المرجع في تقنيات التصميم والتصنيع المتقدمة للأجهزة الطبية الحيوية

تحرير

Andrés Díaz Lantada

ترجمة

د. أمير سعيد التيناوي

كلية العلوم الطبية التطبيقية – جامعة الملك سعود

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٣٧هـ (٢٠١٦م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

لانتادا، اندريس دياز

المرجع في تقنيات التصميم والتصنيع المتقدمة للأجهزة الطبية الحيوية./ اندريس دياز لانتادا؛ أمير سعيد التيناوي.- الرياض، ١٤٣٧هـ

٦٨٤ص؛ ١٧×٢٤سم

ردمك: ٥-٥١٤-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- الأجهزة الطبية – التقنية الطبية أ. التيناوي، أمير سعيد (مترجم)

ب. العنوان

ديوي ٢٨, ٦١٠ ١٤٣٧/٨٧٣٤

رقم الإيداع: ١٤٣٧/٨٧٣٤

ردمك: ٥-٥١٤-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Handbook on Advanced Desig and Manuffacturing Technologies for Biomedical Devices
By: Andres Diaz Lantada
© Springer Science+Business Media , LLC2013
وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه الثالث عشر للعام الدراسي ١٤٣٦/١٤٣٧هـ المعقود بتاريخ ٦/ ٥/ ١٤٣٧هـ الموافق ١٥/ ٢/ ٢٠١٦م.

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

الإهداء

إلى من كانوا لي في هذه الحياة سبباً

إلى من يقاسمونني الحياة بحلوها ومرها زوجتي وأولادي

إلى من سينهلون من عملي هذا

أساتذة ومهندسين وطلابا

أهدي هذا العمل

المترجم

مقدمة المترجم

يتصف مجال الهندسة الطبية بأنه متعدد التخصصات وسريع التطور حيث تُعتبر الأبحاث العلمية وتقنيات التصنيع المبتكرة واحدة من أهم الركائز الأساسية لهذا المجال. ومن هذا المنطلق تظهر أهمية هذا الكتاب كونه يُقدِّم معلومات قيمة عن آخر ما توصل إليه العديد من أبحاث تقنيات التصنيع والإمكانات المستقبلية، وكونه يتطرق وبشكلٍ معمَّق إلى مواضيع التصميم الهندسي للأجهزة الطبية الحيوية وتصنيعها بمساعدة الكمبيوتر، وأدوات المحاكاة، والتصوير، وطرق التصنيع الدقيق والنانوي، وذلك من خلال منظورٍ تطبيقي. ويوفر هذا الكتاب إضافة إلى ذلك العديد من دراسات الحالة التي تساعد على تحليل وفهم العوامل الرئيسة للمراحل المختلفة المُرتبطة بتطور الأجهزة الطبية الحيوية الجديدة، بدءاً بخطوات المفاهيم والتصميم، ومروراً بمراحل المصادقة على الجهاز وتصنيعه، الأمر الذي يجعله مفيداً للطلاب والمهنيين.

وحيث تفتقر المكتبة العربية إلى مراجع من هذا النوع، وللمساهَمة في ملء هذه الفجوة وإغناءً للمكتبة العربية بهذا النوع من الكتب فقد قمت بعون الله وتوفيقه

بترجمة هذا الكتاب " المرجع في تقنيات التصميم والتصنيع المتقدمة للأجهزة الطبية الحيوية " الذي يسعدني أن أقدمه بين أيديكم، والذي أرجو أن يستفيد منه الطلاب في دراساتهم، والعاملون في مجالات الهندسة الطبية الحيوية وصناعة الأجهزة الطبية، والأطباء، واختصاصيو العلوم، والمهندسون الطبيون الحيويون، والمهندسون الكيميائيون والكهربائيون، ومهندسو المواد.

