بناء الشبكات العصبية

تأليف

ديفيد م. سكابورا

ترجمة

د. فهد بن عبدالله التركي

أستاذ مشارك- قسم الهندسة الكهربائية

كلية الهندسة — جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

مكتبة جامعة الملك سعود
الرقم العام: ٧٤٠٣٦٨
مكتبة:
رقم العهدة:

ح جامعة الملك سعود، ١٤٢٥هـ(٢٠٠٤م)
الطبعة الأولى العربية : ١٤٢٥هـ (٢٠٠٤م)
هذه ترجمة عربية مصرّح بها من كتاب :

Building Neural Networks
By: *David M. Skapura*
© 1996 by the ACM Press.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

ديفيد م. ساكبورا
بناء الشبكات العصبية/ ديفيد م.ساكبورا ؛ فهد بن عبد الله التركي.- الرياض، ١٤٢٥هـ.
٤٧٠ ص ؛ ١٧سم × ٢٤ سم
ردمك : X-٧٦١-٣٧-٩٩٦٠
١- الذكاء الصناعي أ – التركي، فهد بن عبد الله (مترجم) ب- العنوان
ديوى ٠٠٦٠٣ ١٤٢٥/٥٩٥٠

رقم الإيداع : ١٤٢٥/٥٩٥٠
ردمك : X-٧٦١-٣٧-٩٩٦٠

تم تحكيم الكتاب بوساطة لجنة متخصصة بناءً على قرار المجلس العلمي وقد وافق على نشره بعد الإطلاع على تقارير المحكمين في اجتماعه العاشر للعام الدراسي ١٤٢٣/١٤٢٤هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٣/١١/١٦هـ الموافق ٢٠٠٣/١/١٩م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٥هـ

مقدمة المترجم

لقد كانت الترجمة و ما زالت أداة من أدوات السباق مع الزمن، يصدِّق ذلك ويشهد له الإرث الحضاري للأمم على مدار الحقب التاريخية المتعاقبة. أخذ اليونانيون عمن قبلهم، و نقل الرومان عن اليونانيين، ثم جاء العرب المسلمون فترجموا شيئا كثيرا عن الإغريقية، اللاتينية، الفارسية وغيرها، واستقت أوروبا في بدايات نهضتها من العلوم العربية فنقلت عن العرب مختلف العلوم، ولعل في عودة الترجمة من اللغات الأخرى إلى العربية دفعا لعجلة التقدم العلمي و التقني وأخذا لزمام المبادرة من جديد، وعسى أن تكون ترجمة كتاب "**بناء الشبكات العصبية**" هذه التي بين يديك قارئي الكريم خطوة في هذا الطريق الطويل.

تعود دوافع اختيار هذا الكتاب و ترجمته إلى اللغة العربية -علاوة على ما ذكرت آنفا- إلى ما امتاز به من أهمية في التقنية، حداثة في الموضوع، شمولية في الطرح، غزارة في التجربة والبحث، و تعدد في التطبيقات؛ فقد شمل في ما شمل تطبيقات مالية و طبية و عملياتية. فالكتاب بهذا يفيد شريحة واسعة من المهتمين بتلك العلوم، بالإضافة إلى مناسبته لأن يكون كتابا دراسيا أو مرجعيا للمقرر المتعلق بالذكاء الاصطناعي الحسابي وتطبيقاته للسنوات المتقدمة من مرحلة البكالوريوس أو الدراسات العليا بكلية الهندسة أو الحاسوب.

