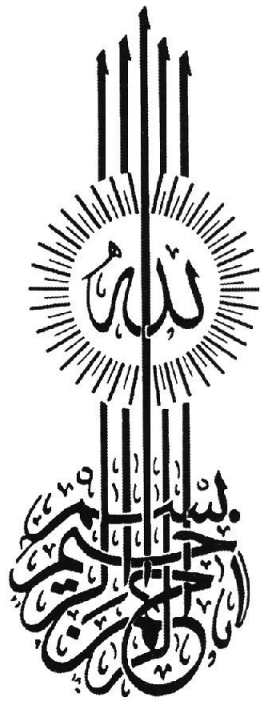

بسم الله الرحمن الرحيم

التحليل العددي

الجزء الثاني

تأليف

ريتشارد ل. بيردن ج. دوجلاس فيريز

ترجمة

أ.د محمد عادل سودان د. حسن محيي الدين حميدة

د. عمر محمد حامد

قسم الرياضيات ـ كلية العلوم ـ جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ـ الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٢٤هـ (٢٠٠٣م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها لكتاب

Numerical Analysis, Fifth edition.
BY: **Richard L. Burden and J. Douglas Faires**
© 1993, by PWS-KENT Publishing Company

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

بيردن، ريتشارد ل.

التحليل العددي / ريتشارد ل. بيردن، ج. دوجلاس فيريز؛ محمد عادل سودان؛ حسن محيي الدين حميدة؛ عمر محمد حامد. ـ الرياض، ١٤٢٣هـ

٤٤١ ص؛ ١٧سم × ٢١سم

ردمك: ٤ - ٥٠٦ - ٣٧ - ٩٩٦٠

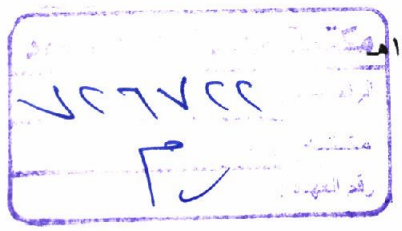
١- التحليل العددي أ- فيريز، ج. دوجلاس (مؤلف مشارك)

ب- سودان، محمد عادل (مترجم) جـ- حميدة، حسن محيي الدين (مترجم)

د - حامد، عمر محمد (مترجم) هـ- العنوان

ديوي ٤, ٥١٩ ٦٣٠٣ / ١٤٢٣هـ

رقم الإيداع: ٦٣٠٣ / ١٤٢٣هـ



حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكّلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره في اجتماعه السابع للعام الدراسي ١٤١٨/ ١٤١٩هـ المعقود بتاريخ ٧/٨/١٤١٨هـ الموافق ٧/١٢/١٩٩٧م.

إدارة النشر العلمي والمطابع ١٤٢٤هـ

المحتويات

الجزء الأول — الصفحة

مقدمة المترجمين ..... ط
مقدمة المؤلفين ..... ك
الفصل الأول: تمهيد رياضي
(١,١) مراجعة في حساب التفاضل والتكامل ٢
(١,٢) أخطاء التدوير وحسابات الحاسوب ١٥
(١,٣) الخوارزميات والتقارب ٢٩
(١,٤) برامج عددية ٣٩
الفصل الثاني: حلول المعادلات ذات المتغير الواحد
(٢,١) طريقة التنصيف ٤٨
(٢,٢) الطريقة التكرارية للنقطة الثابتة ٥٥
(٢,٣) طريقة نيوتن - رافسن ٦٦
(٢,٤) تحليل أخطاء طرائق التكرار ٨١
(٢,٥) التقارب المتسارع ٩٠
(٢,٦) أصفار كثيرات الحدود وطريقة مولر ٩٥
(٢,٧) مسح للطرائق والبرامج ١٠٧
الفصل الثالث: الاستكمال وتقريب كثيرات الحدود
(٣,٢) الفروق المجزأة ١٣٠
(٣,٣) استكمال هيرميت ١٤٢
(٣,٤) استكمال الشريحة المكعبة ١٥٠
(٣,٥) المنحنيات الوسيطية ١٦٩
(٣,٦) مسح للطرائق والبرامج ١٧٥
الفصل الرابع: الاشتقاق والتكامل العددي
(٤,١) الاشتقاق العددي ١٨٠

