



أسس التحليل المركب

للرياضيات والعلوم والهندسة

تأليف

إ.أ. سنيدر

أستاذ الهندسة الكهربائية

إ.ب. ساف

أستاذ الرياضيات

جامعة جنوب فلوريدا

ترجمة

الدكتور أبو بكر الصديق أحمد بيومي

أستاذ مشارك

أستاذ مشارك

قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب. ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية



ح) جامعة الملك سعود، ١٤٢٦هـ (٢٠٠٥م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها لكتاب

Fundamental of Complex Analysis for Mathematics, Science, and Eninering.

By: E. B. Saff and A. D. Snider

Published by: Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 2nd. ed. 1993.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

ساف، أ.ب.

أسس التحليل المركب للرياضيات والعلوم والهندسة/ ساف؛ سنايدر؛ ترجمة أبو بكر بيومي؛ سعدون البراهيم - ط٣ - الرياض، ١٤٢٦هـ.

٧٦٢ ص، ٢٤×١٧ سم

ردمك : ٩٩٦٠-٣٧-٨٧٨-٠

١- الدولة المركبة ٢- تحليل الدوال أ- سنايدر، (مؤلف مشارك)

ب- بيومي، أبو بكر (مترجم) ج- البراهيم، سعدون (مترجم)

د- العنوان

١٤٢٦/٣٧٦٢

ديوي ٥١٥,٩

رقم الإيداع : ١٤٢٦/٣٧٦٢

ردمك : ٩٩٦٠-٣٧-٨٧٨-٠

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق على نشره بعد اطلاعه على تقارير المحكمين في اجتماعه التاسع عشر للعام الدراسي ١٤٢٥/١٤٢٦هـ، المعقود في ٧/٤/١٤٢٦هـ الموافق ١٥/٥/٢٠٠٥م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٦هـ/٢٠٠٥م



مقدمة الطبعة الثالثة

يعتبر هذا الكتاب من الكتب الغنية ليس فقط بالنظريات الشاملة التي تغطي مادة التحليل المركب بل أيضا بالتطبيقات المنوعة التي يحتاج إليها طلاب الرياضيات والعلوم والهندسة.

ولقد بذلنا بحمد الله جهدا متواضعا من قبل لإثراء المكتبة العربية بالكتب العلمية المترجمة في مادة التحليل المركب مستخدمين أسلوبا مبسطا وواضعا في اعتبارنا عدم الخروج عن النص أثناء الترجمة.

فهذا بحمد الله الكتاب الثاني المترجم لنا في هذا الموضوع بعد كتابنا الأول في التحليل المركب وتطبيقاته لوليم دريك الذي ظهرت ترجمته أيضا في نفس العام ٢٠٠٢م.

وكتابنا هذا يتميز بتتابع موضوعاته بسلاسة ويشتمل على الأمثلة العديدة المختلفة. ولقد وضعنا ثبثًا للمصطلحات العلمية في نهاية الكتاب متوخين أكثرها انتشارا في الوطن العربي. نرجو من الله تعالى أن يتم بفضله الفائدة على الدارسين له.

وصلى الله على سيدنا محمد.. وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

المترجمان

أبو بكر الصديق احمد بيومي
سعدون إبراهيم عثمان البراهيم

مقدمة الطبعة الثانية

إن سبب وجود " أسس التحليل المركب " هو اقتناعنا بأن الطلاب تحت التخرج في الرياضيات والعلوم والهندسة الذين قد أكملوا مقرراتهم في حساب التفاضل والتكامل قادرين على فهم أسس التحليل المركب وتطبيق طرقه لحل مشاكل فيزيائية. وعليه فقد جهزنا أنفسنا لهذه النعمة في محاولتنا لجعل أسس المادة أكثر سهولة للوصول لمنال القارئ والذي له ميول قليلة للخوض في طريقة الفرضيات الصارمة. ولإنجاز هذا الهدف فقد صغنا الكتاب على غرار كتب حساب التفاضل والتكامل القياسية وذلك في مستوى العرض والتخطيط. ولقد دمجنا التطبيقات الفيزيائية في كل الكتاب لكي تبدو الطرق الرياضية أقل عمقا للقارئ.