إن هذا الكتاب مختص بتقنية علمية تجريبية، ولهذا انتهجت في ترجمته مناهج الترجمة العلمية، فلا هي بالترجمة الحرفية (metaphrase)، ولا بالترجمة عن طريق المحاكاة (immutation)، بل أخذت طريقا بينهما التزمت فيه بوحدة الجملة الواحدة ما لم يكن في ذلك إخلال بوحدة الجملة العربية و سلاستها. لقد تجشمت الكثير من العناء في ترجمة الكتاب لاشتماله على كثير من المصطلحات الجديدة في فنون متعددة، استفدت في بعضها من جهود السابقين، واجتهدت في البعض الآخر بما رأيته صوابا. **فعلى سبيل المثال:** كلمة (Robot) سبق أن ترجمت إلى ألفاظ عربية متعددة كالإنسان الآلي والرجل الآلي و الروبوت، ولكني لم آخذ بأي منها لأن ما يشير إليه اللفظ ليس إنسانا ليوصف بالإنسانية، ولا رجلا له صفات الذكورة أو الأنوثة، بل هو مجموعة من الأطراف الاصطناعية المربوطة بعضها ببعض، ليس بالضرورة على هيئة إنسان، يتم التحكم بهذه الأطراف بشكل آلي، فلذلك اقترحت ترجمة جديدة لهذا اللفظ هي الرابوط، وهذه الكلمة يجتمع فيها معنى ارتباط الأجزاء والشبه باللفظ الأصلي المشتهر بين الناس. وكذلك مصطلح (Fuzzy System) فقد تعددت ترجمات كلمة (Fuzzy) في المعاجم المتوافرة، أذكر منها: مشوش، غامض، زغبي، ضبابي وغشاوي. إن هذه الألفاظ قد تعطي انطباعا خاطئا وفهما مغلوطا حول ماهية النظام، كما كان الحال في بدايات استخدام هذا المصطلح في الانجليزية نفسها. ولهذا رأيت ترجمته بنظام الغموض، حيث إن هذا العلم ليس غامضا في ذاته بل لديه القدرة على التعامل مع الغموض بفعالية واقتدار. وهكذا الحال مع ألفاظ أخرى غير هاتين أثبتها في الجزء الخاص بثبت المصطلحات بالترتيبين العربي والإنجليزي في آخر هذه الترجمة.

أخيرا أود أن أشكر كل من ساهم في تيسير إتمام هذا العمل، فأتوجه بالشكر إلى مركز الترجمة بالجامعة الذي وافق على الإشراف على الترجمة، كما أنني ممتن

لبعض الزملاء أعضاء هيئة التدريس بقسم الهندسة الكهربائية الذين كان لتشجيعهم ونقاشاتهم المثمرة دور في إثراء العمل. والشكر موصول أيضا لمن تفضل بتحكيم هذا العمل حيث أسهمت ملاحظاتهم واقتراحاتهم في تطويره وظهوره بمظهر أفضل. وإن أنس لا أنسى عائلتي العزيزة، والِدَيْن و زوجا و أبناءً على تحملهم وصبرهم على انشغالي عنهم فترة إنجاز هذه الترجمة، ولمشاركة الابنة أسيل والابن عبدالله في طباعة أجزاء منها على جهاز الحاسوب.

وأسأل المولى عز وجل أن يكون هذا الجهد لبنة من لبنات الخير، ينتفع به قارؤه، ويساهم على المدى القريب أو البعيد في رفع شأن الأمة ونهضتها المرتقبة.

المترجم

مقدمة المؤلف

لقد ترسخت لدي القناعة بالحاجة لكتاب كهذا الذي بين يديك من خلال تدريس نظرية الشبكات العصبية لطلاّب الدراسات العليا بجامعة هيوستن، كليرليك، والإشراف على المبرمجين المتدربين. ووجدت كجزء من هذه الخبرات المستمرة أن باستطاعة أكثر الناس الإلمام بالمفاهيم الممثلة لعمل أنواع مختلفة من الشبكات في وقت قصير نسبيا، ولكني حينما طلبت منهم أن يطبقوا الشبكات التي تعلموها لكي يحلوا مشكلة اختاروها بأنفسهم واجه كثير منهم قدرا كبيرا من الصعوبة في بناء ذلك التطبيق. إن سبب هذه الصعوبة كما اكتشفت يكمن في أن دراسة نظرية الشبكات وحدها توفر للطالب نظرة سطحية جدا لنوع التطبيقات التي تتناولها تلك الشبكات، أو كيفية التصرف حيال تنسيق بيانات التطبيق لاستخدامات الشبكة.