الصفحة

(٤,٢) استكمال ريتشاردسون الخارجي ١٩٣
(٤,٣) عناصر التكامل العددي ٢٠٠
(٤,٤) التكامل العددي المركب ٢١١
(٤,٥) طرائق التربيع التكيّفي ٢٢٠
(٤,٦) تكامل رومبرغ ٢٢٧
(٤,٧) تربيع غاوس ٢٣٤
(٤,٨) التكاملات المتعدّدة ٢٤٠
(٤,٩) التكاملات المعتلّة ٢٥٤
(٤,١٠) مسح للطرائق والبرامج ٢٦١

الفصل الخامس: مسائل القيمة الابتدائية للمعادلات التفاضلية العادية

(٥,١) النظرية الأولية لمسائل القيمة الابتدائية ٢٦٤
(٥,٢) طريقة أويلر ٢٧٠
(٥,٣) طرائق تايلور ذوات الرتب العليا ٢٨١
(٥,٤) طرائق رونجه - كوتا ٢٨٧
(٥,٥) مراقبة الأخطاء وطريقة رونجه - كوتا - فيلبرغ ٢٩٧
(٥,٦) طرائق الخطوات المتعدّدة ٣٠٥
(٥,٧) طرائق الخطوات المتعددة بحجم خطوة متغير ٣١٨
(٥,٨) طرائق الاستكمال الخارجي ٣٢٤
(٥,٩) معادلات الرتب العليا وأنظمة المعادلات التفاضلية ٣٣١
(٥,١٠) الاستقرار ٣٤١
(٥,١١) المعادلات التفاضلية العنيدة ٣٥٢
(٥,١٢) مسح للطرائق والبرامج ٣٦١

الفصل السادس: الطرائق المباشرة لحل الأنظمة الخطية

(٦,١) الأنظمة الخطية للمعادلات ٣٦٤
(٦,٢) خطط المحورة ٣٧٩
(٦,٣) الجبر الخطي وعكس مصفوفة ٣٨٧
(٦,٤) محدّدة مصفوفة ٤٠١
(٦,٥) تحليل مصفوفة ٤٠٦
(٦,٦) نماذج خاصة من المصفوفات ٤١٦
(٦,٧) مسح للطرائق والبرامج ٤٣٣

