بسم الله الرحمن الرحيم

# نحو الواجهة العملية بين المخ والحاسب

## عبور الفجوة بين البحث العلمي وتطبيقات الحياة العملية


تحرير

**Brendan Z. A llison, Stephen Dunne, Robert Leeb, José del R. Millán, Anton Nijholt**

ترجمة

**أستاذ دكتور حسن فؤاد محمد**

أستاذ الهندسة الطبية–قسم الهندسة الحيوية الطبية

جامعة الملك سعود

**دكتورة منال عبد السميع فراج**

أستاذ مساعد –قسم علوم الحاسب

كلية علوم الحاسب

جامعة الأمير سلطان

**أستاذ دكتور فوزي الجاسر**

أستاذ الجراحة –قسم جراحة العظام

كلية الطب

جامعة الملك سعود



دار جامعة الملك سعود للنشر

KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٨هـ (٢٠١٧م)

*فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر*

آليسون ، بريندان

نحو الواجهة العملية بين المخ والحاسب: عبور الفجوة بين البحث العلمي وتطبيقات الحياة العملية. / بريندان آليسون ؛ ستيفن دون روبرت ليب ؛ خوسيه ديل ميلان انطوان نيهوليت ؛ حسن فؤاد محمد ؛ منال عبدالسميع فراج ؛ فوزي الجاسر- ط١ .- الرياض ، ١٤٣٧ هـ

٧٩٩ص، ١٧×٢٤ سم

ردمك: ٥-٥٣٠-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١-البحث العلمي ٢-الحواسيب ٣- المخ أ. ليب، ستيفن دون روبرت ( مؤلف مشارك ) ب.نيهوليت، خوسيه ديل ميلان انطوان ( مؤلف مشارك ) ج.محمد،حسن فؤاد (مترجم) د.فراج، منال عبدالسميع (مترجم) هـ.الجاسر،فوزي(مترجم) و. العنوان

ديوي ٤ ,٠٠١ ١٤٣٧/١٠٤١٣

رقم الإيداع: ١٤٣٧/١٠٤١٣

ردمك: ٥-٥٣٠-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Towards Practical Brain-Computer Interfaces Bridging the Gap from Research to Real-World Applications

By: Brendan Z. A llison, Stephen Dunne, Robert Leeb, José del R. Millán, Anton Nijholt

© Springer. 2012

وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه الخامس عشر للعام الدراسي ١٤٣٦/ ١٤٣٧هـ، المعقود بتاريخ ١٢/ ٦/ ١٤٣٧هـ، الموافق ٢١/ ٣/ ٢٠١٦ م.

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

## إستعراض الكتاب

إن أبحاث الواجهة بين المخ البشرى والحاسب تتقدم بسرعة كبيرة. ولقد شهدت السنوات القليلة الماضية زيادة ملحوظة فى كل من المنشورات الدورية، وورش العمل والمؤتمرات الأكاديمية، والكتب، والمنتجات الصناعية الجديدة والتي تستهدف المستخدمين من الأصحاء والمعاقين، وكذلك التمويل البحثى من الجهات المختلفة، وأيضا الانتباه الإعلامى الذى اشتمل على كل من موضوعات الخيال العلمى المتعلق بالواجهة بين المخ البشرى والحاسب، وكذلك العديد من القصص فى النشرات الإخبارية والبرامج التليفزيونية.

بصرف النظر عن هذا التقدم وهذا الانتباه، فإن أغلب الناس لا يزالون غير مستخدمين للواجهات بين المخ والحاسب، أو حتى يعرفون ما هو المقصود منها. ويتواصل مؤلفوا هذا الكتاب على وجه العموم مع أفضل أجهزة الواجهة بين المخ والحاسب المتاحة لديهم، ويعّرفون كيفية استخدام هذه الأجهزة، حيث أن فصول الكتاب قد تم كتابتها بطريقة معتادة أو تقليدية، وباستخدام لوحة المفاتيح والفأرة بدلا من استخدام الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs). إن ذلك قد يكون مدهشا لأن الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) يتم تقديمها عامة بطريقة غير دقيقة فى

وسائل الإعلام، حيث يتم تقديم تقارير مبالغ فيها وزائدة عن الحد مما يخلق فجوة كبيرة بين المتوقع والحقيقة.

يهدف هذا الكتاب لعبور تلك الفجوة عن طريق تعليم القراء ما هى الواجهة بين المخ والحاسب، مع التأكيد على جعل الواجهة بين المخ والحاسب واقع عملى فى الزمن الحقيقى. ويتوافق الخبراء بدرجة كبيرة فى مجال الواجهة بين المخ والحاسب على أن واحد من التحديات الأساسية فى هذا المجال هو نقل الواجهة بين المخ والحاسب من كونها أدوات معملية تتعامل مع مستخدمين أصحاء إلى أدوات يمكن الاعتماد عليها، وجعلها مباشرة، ومفيدة للاستخدام عن طريق من يحتاجها فعلا. إن العديد من هؤلاء الخبراء سيشرحون آخر ما وصل إليه العلم والتحديات الأساسية من خلال أربع أجزاء. ثلاثة من هذه الأجزاء تتعامل مع المكونات الأساسية الثلاثة للـواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) وهى:الحساسات والإشارات ومعالجة الإشارات، والأجهزة والتطبيقات، والبيئات والواجهات. الجزء الأخير سيلخص تحديات أخرى تتعلق بأنظمة الواجهة بين المخ والحاسب الكاملة بدلا من المكونات المنفردة.