بدأت عند ذلك بالبحث عن كتاب يمكن أن يكمل العرض النظري لعمل الشبكات العصبية بمادة تصف تطبيق الشبكات للمشكلات الواقعية. ولكن ما أثار فزعي أنني لم أجد كتابا واحدا يشرح بشكل ملائم عملية بناء تطبيقات الشبكات العصبية. يبدو أن من هم على شاكلتنا ممن يكسب أسباب عيشه من دراسة الشبكات العصبية وتطوير التطبيقات التي تعمل بتقنيتها قد اعتبروا عملية التطوير للتطبيقات

الجديدة أمرا مفروغا منه. إننا نقرأ عن بنية شبكةٍ ما أو خوارزم تعلم، ونجد في الغالب- دون التفكير في الأمر عن قصد- طرقا لتطبيق تلك الشبكة لمشكلة لم نحلها بعد.

مع هذا فإن الأمر يختلف بالنسبة للطالب أو المتدرب الذي لم يكتسب بعد خبرة التعامل مع النماذج الوصلية، فعملية بناء تطبيق ما، هي عادة أكثر مراحل استعمال الشبكة العصبية إرباكا. بل حتى بعد مضي فصل أو فصلين من الدراسة النظرية لا يدرك معظم الطلاّب إمكانات الشبكة الكاملة، كما أنهم لا يفهمون قصور كل نموذج من نماذج الشبكات وحدوده. أما المهني العامل الذي ربما لم يجد الوقت لحضور الدروس المنهجية المتضمنة لنظرية الشبكات العصبية فإن المشكلة بالنسبة له تكون أكثر عمقا.

لهذا فإن أي امرئ مهتم بتعلم شيء من التطبيقات العملية لتقنية الشبكات العصبية يواجه بمأزق؛ هو أن النظرية الحاكمة لعمل الشبكات العصبية يمكن أن تدرك بدراسة أي من الكتب الدراسية المتوافرة في الوقت الراهن، ولكن تعلم كيفية تطبيق هذه التقنية بنجاح هو في العادة عملية محاولة و خطأ. إن محاولة تجاوز هذا المأزق هو ما دعاني إلى تقديم هذا الكتاب. تشير الخبرات الخاصة التي اكتسبتها خلال تدريسي للشبكات العصبية إلى أن الناس يتعلمون أحسن ما يكون التعلم حين تعرض عليهم أمثلة عديدة لكيفية تطبيق التقنية. لو كان باستطاعتهم الربط بين المشكلة التي بين أيديهم والطريقة التي حلت بها مشكلة أخرى مشابهة لأصبح أسلوب تناول تلك المشكلة واضحا جليا. فمفتاح القضية إذا هو إعطاء القرّاء عددا وافرا من الأمثلة

بتفاصيلها الشاملة ليتمكن الطالب من استيعاب المعلومات و توظيف الخبرات المتضافرة للآخرين لإيجاد التطبيقات الخاصة به.

من أجل هذا السبب ألفت هذا الكتاب ليكون مسحا شاملا للعديد من تطبيقات الشبكات العصبية المختلفة كما هو موصوف في ما نشر من أبحاث ودراسات. على الرغم من أن الباحثين المتمكنين من تقنية الشبكات العصبية على الأرجح سيجدون الأمثلة الموصوفة في هذا الكتاب بسيطة أو ساذجة، إلا أني مع ذلك تعمدت قصر التطبيقات على تلك التي يمكن فهمها وإعادة بنائها بسهولة من قبل المتدرب المبتدئ. لقد أسهبت أيضا في أغلب الحالات بذكر تفاصيل التطبيقات أكثر مما كانت عليه في مراجعها الأصلية. فعلت ذلك في محاولة لإيضاح السبب وراء اختيار المؤلفين الأصليين للشبكة التي بنوها، ولتوضيح كيفية جمع بيانات التطبيق وتهيئتها للشبكة، ولشرح تفسير خرج الشبكة. في بعض الحالات، قمت بوصف أساليب ممكنة تكون بديلا للتطبيق نفسه لتمكين القارئ من معرفة أوجه الشبه والتباين بين مختلف الأساليب.