الجزء الثاني

الصفحة

الفصل السابع: أساليب تكرارية في جبر المصفوفات

(٧,١) نظيم المتجهات والمصفوفات ٤٣٨

(٧,٢) القيم والمتجهات الذاتية ٤٥٠

(٧,٣) طرائق تكرارية لحل الأنظمة الخطية ٤٥٦

(٧,٤) تقدير الأخطاء والتحسين التكراري ٤٧٦

(٧,٥) مسح للطرائق والبرامج ٤٨٧

الفصل الثامن: نظرية التقريب

(٨,١) تقريب أصغر المربعات المتقطع ٤٩٠

(٨,٢) كثيرات الحدود المتعامدة وتقريب أصغر المربعات ٥٠٣

(٨,٣) كثيرات حدود تشيبيشيف وترشيد متسلسلات القوى ٥١٤

(٨,٤) تقريب الدوال النسبية ٥٢٥

(٨,٥) تقريب كثيرات الحدود المثلثية ٥٣٧

(٨,٦) تحويلات فوريه السريعة ٥٤٣

(٨,٧) مسح للطرائق والبرامج ٥٥٤

الفصل التاسع: تقريب القيم الذاتية

(٩,١) الجبر الخطي والقيم الذاتية ٥٥٨

(٩,٢) طريقة القوى ٥٦٨

(٩,٣) طريقة هاوسهولدر ٥٨٦

(٩,٤) خوارزمية QR ٥٩٣

(٩,٥) مسح للطرائق والبرامج ٦٠٥

الفصل العاشر: الحلول العددية لأنظمة المعادلات غير الخطية

(١٠,١) النقاط الثابتة لدوال في عدة متغيرات ٦٠٨

(١٠,٢) طريقة نيوتن ٦١٨

(١٠,٣) طرائق شبيهة لطريقة نيوتن ٦٢٦

(١٠,٤) أساليب النزول الأحدّ ٦٣٤

(١٠,٥) مسح للطرائق والبرامج ٦٤١

الفصل الحادي عشر: مسائل القيم الحدية للمعادلات التفاضلية العادية

(١١,١) طريقة القذف الخطي ٦٤٦

(١١,٢) طريقة القذف للمسائل غير الخطية ٦٥٤

الصفحة

(١١,٣) طرائق الفرق المحدود للمسائل الخطية ٦٦٠
(١١,٤) طرائق الفرق المحدود للمسائل غير الخطية ٦٦٨
(١١,٥) طريقة رايلي - ريتز ٦٧٥
(١١,٦) مسح للطرائق والبرامج ٦٩١

الفصل الثاني عشر: الحلول العددية للمعادلات التفاضلية الجزئية

(١٢,١) المعادلات التفاضلية الجزئية الناقصية ٦٩٦
(١٢,٢) المعادلات التفاضلية الجزئية التكافئية ٧٠٧
(١٢,٣) المعادلات التفاضلية الجزئية الزائدية ٧٢٣
(١٢,٤) مدخل لطريقة العنصر المحدود ٧٣٢
(١٢,٥) مسح للطرائق والبرامج ٧٤٦

المراجع ٧٤٩
إجابات تمارين مختارة ٧٥٩
ثبت المصطلحات
أولا: عربي - إنجليزي ٨٥٥
ثانيا: إنجليزي - عربي ٨٦١
كشاف الموضوعات ٨٦٧

مقدمة المترجمين

يمكننا أن نقول إن عصرنا هذا هو عصر الحاسوب، لذا لابد من تقديم طرائق حسابية دقيقة سهلة الاستعمال وتعطي نتائج مرضية للواقع. لفهم هذه الطرائق وحسن استخدامها يجب أن يسبقها عرض للأسس النظرية التي تقوم عليها هذه الطرائق. كل ذلك يدخل في موضوع التحليل العددي.

لقد عم استخدام الحاسوب في كثير من المجالات، وبصورة خاصة في مجال العمليات الحسابية، لذا كان من الواجب أن يحوي كل كتاب تحليل عددي خوارزميات يستعين الطالب بها في إنشاء برامج حاسوبية يستخدمها في إنجاز ما يحتاج إليه من عمليات حسابية بسرعة فائقة.

يلاحظ أن هذا الكتاب قد عرض الأسس النظرية التي يقوم عليها الحساب العددي، فبرهن بعضها، وترك بعضها لتكون بمثابة تمارين يقوم بها الطالب، وأحال الصعب منها، الذي يتجاوز غرض هذا الكتاب، إلى مراجع رياضية متعددة.

إن ازدياد عدد الجامعات، في الوطن العربي، التي تستعمل اللغة العربية لغة تدريس في كلياتها المختلفة، جعل توافر الكتب والمراجع باللغة العربية، ضرورة ملحة. ومما يدعو إلى الغبطة، اهتمام بعض دور النشر العالمية بترجمة ما تصدره من كتب إلى اللغة العربية.

لقد كان إدراكنا لأهمية ترجمة الكتب العلمية إلى اللغة العربية، باعتبارها الوسيلة المهمة لنشر المعرفة العلمية على مستوى واسع، هو الذي دفعنا، بالإضافة إلى تشجيع بعض زملائنا، إلى القيام بترجمة هذا الكتاب القيم المتداول في العديد من الجامعات العالمية.

لقد حاولنا ألا نخرج عن المصطلحات التي أقرتها مؤتمرات التعريب التي نظمتها جامعة الدول العربية، رغبة منا في توحيد المصطلحات بين الأقطار العربية المختلفة. لكن مع الأسف ما أصدره مكتب التعريب في الرباط لا يفي أبداً بمتطلبات العلوم، لذا عمدنا إلى مصادر أخرى ظهرت في بلاد عربية متعددة بالإضافة إلى ما أصدرته مجامع اللغة العربية من مصطلحات رياضية.

لا يفوتنا أن نتوجه بالشكر إلى مركز الترجمة في جامعة الملك سعود، لما يبذله من جهد في تشجيع الترجمة ونشر العديد من الكتب الجامعية.