ولكى نكون أكثر تحديدا حول أسلوبنا في العرض ، نبدأ بتوجيه السؤال الذى يطرحه أولا أغلب المعلمون: لأى مدى يكون الكتاب كافيا بذاته ، أي ما النتائج التى برهنت وأى منها ذكر فقط ؟ دعنا نقول أننا قد فضلنا أن نضمن الكتاب كل البراهين التى تعكس روح نظرية الدالة التحليلية ، وأن نحذف أغلب البراهين التى تحوى نتائج قوية من التحليل الحقيقي. فمثلا لم نبرهن تقارب مجاميع ريمان للتكاملات المركبة ، أو نبرهن مبدأ كوشي لتقارب متسلسلة ، أو تعميم "جورستيه" لنظرية كوشي ، أو نظرية التطبيق لريمان. أضف إلى ذلك ، ومتذكرين فلسفتنا في تجنب الحذقة ، فقد تجنبنا تفسيرات الأزواج المرتبة للأعداد المركبة وقدمنا الطريقة الأكثر حدسية (المتمركزة في

امتدادات الحقل الجبري). لقد أعطيت نظرية كوشي تمثيلان بديلان في الفصل الرابع. الأول مبنى على إعادة تشكيل المسارات contours أو ما يعرف للتوبولوجيين على أنه الهوموتوبي Homotopy. ولقد تعرضنا لبعض المتاعب لجعل هذه الطريقة قابلة للفهم وجليّة للمبتدئين وفي صورة تكاملات خطية، واستحضار نظرية جرين لتكملة النقاش. وتكون هذه التطورات المتوازية جزئي القسم ٤ في الفصل الرابع، ويمكن قراءة أي منهما مع حذف الآخر بدون اضطراب العرض (على الرغم من أنه لا ينبغي أن يكون صعباً في أن ندرك اختيارنا من هذا الجزء).

تمثل حزم حالة الاتزان الحراري في بعدين، من وجهة نظرنا، اللحظات الأكثر شيوعاً للدوال التوافقية، ولذا قد اخترنا على نحو ثابت هذا التفسير لإظهار النظرية الخاصة بنظرية الدوال التحليلية. وقد أعطي هذا، والتطبيقات الأخرى لنظرية الجهد، تأكيدات خاصة في الفصل السابع على الدوال الحافظة للزوايا. ونرسم الفرق بين الطرق المباشرة حيث يجب بناء الدالة لحل مشكلة محددة، والطرق غير المباشرة التي تفترض الدالة؛ وحينئذ نبحث عن أي من المشاكل التي تحلها الدالة، وبعملنا هذا نأمل ألا نترك الانطباع، المقدم في كتب قديمة متعددة بأن كل التطبيقات للطريقة تقع في المرتبة الأخيرة. وفي هذه الطبعة الثانية أضيفت كثير من التفاصيل التي تعكس التقدم الذي حدث في السنوات الأخيرة على البناء العددي للدوال حافظة الزوايا conformal mappings. وفي الواقع فقد ساهم تريفثين L. Trefethen بسماحة نفس بملحق يصف إنجازته في الكمبيوتر لتحويل سفارتز - كريستوفل. والملحق الثاني يرتب قائمة من الدوال المقيدة ذات التعبيرات المغلقة closed form.