لقد بذلت كل جهد ممكن لكي تكون الترجمة بلغة عربية سليمة وتعكس المفهوم العلمي والمعنى الصحيح بصورة دقيقة. وأرجو من الله أن أكون قد وفِّقت في ذلك لخير وفائدة القراء والمهتمين بمواضيع هذا الكتاب، وأن أكون قد ساهمت بجزء ولو يسير في إغناء المكتبة العربية بمثل هذا النوع من المراجع.

و أخيراً و عرفاناً مني بالجميل أشكر جامعة الملك سعود ومركز الترجمة فيها على تشجيع وحث منسوبي الجامعة على التميز والريادة. ولا أنسى في هذا المجال أن أشكر المحكمين والمراجعين وكل من ساهم في إنجاز هذا العمل.

د. أمير سعيد التيناوي

المقدمة
Foreword

شهدت العقود الأخيرة تقدماً ملحوظاً في التصميم بمساعدة الكمبيوتر، والتقنيات الهندسية والتصنيعية، وأدوات المحاكاة متعددة المتغيرات، والتصوير الطبي، وتصميم المحاكاة الحيوية، والنمذجة الأولية السريعة، وطرق التصنيع الصغرية والنانوية، وموارد إدارة المعلومات، وقد وفَّرت جميع هذه التطورات آفاقا جديدة لمجالات الهندسة الطبية الحيوية ولصناعة الأجهزة الطبية.

يُغطي هذا الكتاب (بعنوان: التقنيات المتقدمة في تصميم وتصنيع الأجهزة الطبية الحيوية) هذه المواضيع بعمق وذلك من خلال منظورٍ تطبيقي، مع توفير العديد من دراسات الحالة التي تساعد على تحليل وفهم العوامل الرئيسة للمراحل المختلفة المُرتبطة بتطور الأجهزة الطبية الحيوية الجديدة، بدءاً بخطوات المفاهيم والتصميم، ومروراً بمراحل المصادقة على الجهاز وتصنيعه.

كما يناقش الكتاب التحديات البحثية الرئيسة والإمكانات المستقبلية، مع الأخذ بعين الاعتبار المطالب الاجتماعية ذات الصلة، والسوق المتنامية التي تتجاوز

بالفعل مليارات الدولارات. وفي الوقت المناسب، سوف تُحدث الأجهزة الطبية الحيوية المتقدمة تغييراً حاسماً في أساليب ونتائج علم الطب، الأمر الذي يؤدي إلى تحسين كبير في تشخيص وعلاج جميع أنواع الأمراض. وإذا كان مطلوباً من الأجهزة الحيوية أن تُلبي التوقعات الحالية، فإننا سوف نجد في هذا الكتاب أنه لابد لمهندسي اليوم إلا أن يمتلكوا المعرفة الأساسية الشاملة عن تقنيات المحاكاة والتصميم والتصنيع ذات الصلة، كما ينبغي تشجيع التعاون بين خبراء المجالات المختلفة.

يهدف هذا الكتاب إلى مساعدة أي شخص يعمل، أو ببساطة يهتم، بمجالات الهندسة الطبية الحيوية، وصناعة الأجهزة الطبية، نحو الأطباء، واختصاصيي العلوم، والمهندسين الطبيين الحيويين، والمهندسين الكيميائيين والكهربائيين، ومهندسي المواد. كما يُعتبر الكتاب مقدمةً شاملة للطلاب المشاركين في برامج الدراسات العليا أو برامج الماجستير في الهندسة الطبية الحيوية، وكذلك الباحثين الذين يخططون لتنفيذ الدكتوراه الخاصة بهم بالتوازي مع تطوير الأجهزة الحيوية الجديدة، وذلك من أجل تحسين منهجيات التشخيص أو العلاج للتعامل مع الأمراض المعقدة. ويوفر هذا الكتاب المصمَّم لجذب أكبر عدد من القراء، دون المساس بالصرامة العلمية، لمحة راهنة عن هذا التخصص سريع التطور، كما أنه يناقش التحديات البحثية الرئيسة والإمكانات المستقبلية.