نأمل أن نكون قد أثرينا، بهذا الكتاب، المكتبة العربية بما هو نافع ومفيد، سائلين المولى العلي العظيم أن يسدد خطانا لما فيه الخير لطلابنا ولبلادنا إنه خير مسؤول وأفضل مجيب.

المترجمون

مقدمة المؤلفين

لقد طورنا مواد هذا الكتاب بحيث يخدم مقررات نظرية وتطبيقات طرائق التقريب العددي. هذا الكتاب مخصص، بصورة مبدئية، للمستوى قبل الأخير من الرياضيات، العلوم والهندسة، لطلاب أنهوا، على الأقل، السنة الأولى من دراسة حساب التفاضل والتكامل، في جامعات نموذجية وحصلوا على خلفية كافية من أساسيات جبر المصفوفات والمعادلات التفاضلية، رغم أننا قدمنا في هذا المؤلف موادا تمهيدية مناسبة.

لقد استخدمت طبعات سابقة لهذا الكتاب، في حالات مختلفة أوسع مما كنا نقصده في البدء. ففي بعض الحالات تم التركيز على التحليل الرياضي الذي بنيت عليه طرائق التقريب أكثر من الطرائق ذاتها؛ وفي حالات أخرى يعكس اتجاه هذا الاهتمام. لقد استخدم الكتاب، أيضا مرجعا أساسيا لمقررات المستوى الأول من الدراسات العليا في الهندسة وبرامج علم الحاسوب، وككتاب أساسي لفحص مقرر التأمين في التحليل العددي عندما تشيع الدراسة الذاتية وكمقرر في السنة الأولى من التحليل التمهيدي المقدم في الجامعات الدولية. لقد حاولنا تكييف هذا الكتاب بحيث يلائم هذه المتطلبات المختلفة دون المساس بهدفنا الأساسي ألا وهو إعطاء مدخل لطرائق التقريب الحديث، من تفسير؛ كيف، ولماذا، ومتى يتوقع منها العمل، وتوفير قاعدة صلبة لدراسة مستقبلية في التحليل العددي.

يحوي هذا الكتاب مادة كافية لسنة كاملة من الدراسة، إلا أننا نتوقع أن يستخدم كثير من القراء هذا الكتاب لمقرر فصل واحد. يتعلم الطالب، في مثل هذا المقرر، كيف يمكنه تعيين أنواع المسائل التي يحتاج حلها إلى طرائق عددية، يطلع على أمثلة من انتشار الخطأ الذي قد يظهر عند تطبيق طرائق عددية، وسيجد حلولا تقريبية لبعض المسائل التي لا يمكن حلها بصورة صحيحة. وتُستعمل بقية الكتاب مرجعا لطرائق لم تدرس في المقرر، سواء أكان المقرر لسنة أو فصل، فإن المعالجة متسقة مع هدف الكتاب.

في الواقع، كل مفهوم في هذا الكتاب موضح بمثال، فتحوي هذه الطبعة ما يزيد على ٢,٠٠٠ من التمارين، وتتراوح هذه التمارين بين تطبيقات للطرائق والخوارزميات وتعميمات وتوسيعات للقسم النظري من الكتاب. بالإضافة إلى ذلك، تحوي مجموعات التمارين أعدادا كبيرة من المسائل التطبيقية من مجالات متفرقة، كالهندسة والفيزياء وعلم الحاسوب وعلم الحياة والعلوم الاجتماعية. لقد اختيرت التطبيقات بحيث توضح باختصار كيف يمكن للطرائق العددية أن تطبق (وقد فعلت) في أحوال الحياة الواقعية.