لقد رُتب هذا الكتاب بشكل يسمح للقارئ بتفحص مناحي التطبيقات دون اعتبار نوع معين من بنيات الشبكات أو خوارزمات التعلم. وأشعر أن هذه الطريقة قد تكون أحسن الطرق التي تسمح للقرّاء بمقارنة عمل بنيات مختلفة للشبكات، على الرغم من أنها تسبب تداخلا وتكرارا في محتويات الكتاب. من حسن الحظ أنها أيضا ستقدم فهما للسبب وراء كون شبكات معينة تناسب أنواعا محددة من المسائل بشكل أفضل من الأخرى. لاحتواء القطاع العريض من القرّاء الذين أتوقعهم لهذا الكتاب فقد قسمته إلى تسعة فصول؛ فصل تمهيدي لتأسيس أوليات معالجة المعلومات

العصبية، وفصل مراجعة ألخص فيه عمل أكثر نماذج معالجة الشبكات العصبية شهرة، وفصل أخصصه للقضايا العملية الخاصة بتصميم التطبيقات، وستة فصول وجهت لموضوعات بعينها. لقد حاولت أن أنظم الكتاب في تسلسل تزداد فيه الموضوعات المطروحة عمقا وصعوبة مع تتابع الفصول. مع ذلك فإن كل فصل من الفصول الستة الأخيرة قد خصص لموضوع معين مستقل نسبيا عن الفصول الخمسة الأخرى. لهذا فإن بإمكان المعلم أن يهيء المادة لتناسب احتياجات قطاع بعينه. إن بالإمكان حذف فصول عدّة بكاملها دون الخشية من فقدان معلومات أساسية تعتمد عليها الفصول اللاحقة. وللقرّاء الذين ربما لم يعتادوا على مجالات التطبيقات المختلفة المذكورة في عناوين الفصول أعرض لهم ملخصات الفصول التالية.

الفصل الأول مدخل لمعالجة المعلومات باستخدام الشبكات العصبية. ولقد أُريد بهذا الفصل أن يزود القارئ بالمعلومات الضرورية ليقدر أهمية عمل النماذج المختلفة للشبكات العصبية، ويلزم المبتدئين في دراسة الشبكات العصبية أن يقرؤوا هذا الفصل دون إهمال لأن معظم المعلومات الأساسية لبقية الكتاب قد أثبتت هنا.

يقدم **الفصل الثاني** مراجعة لأكثر نماذج الشبكات العصبية شهرة، مع اهتمام بالنواحي العلمية للتقنية. حاولت في هذا الفصل أيضا أن أعرض كيف نقارن النماذج المختلفة بعضها ببعض لأن نجاح تطبيق ما في أغلب الأحيان قد يتحدد بناءً على اختيار نموذج الشبكة العصبية المناسب.

أما **الفصل الثالث** فيشرح عملية هندسة تطبيق الشبكة العصبية. وقد وفرت في هذا الفصل نظرة مفصلة للقضايا الحساسة الخاصة بتهيئة البيانات، تدريب الشبكات وتقويم الأداء. و يختم هذا الفصل بمثال مفصل لتطبيق عملي للشبكات العصبية. على

القراء الذين سبق لهم الاطلاع على نظرية الشبكات العصبية دون القضايا العملية الخاصة بتطوير التطبيقات أن يبدؤا دراساتهم هنا.

ويبدأ **الفصل الرابع** الدراسة لتطبيقات حقيقية للتقنية. فأركز فيه على الشبكات التي تقوم بمواءمة و تخزين واستدعاء الأنماط. و تستخدم الشبكات التي لها هذه الخصائص في التطبيقات التي تكون فيها أنماط الدخل (تلك التي تقدم بعد التدريب) مشوشة أو غير مكتملة.