آمل حقاً أنه يكون هذا الكتاب عوناً للطلاب والباحثين، وأن يحفزهم على متابعة بعض اتجاهات البحوث المذكورة.

Andrés Díaz Lantada مدريد، إسبانيا

شكر وتقدير
Acknowledgements

لا يمكن لأي كتاب أن يكون أبداً نتاجاً لجهود شخص واحد، وبالتأكيد لم يكن هذا الكتاب مختلفاً عن ذلك. ولم يكن لهذا الكتاب أن يُصبح حقيقة دون مساعدة واقتراحات العديد من الأقارب، والأصدقاء، والزملاء الداعمين، ولا يسعني هنا إلا أن أتقدم بالشكر والعرفان لبعض من هؤلاء.

أنا مدين كثيراً لزملائي وطلابي في جامعة مدريد التقنية (Universidad Politecnica de Madrid) الذين شجعوني ودعموني وأناروا أفكاري من خلال بحوثهم وتعليقاتهم وأسئلتهم.

ولا سيما الأستاذة الدكتورة بيلار لافونت مورغادو (Pilar Lafont Morgado) التي أثـَّرت بعمق في وجهة نظري الهندسية والبحثية والتعليمية من خلال توجيهها الصبور وتعليقاتها المشرقة دائماً. حيث ساعدت على تحسين نتائج العديد من الفصول بخبرتها في المهنة المكرَّسة للبحث والتدريس في الجامعة. وقد قدَّمت نهجاً تطلعياً رائداً في العديد من مجالات البحوث، مع خبرة متعددة التخصصات في الجمع بين أدوات

CAD-CAE (التصميم والهندسة بمساعدة الحاسوب) والتصنيع السريع لتطوير المنتجات، أو ربط عالم الأنظمة الدقيقة مع الهندسة الحيوية، أو دراسة ظواهر الاتصال في الوسائط المختلفة، أو تطبيق المنهجيات القياسية والهيكلية لتصميم الآلات.

أنا ممتن جداً للسيد بيدرو اورتيغو غارسيا (Pedro Ortego Garcia) والذي قدَّم من خلال خبرته مساعدة كبيرة في صناعة وتجريب العديد من النماذج الأولية، كدراسات حالة، في فصول مختلفة من هذا الكتاب.

كما أنني ممتن جداً للأستاذ الدكتور جورغن ستامبفل (Jurgen Stampfl) على دعمه ومشورته الحكيمة خلال إقامتي البحثية في فترة الربيع في مدينة فيينا، حيث جرى تطوير العديد من التصاميم والنماذج الأولية. كما أشكر الأستاذ الدكتور كارلوس اوجيدا (Carlos Ojeda) من مدينة بيورا في البيرو الذي جعلتني مساهماته في التصنيع بمساعدة الحاسوب والتصميم الشخصي أتذكر أوقات دراسة الدكتوراه بابتهاج.

بطبيعة الحال إلى والديَّ اندريز (Andres) وبيداد (Piedad لحياة كاملة من التفاني والحب، على أمل أن يكونوا فخورين بابنهما.

وقبل كل شيء إلى زوجتي مليك ايرول (Melike Erol) (جوهر الشخص المبتهج) وابنتي سدا (Seda) التي تُشكِّل ضحكتها مصدراً مستمراً للإلهام.