تعتبر الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) مجالا بحثيا متعدداً لفروع المعرفة، ويتطلب المشاركة بين العلوم العصبية، والسيكولوجية، والطب، والتفاعل بين الإنسان والحاسب (HCI ) وكذلك العديد من الجوانب الهندسية، وفروع معرفية أخرى. وبنفس الطريقة فإن العديد من القطاعات تتشارك فى أبحاث الواجهة بين المخ والحاسب، بما فى ذلك القطاعات الأكاديمية، والقطاعات التجارية الصغيرة والكبيرة، والحكومات، والطب، وأنواع مختلفة من المعاهد غير الهادفة للربح. يمثل المؤلفون المشاركون فى هذا الكتاب خليط انتقائى من هذه الفروع المعرفية والقطاعات. وهذا

التنوع فى المشاركين يعطى وجهات نظر مختلفة مما يجعل هذا الكتاب مهما لقاعدة عريضة من القراء.

على الرغم من أن هذا الكتاب من الممكن أن يكون مفيدا للمتخصصين من مختلف مجالات الواجهة بين المخ والحاسب، فقد بذلنا مجهودا كبيرا لجعل الفصول عملية ومقروءة ممن ليس لديهم خلفية عن أبحاث الواجهة بين المخ والحاسب أو الأنظمة (الفروع المعرفية) ذات الصلة. ولقد كتبت الفصول بلغة سلسة، بدون التفاصيل التقنية غير الضرورية، كما تم تحديد المختصرات والمصطلحات المتخصصة داخل الفصول وفى قائمة المصطلحات الخاصة بالمؤلفين. هناك مراجع متوفرة فى حالة رغبة القراء فى المزيد من المعلومات. لذلك، فإن العديد من القراء من خارج مجتمع الواجهة بين المخ والحاسب التقليدى سيجدون المتعة فى هذا الكتاب للعديد من الأسباب. وقد يرغب الممرضين، والأطباء، ومسئولى الرعاية، وممارسى التقنيات المساعدة فى تعلم المزيد عن ماذا يمكن للواجهة بين المخ والحاسب الحقيقية أن تقدمه (وماذا لا يمكنه تقديمه)، مما قد يساعدهم فى اتخاذ قرار فيما إذا كانت الواجهة بين المخ والحاسب مجدية كمساعد تقني أم لا. هناك قراء آخرون قد يهتمون بالواجهة بين المخ والحاسب من أجل أغراض أخرى، بما فى ذلك المستخدمين الأصحاء. قد يستخدم الطلاب هذا الكتاب لتعلم المزيد عن الواجهة بين المخ والحاسب، وقد يخصص المدرسون بعض الفصول من هذا الكتاب فى مواد دراسية ذات صلة. قد يرغب الخبراء التجاريون وصانعى القرار فى التعلم أكثر عن ما إذا كانت الواجهة بين المخ والحاسب من الممكن أن تكون واعدة بما فيه الكفاية لكى تستحق المزيد من الإنفاق من خلال المنح والاستثمارات. وإن الصحفيون، والكتاب، أو المهتمين بتطوير الأعمال الوثائقية، أو العروض الأخرى قد يجدون خلفية معلوماتية مفيدة فى هذا الكتاب. فى

النهاية، نأمل أن يكون هذا الكتاب بمثابة نداء لهؤلاء المهتمين بهذه التقنية التى استحوذت على التخيل البشرى والتى من الممكن أن تُحدث ثورة فى كيفية تفاعل البشر مع بعضهم البعض ومع الأوساط المحيطة بهم.

المؤلفون

# مقدمة المترجمين

نتقدم بجزيل الشكر لمركز الترجمة بجامعة الملك سعود الذي أخذ على عاتقه مسؤولية الإسهام في إثراء المكتبة العربية بالكتب الاختصاصية في المجالات المختلفة، وذلك من أجل النهوض بالأمة العربية فكرياً وثقافياً وعلمياً.

لقد وقع اختيارنا على هذا الكتاب لترجمته لأنه يقدم موضوع جديد حديث وهو الواجهة بين المخ والحاسب والذى يهدف من خلال موضوعاتة المتعددة إلى لفت إنتباة القارىء إلى ذلك الفرع الحديث من العلوم حيث أن أغلب الناس لا يزالون غير مستخدمين أو مدركين لماهية الواجهة بين المخ والحاسب BCI، أو حتى يعرفون ما هو المقصود بذلك. إن ذلك الكتاب يتم تدريسة في كثير من التخصصات الهندسية مثل الاتصالات والإلكترونيات والحاسبات.والهندسة الحيوية الطبية، والطب، والفيزياء وكنتيجة لأهمية موضوع هذا الكتاب رأينا ضرورة أن تشتمل المكتبة العربية على كتاب في مثل هذا التخصص. حيث أنه يغطي تقريبا معظم ما يحتاجه طلاب السنوات الأخيرة من مرحلة البكالوريوس والسنوات الأولى من مرا حل الدرسات العليا (الماجستير والدكتوراه)، وهو يمثل مرجعا يقتنيه القارىء للرجوع إليه في أي وقت يحتاجه سواء في حياته العملية أو في أبحاثه إذا استمر في المجال الأكاديمي. ونظراً

لافتقار المكتبة العربية إلى وجود مثل هذه الكتب النوعية المتخصصة فقد رأينا أن من واجبنا ترجمة هذا الكتاب ليصبح مرجعا باللغة العربية.

إن ترجمة الكتب العلمية إلى اللغة العربية مليئة بالمصاعب. حيث يجب الالتزام بالنص الأصلي على أن تكون الترجمة بلغة عربية سلسة وسليمة وتعكس المفهوم العلمي والمعنى الصحيح بصورة دقيقة ومفهومة. من أجل ذلك قام المترجمون ببذل كل جهد ممكن لتحقيق جميع العناصر المذكورة آنفا"، ونرجو من الله أن نكون قد وفِّقنا في ذلك لخير وفائدة والمهتمين بموضوعات هذا الكتاب. ولقد توخينا السلامة والسلاسة اللغوية للترجمة العربية وفي نفس الوقت دأبنا جاهدين لعكس المفهوم العلمي والمعنى الصحيح بشكل دقيق وليكون مفهوماً للقارئ العربي.