وتحليل النظم الخطية هو تطبيق آخر تكرر في هذا الكتاب. وقدم في الفصل الثالث الأفكار الأساسية لتحليل الترددات frequency analysis تليها دراسة الدوال السامية Transcendental. ولقد بوبت خرائط سميث Smith charts وتجميع

الدوائر، ومفاهيم الاتزان في الوقت المناسب، ويوجد التطور بالغ الذروة في الفصل الثامن مع عرض تحويلات فورييه Fourier، وميللين Mellin، ولاپلاس Laplace، وهلبيرت Hillbert، وتحويل z-transform. اتساقا مع الفلسفة المذكورة آنفا، نعرض البراهين لتمثيلات التحويل لهذه الحالات حيث تطبق نظرية الدوال التحليلية. وتوجد ملامح أخرى بالكتاب تتمثل في الأجزاء الاختيارية (رمز لها بالرمز \diamond) التي تثري التطور الرياضي أو التفسيرات الفيزيائية، وغطاء تام لاستخدامات نظرية الباقي Residue Theorey لحساب التكاملات، وهناك تناول شامل للتلخيص وللقرارات المقترحة عند نهاية كل فصل، كما توجد ثروة من الأمثلة المحلولة، الموضحة للنظريات.

ويمكن أن تغطي كل المادة الموجودة في هذا الكتاب على مهل في مقرر يتكون من فصلين، ويمكن أن تفصل مقررات ذات فصل واحد للاحتياجات المحددة لاهتمامات الطلبة. وفي جامعة جنوب فلوريدا يقدم قسم الرياضيات وكلية الهندسة مقررات مبنية على هذا الكتاب مع تمه تؤكد على مواد الفصول الأخيرة. ولتنوير المستخدمين للطبعة الأولى، دعنا نشير الى أهم الأفكار الجديدة في الطبعة الحديثة:

- مقدمة مسبقة لصيغة "أويلر" لتحاشي اهمال الرمز cis .
- تطبيقات للجبر المركب في الميكانيكا الفلكية وميكانيكا التروس.
- دمج المفاهيم الحسابية للمادة، وبخاصة أداة ترفين العديدة لتحويل شفارتز - كريستوفل.
- استثمار تشابه السريان الحراري لإظهار خواص الدالة التحليلية.
- التطبيقات الموسعة للنظم الخطية: تجميع الدوائر (الدوال الحقيقية الموجهة، الاتزان، تحويلات z- وهلبيرت، وعلاقات التشتت (الاستطارة).

- مقدمة لتكاملات كوشي وصيغ اسكوتسكي - بليملي Sokhotskyi-Plemelj.
- الإجابة على المسائل الفردية قد ضمنت الآن.

نود أن نشكر كلا من اللويد ترفثين Lloyd Trefethen، وديبورا ليفينسون Debora Levinson، ورائدل رايت Randall wright، وأيضا أعضاء هيئة برنتس هول لإسهاماتهم في الطبعة الثانية. ونشكر أيضا المراجعين لهذه الطبعة: سام هـ. دافيس Sam H. Davis من جامعة ريس، وفريدريك دياس Frederic Dias من معهد ورشستر للتكنولوجيا، وجيمس أ. هيومل James A. Hummel من جامعة ماري لاند، ووليام بري William Perry من جامعة تكساس، وكالفين ويلكوكس Calvin Wilcox من جامعة يوتا.

وتظل بالطبع مجهودات كل من كينث هوفمان Kenneth Hoffman، وكين جروس Ken Gross، وجاك بریتون Jack Britton، وجيمس جارد James Gard، ودافيد هورويتس David Horowitz في تنقيح الطبعة الأولى لها أثرها. أخيرا نوجه شكرنا لموجهينا في رسالة الدكتوراه جوزيف وولش Joseph Walsh، وبول جاربيديان Paul Garabedian لنصائهما المخلصة في نمونا الرياضي.

المؤلفان

إ. ب ساف E.B. Saff

أ. د. سنيدر A. D. Snider

مقدمة الطبعة الأولى

يعتبر النشاط الذى تشهده حركة الترجمة في الوقت الحالى خطوة محمودة على طريق إثراء المكتبة العربية بالكتب المترجمة ، وتزويد الطالب العربي بالكتاب الدراسي الذي يعينه على الاطلاع على أحدث ما توصل إليه العلم في دول سبقتنا كثيرا في العديد من المجالات. ولعل إدراكنا لأهمية الترجمة باعتبارها من أهم الوسائل لنقل المعرفة وتبادل المعلومات ؛ هو الذى دفعنا للقيام بترجمة واحد من أحدث الكتب التى ظهرت في علم التحليل المركب. ولقد حاولنا في ترجمتنا أن تكون شاملة ومحتوية على المصطلحات العربية المتداولة في أغلب البلدان العربية إلا ما اضطررنا إلى إضافته من مصطلحات جديدة رأينا أنها أكثر إفادة في توضيح المفهوم العلمي للمصطلح الأجنبي.