يحتوي **الفصل الخامس** على مسح شامل للتطبيقات المتعلقة بشؤون المال والأعمال حيث استخدمت الشبكات العصبية لأغراض مختلفة من توقع القيم المستقبلية للأسهم والسندات إلى تقدير المخاطرة في الاعتمادات المالية.

ويقدم **الفصل السادس** مسحا شاملا للتطبيقات التي تستخدم فيها الشبكات العصبية لتصنيف أنماط الدخل المعروضة على الشبكة لإحدى الفئات النافعة العديدة. كذلك تمت في هذا الفصل تغطية مفاهيم التصنيف الساكن والدينامي مع أمثلة تطبيقية لكل صنف.

يصف **الفصل السابع** تطبيقات التقنية التي تستعمل فيها الشبكات العصبية لاستخلاص المعلومات ذات المعنى من بيانات الصور للتعرف على (وفي بعض الأحيان لتصنيف) الأشياء المألوفة في الصور. كما تعرض أغلب التطبيقات المذكورة في هذا الفصل لكيفية ربط عدد من الشبكات بعضها ببعض لتؤدي جوانب مختلفة لعملية تمييز الصور.

يركز **الفصل الثامن** على التطبيقات التي تستخدم فيها الشبكات العصبية للتحكم في العمليات الميكانيكية، مع تركيز خاص على مسائل التحكم في الرابوط.

كما يحتوي هذا الفصل على مراجعة مختصرة لنظرية التحكم في العمليات للقرّاء الذين لم يعتادوا الطرق التقليدية للتحكم في النظم.

يشرح **الفصل التاسع** نوعا جديدا من الشبكات العصبية يجمع بين قدرات الشبكات العصبية على مواءمة الأنماط و قوة تعليل القيم غير الدقيقة المتوافرة في منطق الغموض. بعد مقدمة مختصرة للمفاهيم المتضمنة لعمل أنظمة منطق الغموض يصف هذا الفصل عملية تنفيذ الشبكات و التي قد تبشر بمستقبل واعد لتقنية الشبكات العصبية.

أتوقع أن قرّاء هذا الكتاب سيكونون في الأساس مهندسين متمرنين في قطاع الصناعة مهتمين باستكشاف الجوانب العملية لهذه التقنية الجذابة، أو طلاّبا في المستويات الجامعية المتقدمة، أو طلاّب السنة الأولى للدراسات العليا بفرعي الهندسة أو علوم الحاسوب. إن الاهتمام منصب في هذا الكتاب على التطبيقات العملية ولهذا فمن الممكن أن يستخدم كجزء من برنامج دراسة ذاتي. وفي هذا الصدد فإن الحاجة إلى معرفة قوية مسبقة بمادة الرياضيات ليست ماسة للحصول على الفائدة القصوى من هذا الكتاب، إلا أن فهما جيدا للمصفوفات والمتجهات يحسن أن يعتبر أمرا ضروريا عند التعامل مع الشبكات العصبية.

بإمكان القرّاء الذين اعتادوا تناول المفاهيم العامة المتضمنة لنظرية الشبكات العصبية أن يتوقعوا استعمال هذا الكتاب كمرشد لتطوير التطبيقات الناجحة للتقنية. أما القرّاء الذون لا يتوافر لديهم الفهم العميق للشبكات العصبية فعليهم النظر بشكل جدي في إثراء المادة التي احتواها الفصل الثاني بكتاب أكثر اهتماما بالنواحي النظرية. أقترح في هذا المقام كتاب: الشبكات العصبية: خوارزميات و تطبيقات و أساليب

برمجة، الذي ألفّته بمشاركة الدكتور جيمس فريمان عام ١٩٩١م لأن كثيرا من الأفكار التي احتواها هذا الكتاب قد نشأت جزئيا من تطبيقات بنيت من قبل طّلابي مستخدمين كتابنا الأصل.