لقد بذلنا كل جهد ممكن لتحقيق هذه العناصر مجتمعة حيث تم الأتفاق بين المترجمين على توحيد المصطلحات العلمية طبقا لما هو متعارف علية بالمكتبة العربية. ولقد تم التأكد من المصطلحات عن طريق المعلومات المتوفرة على الشبكة العنكبوتية. ولقد تمت مراجعة تلك المصطلحات بدقة وكذلك المعادلات والأشكال الموجودة بالكتاب.

وفي النهاية نرجو من الله أن نكون قد وُفّقنا إلى ذلك. والله من وراء القصد وهو يهدي السبيل

المترجمون

# المحتويات

**إستعراض الكتاب** ..... هـ

**مقدمة المترجمين** ..... ط

**المختصرات** ..... هـ هـ

**الفصل الأول: التقدم الحالي والحاضر في الواجهة بين المخ والحاسب (BCI)**

**نظرة عامة، وتحليل، وتوصيات** ..... ١

(١ , ١) مقدمة ..... ١

(١ , ٢)نظرة عامة على هذا الكتاب ..... ٤

(١ , ١ , ٢) نظرة عامة على الجزء الأول ..... ٥

(١ , ٢ , ٢)نظرة عامة على الجزء الثاني ..... ٨

(١ , ٢ , ٣) نظرة عامة على الجزء الثالث ..... ١١

(١ , ٢ , ٤) نظرة عامة على الجزء الرابع ..... ١٤

(١ , ٣) التوقعات والتوصيات ..... ١٨

(١ , ٤) الملخص ..... ٢٤

**المراجع** ..... ٢٦

**الباب الأول: الحساسات، والإشارات، ومعالجة الإشارات .....٢٩**

**الفصل الثاني: واجهة المخ مع الحاسب المُهَجن بصرياً ــكهربياً، الممارسات والإمكانيات .....٣١**

(٢ , ١) مقدمة .....٣١

(٢ , ٢) الأصول الفسيولوجية الكامنة وراء المخطط الكهربي للمخ (EEG) والتحليل الطيفى الوظيفى للأشعة القريبة من تحت الحمراء ( fNIRS) .....٣٢

(٢ , ٢ , ١) أصل الـمخطط الكهربي للمخ (EEG) .....٣٣

(٢ , ٢ , ٢) أصل استجابات التحليل الطيفى الوظيفى للأشعة القريبة من تحت الحمراء (fNIRS) .....٣٥

(٢ , ٣) نماذج الإشارات .....٥١

(٢ , ٣ , ١) نمذجة الاستجابة الوعائية.....٥٣

(٢ , ٣ , ٢) ترجمة مقياس الطيف الضوئي .....٥٦

(٢ , ٣ , ٣) توليد الإشارة الاصطناعية .....٥٩

(٢ , ٤) قياسات التحليل الطيفى الوظيفى للأشعة القريبة من تحت الحمراء للمخطط الكهربي للمخ (EEG- fNIRS) المدمجة في المهام العلنية والمُتخيلة .....٦١

(٢ , ٤ , ١) حساس التحليل الطيفى الوظيفى للأشعة القريبة من تحت الحمراء للمخطط الكهربي للمخ (EEG– fNIRS) .....٦٢

(٢ , ٤ , ٢) وصف التجربة .....٦٣

(٢ , ٤ , ٣) معالجة الإشارة.....٦٤

(٤ , ٤ , ٢) النتائج ..... ٦٧
(٥ , ٢) المستخلص ..... ٦٨
**المراجع** ..... ٧١
**الفصل الثالث: إستعراض نقدي لاستخدام التجميع في الواجهة بين المخ والحاسب (BCI)** ..... ٧٥
(١ , ٣) مقدمة ..... ٧٥
(٢ , ٣) خلفية نظرية ..... ٧٩
(١ , ٢ , ٣) تعريف وسياق التعرف على الأنماط التجميعية ..... ٧٩
(٢ , ٢ , ٣) الدمج من منظور التعرف على الأنماط ..... ٨١
(٣ , ٢ , ٣) أسس تفوق التجميع ..... ٨٤
(٣ , ٣) مستوى التكامل والدمج ..... ٨٧
(١ , ٣ , ٣) تسلسل الخواص ..... ٨٧
(٢ , ٣ , ٣) تسلسل التصنيف ..... ٨٩
(٣ , ٣ , ٣) دمج التصنيف ..... ٨٩
(٤ , ٣ , ٣) دمج القرار ..... ٩٣
(٤ , ٣) أنواع التجميع ..... ٩٤
(١ , ٤ , ٣) مجموعات المُصنف ..... ٩٥
(٢ , ٤ , ٣) التجميع المكدس ..... ٩٦