شكراً جزيلاً للجميع

Andrés Díaz Lantada Madrid, Spain

إهداء المحرر

إلى حبيبتي Melike ،

من ذا يقارن حسنك المغرى بصيف قد تجلى
وفنون سحرك قد بدت فى ناظرى أسمى وأغلى
تجنى الرياح العاتيات على البراعم وهى جذلى
والصيف يمضى مسرعا إذ عقده المحدود ولى
كم أشرقت عين السماء بحرها تلتهب
ولكم خبا فى وجهها الذهبى نور يغرب
لابد للحسن البهى عن الجميل سيذهب
فالدهر تغير وأطوار الطبيعة قلب
لكن صيفك سرمدى ما اعتراه ذبول
لن يفقد الحسن الذى ملكت فيه بخيل
والموت لن يزهو بظلك فى حماه يجول
ستعاصرين الدهر فى شعرى وفيه أقول:
ما دامت الأنفاس تصعد والعيون تحدق
سيظل شعرى خالداً وعليك عمراً يغدق.

(من كتاب فن الترجمة- للدكتور صفاء خلوصى - ١٩٨٦)

Shall I compare thee to a summer's day?
Thou art more lovely and more temperate.
Rough winds do shake the darling buds of May.
And summer's lease hath all too short a date.
Sometime too hot the eye of heaven shines,
And often is his gold complexion dimmed,
And every fair from fair sometime declines,
By chance or nature's changing course untrimmed:
But thy eternal summer shall not fade
Nor lose possession of that fair thou ow'st,
Nor shale death brag thou wand'rest in his shade,
When in eternal lines to time thou grow'st.
So long as men can breathe or eyes can see,
So long lives this and this gives life to thee.

William Shakespeare

إلى ابنتنا Seda ،

عندما تنطلق في رحلتك إلى إيثاكا،
ادعُ أن يكون الطريق طويلاً،
أن يكون مليئاً بالمغامرة، مفعماً بالمعرفة.
ضع إيثاكا نصب عينيك دائماً
اجعل بلوغها غايتك
لكن حذار أن تستعجل الرحلة،
ومن الأفضل أن تجعلها تدوم سنوات وسنوات
وأن ترسو في الجزيرة عندما تصبح هرماً،
غنياً بكلّ ما كسبته خلال رحلتك
ولا تتوقع أن تقدم لك إيثاكا الثروات.
لقد منحتك إيثاكا رحلة جميلة،
فلولاها لما شرعت في رحلتك.
لم يعد لديها شيء آخر تمنحك إياه،
وإن وجدتها فقيرة، فإيثاكا لم تخدعك،
فبعد أن أضحيت حكيماً، وبعد أن تمتعت بهذه التجربة المديدة
لا بد أنك أصبحت تفهم ماذا تعني إيثاكا.

(ترجمة خالد الجبيلي)

When you set out for Ithaka
ask that your way be long,
full of adventure, full of instruction…
… Have Ithaka always in your mind.
Your arrival there is what you are destined for.
But don't in the least hurry the journey.
Better it last for years,
so that when you reach the island you are old,
rich with all you have gained on the way,
not expecting Ithaka to give you wealth.
Ithaka gave you a splendid journey.
Without her you would not have set out.
She hasn't anything else to give you.
And if you fi nd her poor, Ithaka hasn't deceived you.
So wise you have become, of such experience,
that already you'll have understood what these Ithakas mean.

Constantine P. Cavafi

نبذة عن المحرر
About the Editor

درس الأستاذ الدكتور اندريز دياز لانتادا (Andres Diaz Lantada) الهندسة الصناعية وتخصص في الهندسة الميكانيكية في جامعة مدريد التقنية (UPM) في إسبانيا (www.upm.es). وقد حصل على درجة الدكتوراه في الهندسة الميكانيكية في عام ٢٠٠٩ وكانت أطروحته حول "منهجية للتطوير الهيكلي للأجهزة الطبية اعتماداً على البوليمرات النشطة"، والتي حصلت على جائزة استثنائية من جامعة مدريد التقنية و جائزة ثانية من الكلية الرسمية للمهندسين الصناعيين (Official College of Industrial Engineers) في مدريد. وقد عمل لمدة عشر سنوات باحثاً في قسم الهندسة الميكانيكية في هذه الجامعة وتعاون بنشاط مع مختبر تطوير المنتجات (Product Development Laboratory)، في مهام البحوث والتدريس.