يتركز الاهتمام في هذا الكتاب على التطبيقات العملية لتقنية الشبكات العصبية، و لهذا فقد أدرجت في ثنايا متفرقة من الكتاب عددا من التمارين المهتمة بالتطبيقات. صممت تلك التمارين لتحث القارئ على تأمل المناحي المختلفة للشبكات العصبية التي تساهم في إيجاد حلول ناجحة لمشكلة خاصة بالتطبيق الجاري شرحه، أو تعزز فهم التقنية المستخدمة في نمذجة بيانات التطبيق لتستعملها الشبكة. في بعض الحالات يمكن الحصول على حل للتمارين من خلال فهم صحيح لعمل الشبكة. و لهذه المسائل فلقد أضفت ملحقا بالكتاب يصف الحل وكيفية إيجاده. والحالات الأخرى يبقى الحل عائدا إلى إبداع الفرد فليس هناك حل صحيح وحيد. وعلى هذا يجب أن أعتمد على معلم الفصل لتحديد مدى صحة (أو بالأحرى، مناسبة) حل الطالب لهذه التمارين.

من أجل القراء المهتمين بتطبيق الشبكات العصبية، وليس بالضرورة بتنفيذ البرنامج الحاسوبي المطلوب لمحاكاتها، فإن أديسون-وزلي قد تكرمت بالموافقة على تزويد القارئ بالبرنامج المصدر المكتوب بلغة C والمطلوب لمحاكاة معظم الشبكات المشروحة في هذا الكتاب، و بإمكان القرّاء الحصول علي البرنامج المصدر لبرامج هذا الكتاب من الموقع http:/www.aw.com/cseng/ . وما على القارئ سوى تنزيل البرنامج (وعلى سبيل المثال، المسائل و ملفات بيانات التطبيق) وترجمتها إلى لغة الآلة باستخدام أي من مترجمات لغة C المتوافرة تجاريا، و تنفيذ البرنامج. إن توافر مثل هذه

المحاكيات يقدم أداة تعلم أخرى للطالب، حيث إن كثيرا من التطبيقات الموصوفة في نص الكتاب يمكن أن يعاد بناؤها و يتحقق منها وتختبر من قبل القارئ، وذلك بأن يزود محاكي الشبكة بملف بيانات التطبيق المناسب. تسمح محاكيات الشبكة أيضا للقرّاء بأن يشرعوا في تنفيذ و اختبار تصميماتهم الذاتية بتركهم يركزون على ملاءمة حل الشبكة دون الانشغال بالتفكير في صحة برنامج المحاكاة.

أخيرا، هناك الكثير من مقاييس النجاح في صناعة النشر. كثير من الناس يحكمون على نجاح كتاب ما بعدد نسخ البيع. و هناك آخرون لديهم وسائل تقويم النجاح أكثر اهتماما بالنوعية، كجودة عرض المادة وقرب الموضوع من الوفاء بالتزامات منهج دراسي معين. في رأيي الشخصي، سأعتبر هذا الكتاب ناجحا إذا خرج قرّائي من هذا الكتاب بنظرة جديدة لكيفية تطوير تطبيقات الشبكات العصبية بنجاح. آمل أن ينتقل حماسي لهذه التقنية إليك و أن يسعدني الحظ يوما ما بأن أقرأ تطبيقات ناجحة من إنتاج قرّائي.

شكر و عرفان

لقد وُجد هذا الكتاب بسبب الجهود غير الأنانية لأناس كثيرين ؛ أكثر من أن أحصيهم بأسمائهم هنا. فالطلاّب الكثيرون اللذين كانوا كحقول تجارب غير مقصودة حين تم تجريب حلول التمارين في قاعة الدرس، أو أولئك اللذين عملوا على حل المسائل الفصلية، قد أسهموا في الرفع من جودة هذا الكتاب أكثر من أن يعرفوا ذلك.

مع هذا فإن هناك عددا من الناس تجاوزت جهودهم أكثر بكثير مما يمليه الواجب، وأود أن أشكرهم بأسمائهم لما بذلوه من مساعدة و تعاون.