(٣, ٤, ٣) التجميع متعدد القنوات ..... ٩٦
(٤, ٤, ٣) التجميع متعدد الوسائط ..... ٩٧
(٥, ٣) استراتيجيات إعادة أخذ العينات ..... ٩٧
(١, ٥, ٣) تقسيم مجموعة البيانات ..... ٩٩
(٢, ٥, ٣) تقسيم فراغ الخواص ..... ١٠٣
(٣, ٥, ٣) تقسيم الإشارة ..... ١٠٥
(٦, ٣) عمليات الدمج ..... ١٠٥
(١, ٦, ٣) الدمج المعتمد على العينة ..... ١٠٧
(٢, ٦, ٣) معاملات الدمج في النطاق الزمني ..... ١٠٩
(٧, ٣) ملخص للنتائج التي تم الحصول عليها من التجميعات ..... ١٠٩
(٨, ٣) ملاحظات نهائية ..... ١١١
**المراجع** ..... ١١٤
**الفصل الرابع: تحسين الواجهات بين المخ والحاسب باستخدام تحليل المكونات المستقلة** ..... ١١٩
(١, ٤) مقدمة ..... ١١٩
(٢, ٤) طريقة تحليل المكونات المستقلة (ICA) في معالجة إشارة المخطط الكهربي للمخ (EEG) ..... ١٢١
(٣, ٤) طريقة تحليل المكونات المستقلة (ICA) في أنظمة الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ١٢٤

(١ , ٣ , ٤) التخلص من المشاكل الحركية ..... ١٢٦
(٢ , ٣ , ٤) تحسين نسبة الإشارة للضوضاء (SNR) لإشارات المخطط
الكهربي للمخ (EEG) المتعلقة بمهام معينة ..... ١٢٨
(٣ , ٣ , ٤) اختيار الإلكترود ..... ١٣٢
(٤ , ٤) التدريب على الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) باستخدام التدريب الصفري
المعتمد على طريقة تحليل المكون المستقل (ICA) ..... ١٣٦
(١ , ٤ , ٤) التجربة وتسجيل البيانات ..... ١٣٨
(٢ , ٤ , ٤) الطريقة ..... ١٣٩
(٣ , ٤ , ٤) النتائج ..... ١٤١
(٥ , ٤) المناقشة والمُستخلص ..... ١٤٤
**المراجع** ..... **١٤٧**
**الفصل الخامس: نحو إلكترودات المخطط الكهربي للمخ من أجل الإستخدام المزمن**
**في تطبيقات الواجهة بين المخ والحاسب** ..... ١٥١
(١ , ٥) مقدمة: من التشخيص السابق للجراحة إلى فك رمز الحركة ..... ١٥١
(٢ , ٥) الطرق والتقنيات لإلكترودات المخطط الكهربي للقشرة المخية ..... ١٥٦
(٣ , ٥) تسجيلات المخطط الكهربي للقشرة المخية (ECoG) في دراسات الواجهة
بين المخ والحاسب (BCI) ..... ١٦٢

(٤ , ٥) مصفوفات المخطط الكهربي للقشرة المخية (ECoG) عالية القنوات للواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ١٦٥
(١ , ٤ , ٥) تصنيع الإلكترودات المُشكلة بالليزر ..... ١٦٨
(٢ , ٤ , ٥) التقييم البيولوجي / النتائج من الدراسات الأولية ..... ١٧٢
(٥ , ٥) من أجل أنظمة لاسلكية طويلة المدى ..... ١٧٥
**المراجع** ..... **١٨٣**
**الباب الثاني: الإجهزة، والتطبيقات، والمستخدمين** ..... **١٨٧**
**الفصل السادس:مقدمة عن الأجهزة، والتطبيقات، والمستخدمين نحو واجهات عملية بين المخ والحاسب(BCIs) تعتمد على تقنيات تحكم تشاركية** ..... ١٨٩
(١ , ٦) مقدمة ..... ١٨٩
(٢ , ٦) مجموعات المستخدمين الحالية والناشئة ..... ١٩٣
(٣ , ٦) سيناريوهات أجهزة وتطبيقات الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ١٩٤
(١ , ٣ , ٦) الإتصال و التحكم ..... ١٩٦
(٢ , ٣ , ٦) استعواض الحركة: إستعادة المسك ..... ١٩٨
(٣ , ٣ , ٦) الألعاب والتسلية ..... ٢٠١
(٤ , ٣ , ٦) إعادة التأهيل والاسترجاع الحركي ..... ٢٠٢
(٥ , ٣ , ٦) مراقبة الحالة العقلية ..... ٢٠٤
(٦ , ٣ , ٦) الواجهة بين المخ والحاسب (BCI ) المهجنة ..... ٢٠٥

(٤ , ٦) الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) العملية المعتمدة على تقنيات تحكم تشاركية:من أجل التحكم في الحركية ..... ٢٠٧
(١ , ٤ , ٦) روبوتات التواجد عن بعد المُتحكم فيها بواسطة الأشخاص المعاقين حركياً ..... ٢٠٩
(٢ , ٤ , ٦) التحكم في الكرسي المتحرك باستخدام الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ٢١٢
(٥ , ٦) تكييف أنظمة التعرف على الإيماءات باستخدام جهود الخطأ للمخطط الكهربى للمخ (EEG) ..... ٢١٦
(٦ , ٦) المستخلص ..... ٢١٩
**المراجع** ..... **٢٢٢**
**الفصل السابع: استخدام الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) في استرجاع وظيفة اليد الحركية وإعادة التأهيل** ..... ٢٣١
(١ , ٧) مقدمة ..... ٢٣١
(٢ , ٧) استعادة وظائف اليد الحركية في إصابة العمود الفقري (SCI):البدائل الاصطناعية العصبية المُتحكم فيها بواسطة المخ ..... ٢٣٣
(١ , ٢ , ٧) الإثارة الكهربية الوظيفية للأطراف العلوية ..... ٢٣٥
(٢ , ٢ , ٧) دمج تقنيتي الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) و الإثارة الكهربية الوظيفية (FES) ..... ٢٤١