الجديد في هذه الطبعة

* لقد أضفنا في الفصل التمهيدي جزءا تناول مختلف الحزم العامة الاستعمال المستخدمة في مجال التقريب العددي. قدمنا مصادر للحصول على برامج والتزود بمعلومات عن المراجع ذات الصلة بالموضوع مع التأكيد الخاص على برامج المجال العام. يوضح هذا البند أيضا إلى أي مدى تختلف حزم البرامج التخصصية عن البرامج المتوافرة من مصادر أخرى.
* من نهاية الفصل الثاني حتى نهاية الفصل الثاني عشر، أضفنا جزءا عنوانه «مسح للطرائق والبرامج». يلخص هذا الجزء الطرائق التي درست في ذلك الفصل وينصح بخطط من أجل اختيار أساليب تستخدم في مختلف الحالات. يزوّد هذا الجزء أيضا بمراجع من البرامج المواتية في مكتبات الرياضيات العالمية والإحصائية (IMSL) ومجموعة مكتبات الخوارزميات العددية (NAG) ويحيل الطالب إلى مصادر تخصصية أخرى عندما تكون لها صلة وثيقة بمواد الباب.
* لقد أضيفت خوارزميات جديدة للطرائق: الوضع الخاطىء، توليد منحنى بيزيي، تربيع غاوس للتكاملين الثنائي والثلاثي، تقريب بادي وتقريب شيبيشيف، بالدوال المنطقية. ولقد أعيدت كتابة افتتاحية التعليق في كل خوارزمية، في الحالة المناسبة، لتكون أكثر موافقة للمناقشات الواردة في النص.
* لقد وضعنا طريقة الوضع الخاطىء (regula falsi) في الفصل الثاني لأن هذا النوع من طرائق حصر الحل شائع الاستخدام في البرامج المتخصصة.
* لقد عرضنا استكمال لاجرانج بشكل مبسط في الفصل السادس وذلك بغرض استمرار الأفضل. لقد اختصرنا أيضا مناقشة كثيرات حدود تايلور في هذا الفصل وذلك لتوضيح أن كثيرات حدود تايلور لا تستخدم في الاستكمال.
* لقد ختم الفصل الثالث بجزء في المنحيات الوسيطية. ووضعنا في هذا البند كيف يمكن لأنظمة رسم حاسوب تكراري أن ترسم المنحنيات وتعدلها بسرعة. كثير من طلابنا يألفون برامج الحاسوب التخطيطية التي تتيح لمنحنيات رسمت باليد بأن ترسم بسرعة وتعدل. ويصف هذا الجزء كيف يمكن لدوال شريحة هيرميت المكعّبة ولكثيرات حدود بيزيه أن تجعل ذلك ممكنا. رغم أن هذا الجزء أعد كي يكون معرفيا أكثر منه حسابيا، إلا أننا قد أدخلنا فيه خوارزمية لتوليد منحنيات بيزيه.
* يحوي الفصل الخامس سلسلة جديدة من الأمثلة توضح، بشكل أفضل، الطرائق المستخدمة لحل مسائل القيمة الابتدائية. تستخدم مسألة قيمة ابتدائية لتوضيح جميع الأساليب المعتادة للتقريب الأمر الذي يسمح بالمقارنة بين الطرائق بصورة أكثر فعالية.
* لقد كثفت مواد مراجعة الجبر الخطي ونظمت في الفصل السادس وفي مطلع الفصل السابع، لتعكس بشكل أفضل، كيفية تعلم هذه المواد في أغلب المعاهد.
* لقد أعدنا العمل والترتيب في مجموعات التمارين لتوافر استمرارا أفضل سواء في الأجزاء أو من جزء إلى آخر. لقد أضيفت تمارين جديدة لجعل هذا الكتاب أكثر مرونة، وقد عدلت التمارين الصعبة من الناحية

النظرية وفصِّلت لتصبح في متناول عدد أكثر من الطلاب.

* لقد أضيفت إلى المراجع مراجع وثيقة الصلة بحزم البرامج العامة الغرض. وقد جددنا، حيثما كان ذلك مناسبا، عرضا قديما وعوضناه بمصادر أكثر شيوعا. لقد أدخلت الآن، أرقام مكتبة الكونجرس، بالإضافة إلى جميع المراجع والمجلات ليصبح إيجاد المادة المطلوبة في قائمة المراجع سهلا أثناء البحث في المكتبات. نأمل أن تصبح هذه الصورة معتادة في كتب الرياضيات التي تحوي الكثير من مراجع المادة.