لقد اعتمدنا الطبعة الحديثة من هذا الكتاب لأنها اشتملت على أحدث النظريات في علم التحليل المركب ، فهي جامعة - من وجهة نظرنا - لمختلف موضوعات التحليل المركب وتطبيقاته ؛ مما يجعل للكتاب قيمة لا يستهان بها في متناول الطالب الجامعي.

ويتميز الكتاب بأسلوب سهل وميسر ، تتابع موضوعاته بسلاسه ، ويشتمل على العديد من الأمثلة والتطبيقات في مختلف الموضوعات وكثيرا من فروع العلم .
وختاماً نتوجه بالشكر للأستاذ حسين سيد صادق على حسن طباعته لهذا الكتاب.

نأمل من الله سبحانه وتعالى أن نكون قد وفقنا في نقل المعلومة بأمانة ووضوح وأن يتقبل عملنا خالصا لوجهه الكريم وأن يجعل فيه الخير لدارسي هذا الفرع من الرياضيات وغيرهم من المهتمين والباحثين. وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

المترجمان

أبو بكر الصديق أحمد بيومي

سعدون ابراهيم عثمان البراهيم

المحتويات

١	..... الفصل الأول : الأعداد المركبة
١	..... ١.١ جبر الأعداد المركبة
٩	..... ١.٢ التمثيل الكارتيزي للأعداد المركبة ، القيم المطلقة والمرافقات المركبة
١٨	..... ١.٣ المتجهات والصور القطبية
٣٢	..... ١.٤ الدالة الأسية المركبة
٤١	..... ١.٥ قوى وجذور العدد المركب
٥٠	..... ١.٦ المجموعات المستوية
٥٧	..... ١.٧ بعض تطبيقات المتغيرات المركبة في الميكانيكا
٦٤	..... الملخص
٦٥	..... المراجع المقترحة
٦٧	..... الفصل الثاني : الدوال التحليلية
٦٧	..... ٢.١ دوال المتغير المركب
٧٤	..... ٢.٢ النهايات والاتصال
٨٢	..... ٢.٣ التحليلية
٩٣	..... ٢.٤ معادلتى كوشي - ريمان
١٠٣	..... ٢.٥ الدوال التوافقية
١١٤	..... ٢.٦ حالة درجة الحرارة المستقرة كدالة توافقية
١٢٠	..... الملخص
١٢١	..... المراجع المقترحة

١٢٣	..... الفصل الثالث : الدوال الأولية
١٢٣	..... ٣.١ الدوال الأسية والمثلثية والزائدية
١٣٣	..... ٣.٢ الدالة اللوغاريتمية
١٤٣	..... ٣.٣ قوى المتغير المركب والدوال المثلثية العكسية
١٥٦	..... ٣.٤ تطبيقات على النظم المتذبذبة
١٦٤	..... الملخص
١٦٥	..... المراجع المقترحة
١٦٧	..... الفصل الرابع : التكامل المركب
١٦٧	..... ٤.١ المسارات
١٨٧	..... ٤.٢ التكاملات المسارية
٢٠٢	..... ٤.٣ التكاملات المستقلة عن طبيعة المسار
٢١٣	..... ٤.٤ نظرية كوشي للتكامل
٢٤٧	..... ٤.٥ صيغة كوشي التكاملية وتوابعها
٢٦٣	..... ٤.٦ حدود الدوال التحليلية
٢٧٤	..... ٤.٧ تطبيقات على الدوال التوافقية
٢٨٧	..... الملخص
٢٨٩	..... المراجع المقترحة
٢٩١	..... الفصل الخامس : تمثيل الدوال التحليلية بمسلسلات
٢٩١	..... ٥.١ المتتاليات والمسلسلات
٣٠٢	..... ٥.٢ متسلسلة تايلور
٣١٧	..... ٥.٣ متسلسلة القوى
٣٣١	..... ٥.٤ النظرية الرياضية للتقارب
٣٤١	..... ٥.٥ متسلسلة لوران
٣٥٢	..... ٥.٦ الأصفار والنقاط الشاذة