(٧,٣) تأهيل إعاقات الوظائف الحركية لليد بعد السكتة الدماغية: الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) المعتمدة على تدخلات إضافية ..... ٢٤٧
(٧,٣,١) الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) في إعادة التأهيل من السكتة الدماغية: آخر ما وصل إليه العلم ..... ٢٤٩
(٧,٣,٢) الإثارة الكهربية الوظيفية (FES) في إعادة تأهيل الطرف العلوي من السكتة الدماغية ..... ٢٥٣
(٧,٣,٣) دمج تقنية الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) و الإثارة الكهربية الوظيفية (FES) في الأوضاع الإكلينيكية لإعادة التأهيل: طريقة متكاملة ..... ٢٥٥
(٧,٤) المستخلص والتوقعات المستقبلية ..... ٢٦٢
**المراجع** ..... ٢٦٦
**الفصل الثامن: التصميم المرتكز إلى المستخدم من أجل تطوير الواجهة بين المخ والحاسب (BCI)** ..... ٢٧٣
(٨,١) الحلول المساعدة القائمة على التقنيات للأشخاص ذوي الإعاقة ..... ٢٧٥
(٨,١,١) فهم الإعاقة وتحديدها ..... ٢٧٥
(٨,١,٢) التقنيات المساعدة والواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ٢٧٥
(٨,٢) تطوير الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) المُرتكزة إلى المستخدم ..... ٢٧٩
(٨,٢,١) أساسيات التصميم المُرتكز إلى المستخدم ..... ٢٧٩

(٨,٢,٢) العمل مع المستخدمين النهائيين في أبحاث الواجهة
بين المخ والحاسب (BCI) ..... ٢٨٢
(٨,٣) الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) لدعم أو إستبدال حلول التقنية
المساعدة (AT) الموجودة برونو(Bruno) : سيناريو حالة ..... ٢٩٥
(٨,٣,١) الفوائد في مختلف المجالات ..... ٢٩٧
(٨,٤) مستخلص ..... ٣٠٠
**المراجع** ..... **٣٠٢**
**الفصل التاسع: تصميم الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) المستقبلية:**
**ما بعد معدل البتات** ..... ٣٠٧
(٩,١) مقدمة ..... ٣٠٧
(٩,٢) خواص التحكم في الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ٣٠٩
(٩,٢,١) مواضيع خاصة بنماذج الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ... ٣١٠
(٩,٢,٢) طرق التغلب على قيود الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ... ٣١٣
(٩,٣) الواجهة بين المخ والحاسب (BCI): من أبحاث الاستخدامية
حتى الوضع المثالي لبيئة العمل العصبية ..... ٣١٤
(٩,٣,١) المطبوعات الموجودة عن محددات الجهد المرتبط بالحدث ..... ٣١٦
(٩,٣,٢) علم الجمال، ومجازات التفاعل، والاستخدامية، والأداء ..... ٣٢٢
(٩,٤) التحكم التشاركي ..... ٣٢٥

(٩,٥) إنشاء هيكل تطبيقي فعال: مهمة من ثلاث مستويات ..... ٣٢٩
(٩,٥,١) المستوى المنخفض: إشارة تحكم الواجهة بين
المخ والحاسب (BCI) ..... ٣٣٠
(٩,٥,٢) المستوى المتوسط: التطبيق..... ٣٣١
(٩,٥,٣) المستوى العالي: المستخدم ..... ٣٣٢
(٩,٦) إشراك المستخدمين النهائيين ودور التوقعات ..... ٣٣٣
(٩,٧) فحص التفاعل: النماذج الأولية والمحاكاة ..... ٣٣٦
(٩,٧,١) النمذجة الأولية منخفضة الدقة لاستكشاف
متطلبات المستخدمين ..... ٣٣٧
(٩,٧,٢) المحاكاة عالية الدقة للتصميم والتطوير ..... ٣٤٠
(٩,٨) المستخلص ..... ٣٤٣
**المراجع** ..... **٣٤٦**
**الفصل العاشر: دمج الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) مع الواقع الإفتراضي:**
**نحو تطبيقات جديدة وواجه (BCI) مُحسنة** ..... ٣٥١
(١٠,١) مقدمة ..... ٣٥١
(١٠,٢) المبادئ الأساسية خلف تحكم الواقع الافتراضي (VR) و الواجهة
بين المخ والحاسب (BCI) ..... ٣٥٥
(١٠,٢,١) تعريف الواقع الإفتراضي ..... ٣٥٥

(١٠,٢,٢) الهيكل العام لتطبيقات الواقع الافتراضي (VR)
المعتمدة على الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ٣٥٧
(١٠,٣) إستعراض تطبيقات الواقع الافتراضي (VR) المعتمدة على
الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ٣٦١
(١٠,٣,١) بيئات الواقع الافتراضي (VR) المُتحكم فيها
بالحركة المُتخيلة ..... ٣٦٢
(١٠,٣,٢) بيئات الواقع المعزز/ الافتراضي (VR/AR) المعتمدة
على جهد الاستدعاء البصري المستقرالحالة (SSVEP) ..... ٣٧٤
(١٠,٣,٣) تحكم الواقع الافتراضي (VR) المعتمد على الجهد
المرتبط بحدث (P300) ..... ٣٨٠
(١٠,٤) تأثير الواقع الافتراضي (VR) على الواجهة بين المخ والحاسب ..... ٣٨٤
(١٠,٥) المستخلص ..... ٣٨٩
**المراجع** ..... **٣٩٣**
**الباب الثالث: واجهات التطبيقات والبيئات** ..... **٣٩٩**
**الفصل الحادي عشر: الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) وتقييم**
**خبرة المستخدم** ..... ٤٠١
(١١,١) مقدمة ..... ٤٠١
(١١,٢) الحالة الراهنة في تقييم خبرة المستخدم في الواجهة بين
المخ والحاسب (BCI) ..... ٤٠٣