الخوارزميات

كما كان الأمر في الطبعة السابقة، لقد قدمنا خوارزمية مفصلة ومنشأة بدون برامج مجدولة، لكل طريقة واردة في الكتاب. لقد قدمت الخوارزمية في صورة يمكن لكل طالب، لديه خبرة محدودة في البرمجة، أن يكتبها على شكل شفرة. يتوافر، مرافقا لهذه الطبعة، **دليل دراسة الطالب**، الذي يحوي حلول تمارين نموذجية وقرصا يحوي برنامجا مكتوبا من أجل الخوارزميات. البرنامج مكتوب بلغتي الفورتران وباسكال، والأقراص مصممة لتعمل بنظام التشغيل DOS. يمكن للناشر أن يزود المدرسين بكتاب شامل لأجوبة وحلول جميع التمارين الموجودة في الكتاب، بالإضافة إلى نسخة من القرص الذي يحوي دليل الدارس. لقد جددت صياغة جميع النتائج التي يحويها كتيب الحل لهذه الطبعة، باستخدام كل من لغتي فورتران وباسكال الموجودتين في القرص.

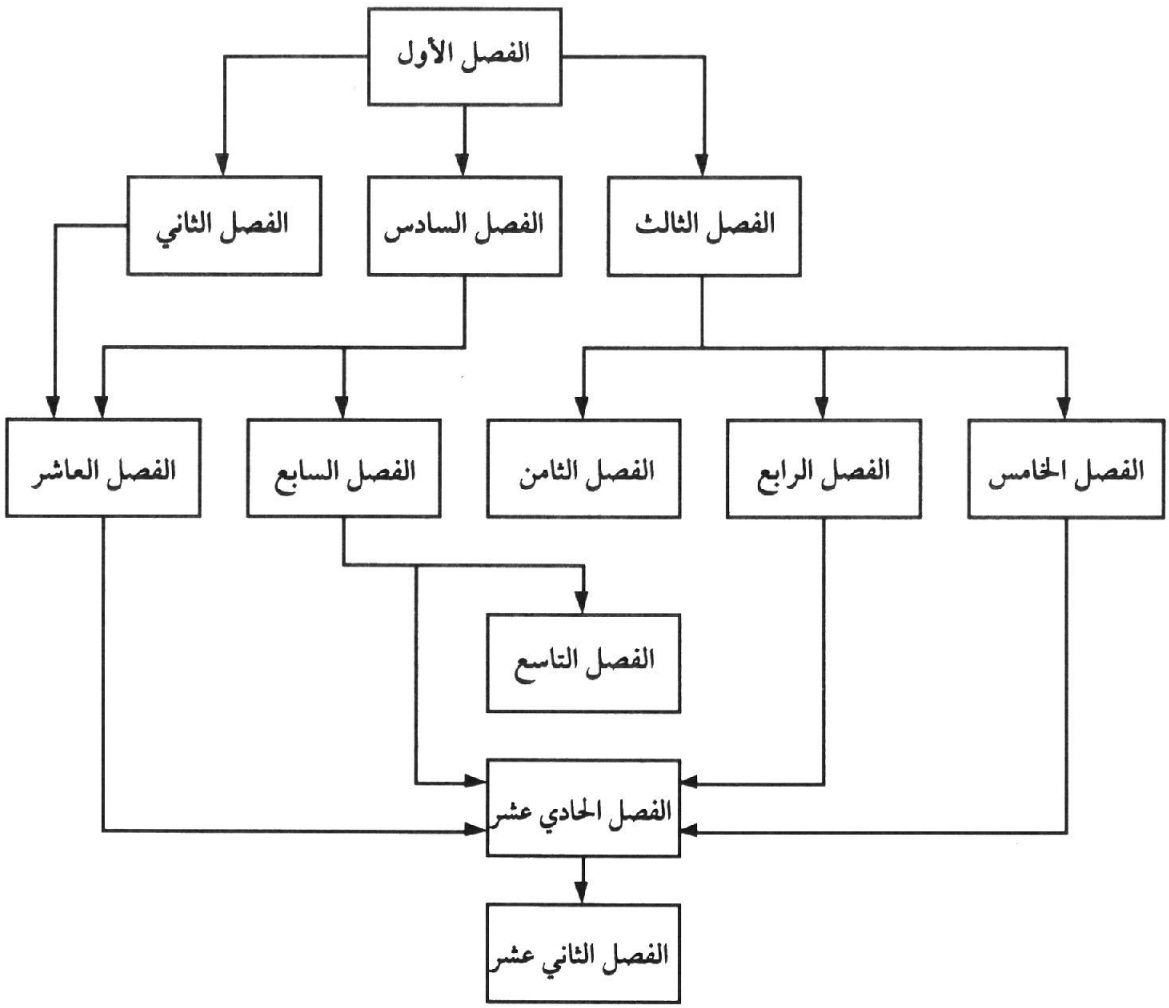
تؤدي الخوارزميات التي يحويها هذا الكتاب إلى برامج تعطي نتائج صحيحة للأمثلة والتمارين الموجودة في الكتاب، ولكن لم تقم أي محاولة لكتابة برامج تخصصية للغرض العام. بصورة خاصة، لم تكتب الخوارزمية أبدا بالصورة التي تؤدي إلى البرنامج الأكثر فعالية لمتطلبات الزمن والتخزين. عندما يظهر تعارض بين صياغة خوارزمية ذات فعالية كبيرة وبين صياغة واحدة مختلفة قليلا لتوضيح ميزة مهمة لطريقة ما، فإنه يؤخذ الأحدث بصورة دائمة.