وهو يعمل في الوقت الحاضر أستاذاً مشاركاً في جامعة UPM، ويُدرِّس موضوعات في مستويات الدراسات العليا، وما بعد التخرج، والدكتوراه، فضلاً عن المقررات التخصصية. وترتبط أنشطته التعليمية الرئيسة بموضوعات "الهندسة

الميكانيكية بمساعدة الحاسوب"، و"التصميم والتصنيع باستخدام البوليمرات"، و"تطوير الأجهزة الطبية"، و"الميكانيكا الحيوية والهندسة الحيوية".

وهو يقوم في الوقت نفسه بأبحاث في مجالات مختلفة ذات صلة بتطوير المنتجات، مع التركيز بشكل خاص على الأجهزة الطبية بما في ذلك تقنيات النماذج الأولية السريعة، وأدوات التصميم والهندسة والتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAD-CAE-CAM)، والمواد الفعالة المُستخدمة في تحسين التطبيقات التشخيصية والعلاجية للأجهزة الحيوية. وفي الآونة الأخيرة، أطلق مقترح "الحيوية الكسورية" (Fractal Bio)، المُرتبط بدراسة وتطوير الحلول الجديدة لهندسة الأنسجة المعتمدة على التصنيع السريع للسطوح الكسورية، وذلك ضمن برمجيات المشاريع المبتكرة "Actua UPM". ويشغل حالياً منصب باحث الاتصال من جامعة مدريد التقنية في "المعهد الافتراضي الأوروبي للمواد متعددة الوظائف القائمة على المعرفة" (European Virtual Institute on Knowledge-based Multifunctional Materials).

وهو عضو مؤسس في مجموعة بحوث جامعة مدريد التقنية في "هندسة الآلات" (منذ عام ٢٠٠٧) وفي فريق التدريس المبتكر في جامعة مدريد التقنية لـــ "التدريس المتكامل للهندسة الميكانيكية" (منذ عام ٢٠٠٦)، حيث كلا الفريقين برئاسة الأستاذ بيلار لافونت (Pilar Lafont). ومن بين بعض مقترحات التدريس، كان قد حرر عدداً خاصاً عن "التعلم من خلال اللعب في التعليم الهندسي"، ويقوم حالياً بتحرير عددٍ خاصٍ حول "أثر التعاون بين الأوساط الأكاديمية والصناعية على التعليم الهندسي"، حيث إن كلا المقترحين للمجلة الدولية للتعليم الهندسي(International Journal of Engineering Education).

وقد قام اندريز دياز لانتادا بنشر أكثر من مائة مقالة علمية خضعت لمراجعة النظراء (٢٠ مقالة في مجلات من JCR و ٢٠ مقالة أخرى جرى إدراجها في ISI-WOK)، والعديد من الكتب بما في ذلك "الدليل على المواد الفعالة للأجهزة الطبية: التطورات والتطبيقات" من دار بان ستانفورد للنشر (PAN Stanford Publishing)، والعديد من فصول الكتب، وهو مخترع مشارك في ١٠ من براءات الاختراع المتعلقة باستخدام المواد الفعالة لتحسين قدرات الاستشعار/التشغيل للمنتجات الطبية والحلول المحسَّنة لهندسة الأنسجة. وقام مؤخراً بتنظيم وترؤس الدورة الاستثنائية عن "المواد الفعالة للأجهزة الطبية"، والدورة الاستثنائية عن "النماذج الأولية السريعة لتحسين التطوير في الأجهزة الحيوية" في مؤتمر Biostec-Biodevices 2009 والمؤتمر الدولي للإلكترونيات والأجهزة الطبية الحيوية (Intl. Conference on Biomedical Electronics and Devices) الذي انعقد عام ٢٠١٠.