(١ , ٢ , ١١) خبرة المستخدم تؤثر على الواجهة بين المخ والحاسب ..... ٤٠٣
(٢ , ٢ , ١١) الواجهة بين المخ والحاسب تؤثر في خبرة المستخدم ..... ٤٠٦
(٣ , ١١) تطبيق تقييم خبرة المستخدم في التفاعل بين الإنسان والحاسب (HCI)
على الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) ..... ٤٠٨
(١ , ٣ , ١١) تحليل الملاحظة ..... ٤٠٩
(٢ , ٣ , ١١) القياسات الفسيولوجية العصبية ..... ٤١٠
(٣ , ٣ , ١١) المقابلات والاستبيانات ..... ٤١٢
(٤ , ٣ , ١١) طرق أخرى ..... ٤١٣
(٤ , ١١) دراسات حالة ..... ٤١٥
(١ , ٤ , ١١) دراسة حالة: عقلية القطيع ! ..... ٤١٥
(٢ , ٤ , ١١) دراسة حالة: معمل الفئران ..... ٤١٧
(٥ , ١١) المناقشة والمستخلص ..... ٤٢٠
**المراجع** ..... **٤٢٣**
**الفصل الثاني عشر: إطار عمل الـواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) في**
**التفاعل المتعدد الوسائل والبيئات المتعددة المهام** ..... ٤٢٧
(١ , ١٢) مقدمة ..... ٤٢٧
(٢ , ١٢) تحديات استخدام الـواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) في بيئات
المهام المزدوجة ..... ٤٣٢

(١٢,٢,١) النماذج السيكولوجية للمواقف مزدوجة المهمة
والتعامل مع التعارضات ..... ٤٣٤
(١٢,٣) دمج الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) ..... ٤٣٩
(١٢,٤) تكامل الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) في واجهة المستخدم
متعددة الوسائط: مواضيع ذات صلة ..... ٤٤٢
(١٢,٥) المناقشة والمُستخلص ..... ٤٤٤
**المراجع** ..... **٤٤٨**
**الفصل الثالث عشر: التفاعل بين الإنسان والحاسب المُمكن بالمخطط**
**الكهربى للمخ (EEG) وتطبيقاته** ..... ٤٥١
(١٣,١) مقدمة ..... ٤٥١
(١٣,٢) أنظمة وخوارزميات التعرف على الحالة المخية ..... ٤٥٤
(١٣,٢,١) نظم رد الفعل العصبي في التطبيقات الطبية ..... ٤٥٤
(١٣,٢,٢) خوارزميات معالجة الإشارة لأنظمة رد الفعل العصبي .. ٤٥٦
(١٢,٢,٣) أنظمة رد الفعل العصبي لتحسين الأداء ..... ٤٥٨
(١٣,٢,٤) خوارزميات التعرف على العواطف ..... ٤٦٠
(١٣,٣) الطريقة الكسيرية المساحية الزمنية ..... ٤٦١
(١٣,٣,١) التخطيط ثلاثي الأبعاد للمخطط الكهربي للمخ (EEG)
في التحليلات البصرية ..... ٤٦٣

(٢ ,٣ ,١٣)الطريقة المعتمدة على الكسيّر ..... ٤٦٤
(٣ ,٣ ,١٣) التعرف على حالة المخ في الزمن الفعلي..... ٤٦٦
(٤ ,٣ ,١٣) استخلاص الخواص ..... ٤٦٧
(٤ ,١٣) التطبيقات المعززة بالمخطط الكهربى للمخ (EEG)
في الزمن الفعلي ..... ٤٦٩
(١ ,٤ ,١٣) نُظم تدريب رد الفعل العصبي ..... ٤٧٠
(٢ ,٤ ,١٣) التعرف على العواطف ومراقبتها المعتمد على المخطط
الكهربى للمخ (EEG) في الزمن الفعلي ..... ٤٧١
(٥ ,١٣) المستخلص..... ٤٧٤
**المراجع** ..... ٤٧٦
**الفصل الرابع عشر: الكشف عن الطور في جهود الاستدعاء البصرية وتطبيقها**
**على الواجهة بين المخ والحاسب (BCI)** ..... ٤٨١
(١ ,١٤) مقدمة ..... ٤٨١
(٢ ,١٤) طرق معالجة الإشارة والتعرف على الأنماط ..... ٤٨٥
(١ ,٢ ,١٤) الترشيح المساحي ..... ٤٨٧
(٢ ,٢ ,١٤) تحليل الطور المتزامن ..... ٤٨٩
(٣ ,١٤) الأدلة التجريبية ..... ٤٨٩
(١ ,٣ ,١٤) تردد الإثارة المثالي ..... ٤٩١
(٢ ,٣ ,١٤) معايرة تشغيل الواجهات بين المخ والحاسب (BCI)..... ٤٩٤

(١٤,٣,٣) تشغيل الواجهات بين المخ والحاسب (BCI) ومعدل نقل
المعلومات ..... ٤٩٥
(١٤,٤) المناقشة والمستخلص ..... ٤٩٨
**المراجع** ..... **٥٠٠**
**الفصل الخامس عشر: هل يمكن لإلكترودات المخطط الكهربى للمخ (EEG)**
**الجافة أن تحسن من استخدامية الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs)**
**المعتمدة على إيقاع الحس الحركي (SMR)، والجهد المرتبط بحدث (P300)،**
**و جهد الاستدعاء البصري المستقرة الحالة (SSVEP) ؟** ..... ٥٠٣
(١٥,١) دوافع البحث في مجال الواجهة بين المخ والحاسب BCI ..... ٥٠٣
(١٥,٢) الطرق ..... ٥١١
(١٥,٢,١) مفهوم حساس الإلكترود الجاف ..... ٥١١
(١٥,٣) إعداد التجربة ..... ٥١٣
(١٥,٤) الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) المعتمدة على الجهد المرتبط
بحدث (P300) ..... ٥١٥
(١٥,٥) الحركة المُتخيلة ..... ٥١٦
(١٥,٦) الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) المعتمدة على جهد الاستدعاء
البصري المستقرالحالة (SSVEP) ..... ٥١٨
(١٥,٧) النتائج ..... ٥٢١