الخطوط العريضة المقترحة للمقرر

لقد صمم هذا الكتاب بحيث يعطي للمدرسين مرونة في اختيار المواد، سواء فيما يتعلق بمستوى الدقة النظرية أو للتأكيد على التطبيقات. انسجاما مع هذا القصد، لقد وفرنا مراجع مفصلة من أجل النظريات التي لم تبرهن في النص، بالإضافة إلى التطبيقات التي استخدمت لتعيين الأهمية التطبيقية للطرائق. المراجع التي ذكرت هي الأكثر ملاءمة والمتوافرة في مكتبات الجامعات وقدمنا أيضا، من الطرائق الأكثر حداثة، تنويها بالبحث الأصلي، عندما نعتقد أنه يمكن الوصول إلى هذه المادة من قبل القراء.

يحدد المخطط التالي متطلبات كل باب:

لقد ذكر الانحراف الوحيد عن هذا المخطط أسفل الصفحة الأولى من الجزء (٦, ٣). قد درست أغلب التتابعات التي يمكن استنتاجها من هذا المخطط من قبل المؤلفين في جامعة Youngstown.



شكـر وتقـدير

من المؤسف أنه ليس بالإمكان تقديم شكر لكل من قدّم مقترحات قـيّمة من أجل تطوير عرضنا لكتاب التحليل العددي. ومن بين هؤلاء طلابنا وطلاب مدارس أخرى، وزملائنا الذين يدرّسون مقرر التحليل العددي والناشر وهيئة الإنتاج في PWS-KENT.

نود أن نزجي شكرنا الشخصي لمراجعي هذه الطبعة:

George Andrews, Oberlin College
John E. Bauchanan, Miami University
Richard Frnak, The Naval Postgraduate School
Richard E. Goodrick, Evergreen State College
Nathaniel Grossman, The University of California at Los Angeles
Max Gunzberger, Virginia Polytechnic and State University

David R. Hill, Temple University
Richard O. Hill, Jr., Michigan State University
Leonard J. Lipkin, The University of North Florica
Jim Ridenhour, Austin Peay State University
Steven E. Rigdon, Southern Illlinois University

ونخص بالشكر Phillip Schmidt of the University of Akron . ففيليب صديق حميم، في الوقت نفسه، مراجعا وناقدا ذو بصيرة.

وإننا، أيضا، سعداء بأن يكون لدينا فريق ممتاز من الطلاب المساعدين، يرأسهم السيد Sharyn Campell . لقد ضم هذا الفريق كل من Beth Eggens، Genevieve Bundy، Kim Graft و Melanie George . شكرا لهم لمساعدتهم إيانا بإخلاص. أخيرا نريد أن نقدم الشكر لـ Chuck Nelsson من قسم اللغة الإنجليزية في جامعة ولاية Youngstown لمساعدته إيانا بمختلف التجهيزات من Professional Design and Production Center .

المؤلفان