المحتويات

الإهداء ..... هـ
مقدمة المترجم ..... ز
المقدمة ..... ط
شكر وتقدير ..... ك
إهداء المحرر ..... م
نبذة عن المحرر ..... س

الفصل الأول: مقدمة في التطوير الحديث للمنتجات ١
Andrés Díaz Lantada and Pilar Lafont Morgado

الفصل الثاني: اعتبارات عامة في تطوير الأجهزة الطبية الحيوية ٣٣
Andrés Díaz Lantada and Pilar Lafont Morgado

الفصل الثالث: نظرة عامة موجزة عن التقنيات المبتكرة والمؤثرة في صناعة الأجهزة الطبية الحيوية ٨٣
Andrés Díaz Lantada and Pilar Lafont Morgado

الفصل الرابع: تقنيات تصميم الأجهزة الحيوية بمساعدة الحاسوب ١٠٣
Andrés Díaz Lantada and Pilar Lafont Morgado

الفصل الخامس: تصميم الأجهزة الشخصية بمساعدة التصوير الطبي ١٣٥
Andrés Díaz Lantada , Pilar Lafont Morgado and Carlos Jahel Ojeda Díaz

الفصل السادس: الهندسة الكسورية في تصميم الأجهزة الحيوية بطريقة المحاكاة الحيوية ١٧٥
Andrés Díaz Lantada and Jesús Carrillo Gil

الفصل السابع: الهياكل المسامية والشبكية للأجهزة الحيوية ذات الخصائص المتقدمة .. ٢١١
Andrés Díaz Lantada and Juan Carlos Álvarez Elipe

الفصل الثامن: موارد الهندسة بمساعدة الحاسوب وطريقة العناصر المحدودة في الأجهزة الحيوية ٢٣٩
Andrés Díaz Lantada

الفصل التاسع: تصنيع الأجهزة الحيوية بمساعدة الحاسوب ٢٨٥
Andrés Díaz Lantada , Pilar Lafont Morgado and Carlos Jahel Ojeda Díaz

الفصل العاشر: تقنيات التصنيع التجميعي لتحسين عملية تطوير الأجهزة الحيوية .. ٣٠٧
Andrés Díaz Lantada , Pilar Lafont Morgado , and Jürgen Stampfl

الفصل الحادي عشر: النسخ السريع للأشكال وأنظمة التشكيل السريع للقوالب في الأجهزة الحيوية ٣٥١
Andrés Díaz Lantada , Pilar Lafont Morgado and Pedro Ortego García

الفصل الثاني عشر: تقنيات التصنيع الدقيق للأجهزة الحيوية: التفاعل على المستوى الخلوي ٣٨٣
Andrés Díaz Lantada , Pilar Lafont Morgado and Pedro Ortego García

الفصل الثالث عشر: تقنيات التصنيع النانوي في الأجهزة الحيوية: التفاعل على المستوى الجزيئي ٤١٩
Andrés Díaz Lantada

الفصل الرابع عشر: التصنيع الحيوي: التطورات والتحديات الرئيسة ٤٤٧
Andrés Díaz Lantada

الفصل الخامس عشر: اختبار الأجهزة الحيوية في السيليكون وفي المختبر وفي داخل النسيج الحي ٤٧٣
Andrés Díaz Lantada

الفصل السادس عشر: طرائق تشجيع الإبداع ونقل التقنية ٥٠٣
Andrés Díaz Lantada and Juan Manuel Muñoz-Guijosa

الفصل السابع عشر: مقترح لمنهجية تطوير منظَّمة للأجهزة الحيوية ٥٣٣
Andrés Díaz Lantada

الفصل الثامن عشر: التعلم القائم على المشاريع في الهندسة الحيوية ٥٨١
Andrés Díaz Lantada

ملحقات الكتاب ٦٠٧

ثبت المصطلحات ٦٢١
أولاً: عربي – إنجليزي ٦٢١
ثانياً: إنجليزي – عربي ٦٤٧
كشاف الموضوعات ٦٧٣