(٨, ١٥) نموذج الجهد المرتبط بحدث (P300) ..... ٥٢٢
(٩, ١٥) الحركة المُتخيلة ..... ٥٢٥
(١٠, ١٥) تدريب جهد الاستدعاء البصري المستقرالحالة (SSVEP) ..... ٥٣٢
(١١, ١٥) المناقشة..... ٥٣٣
**المراجع** ..... **٥٣٨**
**الباب الرابع: بنية تحتية عملية للواجهة بين المخ والحاسب (BCI): قضايا ناشئة. ٥٤١**
**الفصل السادس عشر: منصات برامج الواجهة بين المخ والحاسب (BCI)** ..... ٥٤٣
(١, ١٦) مقدمة ..... ٥٤٣
(٢, ١٦) الواجهة بين المخ والحاسب (BCI2000) ..... ٥٤٥
(٣, ١٦) برنامج بيئة المخ الإفتراضية المفتوحة (Open ViBE) ..... ٥٥٣
(٤, ١٦) التوبي (TOBI) ..... ٥٦٠
(٥, ١٦) معمل الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ٥٦٦
(٦, ١٦) الواجهة بين المخ والحاسب (++BCI) ..... ٥٧١
(٧, ١٦) الواجهة بين المخ والحاسب (xBCI) ..... ٥٧٧
(٨, ١٦) إطار عمل لغة الجسم (++BF) ..... ٥٨٣
(٩, ١٦) إطار عمل رد الفعل البايثوني (Pyff) ..... ٥٨٦
(١٠, ١٦) المُستخلص ..... ٥٩٠
**المراجع** ..... **٥٩٥**

**الفصل السابع عشر: توجيهات من أجل تقارير أداء الواجهة بين**

**المخ والحاسب (BCI) هل ذلك من الأهمية ؟** ..... ٦٠١

(١ ,١٧) مقدمة ..... ٦٠٢

(٢ ,١٧) مقاييس الأداء ..... ٦٠٣

(١ ,٢ ,١٧) المصفوفة المختلطة ..... ٦٠٣

(٢ ,٢ ,١٧) الدقة ومعدل الخطأ ..... ٦٠٧

(٣ ,٢ ,١٧) معامل الكوهين كابا ..... ٦٠٧

(٤ ,٢ ,١٧) الحساسية والتحديدية ..... ٦٠٩

(٥ ,٢ ,١٧) المقياس F ..... ٦١٠

(٦ ,٢ ,١٧) معامل الأرتباط ..... ٦١١

(٣ ,١٧) أهمية التصنيف ..... ٦١٢

(١ ,٣ ,١٧) المستوى النظري للتصنيف العشوائي ..... ٦١٢

(٢ ,٣ ,١٧) فترات الثقة ..... ٦١٣

(٣ ,٣ ,١٧) الملخص ..... ٦١٦

(٤ ,١٧) مقاييس الأداء التي تشتمل على الزمن ..... ٦١٧

(٥ ,١٧) تقدير مقاييس الأداء على البيانات في غير الزمن الفعلي ..... ٦٢١

(١ ,٥ ,١٧) التعامل مع مجموعات البيانات ..... ٦٢٢

(٢ ,٥ ,١٧) الاعتبارات ..... ٦٢٣

(٦ ,١٧) إختبار الفرضيات ..... ٦٢٥
(١ ,٦ ,١٧) إختبار الطالب t في مقابل تحليل التباين (ANOVA) ..... ٦٢٦
(٢ ,٦ ,١٧) القياسات المتكررة..... ٦٢٧
(٣ ,٦ ,١٧) المقارنات المتعددة ..... ٦٢٨
(٤ ,٦ ,١٧) تقرير النتائج ..... ٦٣٢
(٧ ,١٧) المستخلص..... ٦٣٣
**المراجع** ..... **٦٣٥**
**الفصل الثامن عشر:أساسيات الواجهات بين المخ مع الحاسب المهجنة** ..... ٦٤١
(١ ,١٨) مقدمة ..... ٦٤١
(٢ ,١٨) الواجهة بين المخ والحاسب المهجنة (hBCI) المعتمدة على نوعين مختلفين من الواجهات ( BCI s) المعتمدة على المخطط الكهربي للمخ (EEG)..... ٦٤٤
(١ ,٢ ,١٨) الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) المعتمدة على عدم التزامن المرتبط بالحدث (ERD) وجهود الاستدعاء..... ٦٤٤
(٢ ,٢ ,١٨) الواجهة بين المخ والحاسب (BCI)المعتمدة على دمج الحركة المتخيلة و جهد الاستدعاء البصري المستقرالحالة (SSVEP) للتحكم في طرف علوي صناعي ذو درجتين من الحرية (2DoF) ..... ٦٤٨

