The Use of Neural Networks for Damage Detection and Location in a Steel Member." *CIVIL-COMP93, The Third International Conference in the Application of Artificial Intelligence to Civil and Structural Engineering*, 17th-19th August , B. H. Topping & A. I. Khan (Eds), Heriot-Watt University, Edinburgh, UK (1993), 1-9.

[٣٢] Stephens, J.E. and VanLuchene, R. D. "Integrated Assessment of Seismic Damage in Structures." *Microcomputers in Civil Engineering*, 9, No. 2 (1994), 119-128.

[٣٣] VanLuchene, R.D. and Sun, R. "Neural Networks in Structural Engineering." *Microcomputers in Civil Engineering*, 5, No. 3 (1990), 207-215.

[٣٤] Watson, J.N.; Fairfield, Wan C. and Sibbald, A. "The Use of Artificial Neural Networks in Pile Integrity Testing." *CIVIL-COMP95, Developments in Neural Networks and Evolutionary Computing for Civil and Structural Engineering*, B. H. V. Topping (Ed.), Edinburgh, UK: CIVIL-COMP Press, 1995, 7-13.

[٣٥] Al-Jadid, Mansour N. "Prediction of Stress Strain Relationship for Reinforced Concrete Section by Implementing Neural Network Technique." *J. of King Saud University, Engineering Sciences*, 9, No. 2 (1997), 169-189 (in Arabic).

Application of Artificial Neural Networks in Structural Engineering: An Overview

Abbas Berrais

Construction Engineering Department, Abha College of Technology, P.O.B. 238, Abha, Saudi Arabia

(Received 2 November 1998; accepted for publication 1 February 1999)

Abstract. Artificial neural networks are algorithms for cognitive tasks, such as learning and optimization. They have the ability to learn and generalize from examples without knowledge of rules. Research into artificial neural networks and their application to structural engineering problems is gaining interest and is growing rapidly. The use of artificial neural networks in structural engineering has evolved as a new computing paradigm, even though still very limited. The objective of this paper is to introduce the concept, theoretical background, advantages, and shortcomings of artificial neural networks technology. Next, some recent applications in structural engineering are briefly reviewed. Then, a conclusion is drawn.