أولا و قبل كل شيء، هناك عدد من طلابي كان عملهم متميزا للدرجة التي جعلت من مشاريعهم الفصلية أو أطروحات عملهم جزءًا من تطبيقات هذا الكتاب. "**جين–بابتستي إينومبو**" طوَّر مفهوم ونموذج عمل لتطبيق التعرف على سرطان البروستات الموصوف في الفصل السادس كمشروع بحث أطروحة الماجستير. "**براتبها رو بولور**" و "**ليبين وو**" طوَّرا تطبيق تشخيص الحاسوب الموصوف في الفصل الرابع كمشروع فصلي، وواصلت "**بولور**" عملها هذا بإدراجها لصلب التطبيق في مشروع بحثها لرسالة الماجستير.

ثم إني أدين بعظيم الفضل **للدكتور جيمس فريمان**، وهو واحد قد لا أتمكن على الأرجح من إيفائه حقه. ساهمت جهوده بطرق عديدة كعضيد ومرشد وصديق وناقد في إثراء هذا الكتاب والرفع من قيمته. لقد علمني تقريبا كل شيء أعرفه عن تقنية الشبكات العصبية ولقد دفعني، ربما من حيث لا يشعر، لأن أكون أفضل مما ظننتُني سأكونه. لقد أدركت من خلال تعاوني معه في كتابنا الأول أن باستطاعتي بحق أن أكتب بمهارة وأن لدي شيئا لأقدمه تقنيا.

ثم كان هناك أناس مسؤلين عن عملية النشر الفعلية لهذا الكتاب: "**بيتر جوردون**" و "**هيلين جولدستين**" وكلاهما، مع **أديسون–وزلي**، قد قررا أن يغامرا مع مؤلف مغمور، وسمحا لي أن أنفرد بهذا المشروع؛ "**دايان فريد**"، الذي جعل اهتمامُه بالتفاصيل قراءةَ هذا الكتاب أمرا سهلا، عمل كمدير للنشر خلال الجهود التي بذلت لأنتاج هذا المشروع؛ "**نانسيفنتون**"، **مع أديسون ـ وزلي**، أدارت تنسيق عدة مهام

مختلفة (مثلا : تصميم الغلاف ومراجعة المسوَّدات) ؛ "**بول أناقنوستوبولوس**" أشرف على جمع الكتاب، و "**جاكيوي سكارلوت**" أنتج تصفيف الصفحات من ملفاتي الأصلية من مصدرها (Latex) والأعمال الفنية ؛ مسؤولة النسخ لديَّ، "**كاثي ماكوين**"، والتي تعبت دون شك من استخدامي لكلمة "data" بدلا من "datum"، حولت كتابتي المبتذلة إلى انجليزية سليمة ؛ و "**ديانا كوي**" التي أنتجت تصميما فنيا راقيا للغلاف من مفهوماتي المبعثرة. فشكرا لكم جميعا.

أخيرا، إلى دارلين، دانيال وديفيد، زوجتي وأولادي، وإلى والدي ميشيل ودوروثي سكابورا، أرجو فقط أن تعرفوا كم كان يعني لي حبكم و دعمكم وصبركم أثناء تدوين هذا الكتاب. الكلمات وحدها لا يمكنها أبدا أن تعبر تماما عن امتناني العظيم.

د. م. س.

هيوستن، تكساس

المحتويات

صفحة

مقدمة المترجم.....هـ

مقدمة المؤلف ..... ط

الفصل الأول: الأسس

(١-١) دوافع اختيار الشبكات العصبية..... ٤

(١-٢) أسس الشبكات العصبية ٩

(١-٣) العمليات الحسابية في العصبون ١١

(١-٤) العمليات الحسابية في الشبكات العصبية ٢٩

(١-٥) محاكاة الشبكات ٣٢

(١-٦) خلاصة "الأسس" ٣٦

قراءات مقترحة ٣٦

المراجع..... ٣٧

الفصل الثاني: نماذج

(٢-١) شبكة الانتشار الارتدادي ٤٠

(٢-٢) شبكة الانتشار المضاد ٥٧

صفحة

(٢-٣) نظرية الرنين المتكيف ٦٣
(٢-٤) الذاكرة الارتباطية متعددة الاتجاهات ٧٣
(٢-٥) ذاكرة هوبفيلد ٧٩
(٢-٦) ملخص تعلم الشبكات ٨٨
قراءات مقترحة ٨٨
المراجع ٨٩