(١٨,٣) الواجهة بين المخ والحاسب المهجنة (hBCI) المعتمد على واجهة (BCI) معتمدة على المخطط الكهربي للمخ (EEG) وواجهة (BCI) لا تعتمد على المخطط الكهربي للمخ ..... ٦٥١
(١٨,٤) الواجهة بين المخ والحاسب المهجنة المعتمدة على واجهة معتمدة على المخطط الكهربي للمخ وإشارة حيوية أخرى ..... ٦٥٧
(١٨,٤,١) استخدام تغيرات معدل ضربات القلب لتشغيل/ توقيف الواجهة بين المخ والحاسب- جهد الاستدعاء البصري المستقر الحالة (SSVEP-BCI) ..... ٦٦٠
(١٨,٤,٢) دمج الأنشطة المخية والعضلية ..... ٦٦٠
(١٨,٥) الواجهة بين المخ والحاسب المهجنة المعتمدة على واجهة معتمدة على المخطط الكهربي للمخ والمراقبة المعتمدة على المخطط الكهربي للمخ ..... ٦٦٥
(١٨,٥,١) الاستخدام الآني للحركة المُتخيلة وجهد الخطأ..... ٦٦٥
(١٨,٦) الواجهة بين المخ والحاسب المهجنة (hBCI) المعتمدة على واجهة (BCI) معتمد على المخطط الكهربي للمخ (EEG) وإشارات أخرى .... ٦٦٧
(١٨,٦,١) دمج الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) المعتمدة على المخطط الكهربي للمخ (EEG) وعصا التحكم ..... ٦٦٧

(١٨,٧) نظرة شاملة: الواجهة بين المخ والحاسب المهجنة (hBCI) المعتمدة على واجهة (BCI) المعتمدة على المخطط الكهربي للمخ (EEG) والمراقبة المعتمدة على المخطط الكهربي للمخ (EEG) وإشارات حيوية أخرى .... ٦٧٢

(١٨,٨) المُستخلص والأعمال المستقبلية ..... ٦٧٤

**المراجع** ..... ٦٧٦

**الفصل التاسع عشر: أنظمة الـواجهة بين المخ والحاسب (BCI) غير البصرية ومتعددة الحساسات:الحاضر والمستقبل** ..... ٦٨١

(١٩,١) مقدمة ..... ٦٨١

(١٩,٢) أنظمة الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) المعتمدة على الجهد المرتبط بحدث (P300)..... ٦٨٤

(١٩,٢,١) مصفوفة الهجاء المُعتمدة على الجهد المرتبط بحدث ..... ٦٨٤

(١٩,٢,٢) الانتقال إلى ما بعد "المصفوفة": نماذج مُتميزة..... ٦٨٦

(١٩,٢,٣) الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) المعتمدة على الجهد المرتبط بحدث (P300) اللمسي ..... ٦٩٠

(١٩,٣) الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) المعتمدة على استجابات الاستدعاء المستقرة الحالة ..... ٦٩١

(١٩,٣,١) الاستجابات السمعية المستقرة الحالة ..... ٦٩١

(١٩,٣,٢) الاستجابات اللمسية المستقرة الحالة ..... ٦٩١

(١٩,٤) التحكم في الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) عن طريق
الجهود القشرية البطيئة ..... ٦٩٥
(١٩,٥) الإيقاعات الحركية الحسية والمهام العقلية المختلفة ..... ٦٩٦
(١٩,٥,١) تفعيل الحركة التخيلية على هيئة أصوات ..... ٦٩٦
(١٩,٥,٢) رد فعل الحس الجسدي للحركة المُتخيلة ..... ٦٩٧
(١٩,٥,٣) الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) المعتمدة على
التخيل الموسيقى والإيقاعي ..... ٦٩٩
(١٩,٥,٤) الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) المعتمدة
على الكلام ..... ٧٠١
(١٩,٥,٥) الواجهات بين المخ والحاسب عن طريق المفاهيم ..... ٧٠٢
(١٩,٦) اتجاهات حديثة في أبحاث الواجهة بين المخ والحاسب (BCI)
متعددة الحواس ..... ٧٠٣
(١٩,٦,١) دمج الواجهات بين المخ والحاسب (BCIs) المعتمدة على
الجهد المرتبط بحدث (P300) مع الوسائل الأخرى ..... ٧٠٤
(١٩,٦,٢) دمج الواجهات بين المخ والحاسب مع جهد الاستدعاء لبصري
المستقر الحالة (SSVEP-BCIs) مع الوسائل الأخرى ..... ٧٠٦
(١٩,٦,٣) دمج رد الفعل البصري مع الوسائل الأخرى ..... ٧٠٧
(١٩,٦,٤) المهام العقلية ورد الفعل متعدد الحواس ..... ٧٠٨

(٧, ١٩) المُستخلص ..... ٧٠٨
**المراجع** ..... ٧١١
**الفصل العشرون: توصيف التحكم فى واجهات المخ مع الحاسب باستخدام المقاييس الحيوية** ..... ٧١٧
(١, ٢٠) مقدمة ..... ٧١٧
(٢, ٢٠) عوامل أساسية في استخدام الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ٧١٩
(٣, ٢٠) توصيف أنظمة الواجهة بين المخ والحاسب (BCI) ..... ٧٢٤
(١, ٣, ٢٠) المقاييس الحيوية والتحكمية ..... ٧٢٥
(٢, ٣, ٢٠) فئات محولات الطاقة ..... ٧٢٥
(٣, ٣, ٢٠) نظام تجارب المقاييس الحيوية ..... ٧٢٦
(٤, ٣, ٢٠) طرق التحليل ..... ٧٣٢
(٥, ٣, ٢٠) التحقق من الصحة ..... ٧٣٤
(٤, ٢٠) الملخص والأعمال المستقبلية ..... ٧٣٦
**المراجع** ..... ٧٣٦
**ثبت المصطلحات** ..... ٧٤١
أولاً: عربي- إنجليزي ..... ٧٤١
ثانياً: إنجليزي- عربي ..... ٧٦٧
كشاف الموضوعات ..... ٧٩٣