٣٦٦	.....	٥,٧ النقطة عند اللانهاية
٣٧٦	.....	٥,٨ الامتداد التحليلي
٣٩٤	.....	الملخص
٣٩٦	.....	المراجع المقترحة
٣٩٧	.....	الفصل السادس : نظرية الباقي
٣٩٧	.....	٦,١ نظرية الباقي
٤٠٦	.....	٦,٢ التكاملات المثلثية على $[0,2\pi]$
٤١٢	.....	٦,٣ التكاملات المعتلة لبعض الدوال على $(-\infty, \infty)$
٤٢٦	.....	٦,٤ التكامل المعتل لدوال مثلثية وتمهيدية جوردان
٤٣٧	.....	٦,٥ المسارات المنبجعة
٤٤٨	.....	٦,٦ تكاملات الدوال متعددة القيم
٤٥٩	.....	٦,٧ مبدأ اختلاف الزوايا ونظرية روشية
٤٧٧	.....	الملخص
٤٧٩	.....	المراجع المقترحة
٤٨١	.....	الفصل السابع : التطبيق الحافظ للزوايا
٤٨١	.....	٧,١ عدم تغير معادلات لابلاس
٤٩٢	.....	٧,٢ اعتبارات هندسية
٥٠٣	.....	٧,٣ تحويلات مويس
٥٢١	.....	٧,٤ تكملة تحويلات مويس
٥٣٨	.....	٧,٥ تحويل شفاتز - كريستوفل
٥٥٤	.....	٧,٦ تطبيقات في الكهرباء الساكنة، سريان الحرارة، ميكانيكا الموائع
٥٧٢	.....	٧,٧ تطبيقات فيزيائية اضافية للتطبيق الحافظ للزوايا
٥٨٤	.....	الملخص
٥٨٥	.....	المراجع المقترحة

٥٨٧	..... الفصل الثامن : تحويلات الرياضيات التطبيقية
٥٨٨	..... ٨.١ متسلسلة فورية (تحويل فورية النهائي)
٦١٣	..... ٨.٢ تحويل فورية
٦٢٩	..... ٨.٣ تحويل لابلاس
٦٤٣	..... ٨.٤ تحويل - Z
٦٥٣	..... ٨.٥ تكاملات كوشي وتحويل هلمبرت
٦٧٣	..... الملخص
٣٧٥	..... المراجع المقترحة
٦٧٧	..... الملاحق
٦٧٧	..... الملحق (١) : البناء العددي للتطبيقات الحافظة للزوايا
٦٧٨	..... (١.١) مسألة شفاتز - كريستوفل البارمترية
٦٨٥	..... (١.٢) أمثلة
٦٩١	..... (١.٣) التكامل العددي
٦٩٥	..... (١.٤) التطبيقات الحافظة للزوايا لمجالات ملساء
٦٩٧	..... المراجع المقترحة
٦٩٩	..... الملحق (٢) : جدول التطبيقات الحافظة للزوايا
٦٩٩	..... (٢.١) تحويلات موييس
٧٠١	..... (٢.٢) تحويلات أخرى
٧٠٥	..... حلول المسائل الفردية
٧٤١	..... ثبت المصطلحات
٧٤١	..... أولا : عربي - إنجليزي
٧٥١	..... ثانيا : إنجليزي - عربي
٧٦١	..... كشف الموضوعات