الفصل الثالث: تصميم التطبيقات

(٣-١) تطوير تمثيل البيانات ٩٢
(٣-٢) طرق تمثيل الأنماط ٩٩
(٣-٣) تحليل العينات ١٠٩
(٣-٤) التدريب وتقويم الأداء ١٢١
(٣-٥) مثال عملي ١٢٧
(٣-٦) ملخص تصميم التطبيقات ١٤٠
قراءات مقترحة ١٤٠
المراجع ١٤١

الفصل الرابع: الذاكرات الارتباطية

(٤-١) تعريفات الذاكرات الارتباطية ١٤٤
(٤-٢) التعرف على الحروف ١٤٦
(٤-٣) بحث فراغ الحالة ١٥٩
(٤-٤) استكمال الصور ١٦٩

صفحة

(٤-٥) معينات تشخيصية ١٧٧
(٤-٦) ملخص الذاكرة الارتباطية ١٨٣
قراءات مقترحة ١٨٤
المراجع ١٨٥

الفصل الخامس: التطبيقات في مجال المال والأعمال التجارية

(٥-١) نمذجة النظم المالية ١٨٨
(٥-٢) التنبؤ بالسوق ٢٠٠
(٥-٣) تقدير السندات ٢٠٩
(٥-٤) التنبؤ بمستقبل السلع ٢١٧
(٥-٥) ملخص التطبيقات المالية ٢٢٢
قراءات مقترحة ٢٢٣
المراجع ٢٢٥

الفصل السادس: تصنيف الأنماط

(٦-١) نتتالك ٢٢٨
(٦-٢) مصنف إمضاء الرادار ٢٣٦
(٦-٣) الكشف عن سرطان البروستات ٢٥٠
(٦-٤) ملخص تصنيف الأنماط ٢٦٤
قراءات مقترحة ٢٦٥
المراجع ٢٦٦

صفحة

الفصل السابع: معالجة الصور

(٧-١) شبكات معالجة الصور ٢٧٠
(٧-٢) التعرف على نوع الجنس من صورة الوجه ٢٧٩
(٧-٣) اكتشاف سمات الصورة ٢٨٧
(٧-٤) تتبع الطائرات في صور الفيديو ٢٩٧
(٧-٥) ملخص معالجة الصور ٣٠٤
قراءات مقترحة ٣٠٥
المراجع ٣٠٦

الفصل الثامن: التحكم في العمليات والروبطة

(٨-١) نظرية التحكم ٣١١
(٨-٢) موازن العربة ذات العمود ٣٢٤
(٨-٣) التحكم في المشاية ذات الدوّاستين ٣٣٣
(٨-٤) التحكم في الرابوط ٣٤١
(٨-٥) ملخص تطبيقات التحكم ٣٤٩
قراءات مقترحة ٣٥٠
المراجع ٣٥١

الفصل التاسع: النظم العصبية الغموضية

(٩-١) منطق الغموض ٣٥٥
(٩-٢) بناء الشبكة الغموضية ٣٦٧
(٩-٣) الاستنتاج العصبي الغموضي ٣٧٨

صفحة

(٩-٤) التحكم الغموضي لتعلم شبكة BPN ٣٨٩
(٩-٥) ملخص النظم العصبية الغموضية ٣٩٧
قراءات مقترحة ٣٩٨
المراجع ٣٩٩
إجابات بعض التمارين المختارة ٤٠١
ثبت المصطلحات
أولا: عربي – إنجليزي ٤٠٩
ثانيا: إنجليزي – عربي ٤٣٥
كشاف الموضوعات ٤٦١