

עלון

אישח"מ

עלון האיגוד הישראלי לשיטות חישוביות במכניקה

מספר 4

ספטמבר 2000

עורך: דן גבעולי, הפקולטה להנדסת אוירונאוטיקה וחלל, טכניון, חיפה 32000,
טל. 8293814 (04), פקס 8231848 (04), דואר אלקטרוני: givolid@aerodyne.technion.ac.il
חברי ועד אישח"מ: עמנואל אור, מיכאל אנגלמן, פנחס בר-יוסף (נשיא), מישל ברקובייר,
דן גבעולי (נציג ב-IACM), יצחק הררי (מנהל אתר האינטרנט), זוהר יוסיבש (מזכיר-גזבר).
אתר אישח"מ (IACMM) באינטרנט: <http://www.eng.tau.ac.il/~harari/IACMM/iacmm.html>
רישום לחברות באגודה ופרטים נוספים: באתר האגודה הנ"ל, או פנו למזכיר-גזבר,
ד"ר זוהר יוסיבש, המחלקה להנדסת מכונות, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, באר שבע 84105,
טל. 6477103 (07), פקס 6472813 (07), דואר אלקטרוני: zohary@pversion.bgu.ac.il

הערות העורך:

נא שלחו לכתובת המערכת (בדואר אלקטרוני או רגיל)
חומר לפרסום בעלון. ניתן ורצוי לצרף ציורים ותמונות.
לידיעת חברות - ניתן גם לפרסם חומר מסחרי- פרסומי
בתשלום. לפרטים נא לפנות למערכת. גירסה צבעונית של
עלון זה מופיעה באתר האגודה (ראה לעיל).

יום העיון ה-9 של אישח"מ

ISCAM-9 יתקיים ב- 26.10.00 בטכניון. תוכנית יום-העיון
מצורפת לעלון זה. כולכם מחמנים!

אנשים בתנועה...

יצחק הררי סיים זה עתה שנת שבתון באוניברסיטת
קולורדו בבולדר וחוזר למחלקה למכניקה, חומרים
ומערכות באוניברסיטת ת"א.
יוסי ארזואן עבר מתפקיד של ראש קבוצת תיב"מ ב"צמיגי
אליאנס" לתפקיד מנהל R&D בחברת i-Impact העוסקת
בתוכנת אינטרנט.
שמוליק קידר עבר לאחרונה מ"אליאנס" לחברת "ברקום"
(מחזיקת ANSYS בישראל).
[אם גם אתם "אנשים בתנועה" נא הודיעו למערכת על כך.]

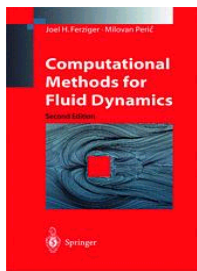
עשרת האלגוריתמים החשובים

ביותר של המאה ה-20

בגליון ינואר/פברואר 2000 של כתב-העת Computing in
Science & Engineering (היוצא לאור ע"י האגודה)

האמריקאית לפיסיקה ו-IEEE, העורכים ג'ק דונגרה
ופרנסיס סוליבן פירסמו רשימה של "עשרת האלגוריתמים
המובילים של המאה" לפי דעתם. הרשימה נסקרה גם
בעלון Siam News ע"י הכתב בארי סיפרה. להלן הרשימה
עם הערות קצרות. למעשה חלק מהשיטות המופיעות בה
הן אוספים של אלגוריתמים שהומצאו במשך תקופה
ארוכה. האם שמעתם על כל השיטות המוזכרות? האם
הייתם מחליפים כמה מהשיטות ברשימה באחרות?
1. שיטת מונטה קרלו. הומצאה ע"י ג'ון וון-נוימן
וחברים מלוס אלמוס ב-1946. השיטה מחקה
תהליך אקראי וכך מוצאת פתרונות מקורבים
לבעיות עם מספר דרג"ח עצום.
2. שיטת SIMPLEX. הומצאה ב-1947 ע"י ג'ורג'
דנציג מחברת RAND (כיום פרופ' אמריטוס
באוני' סטנפורד; בתמונה). מאפשרת מציאת
פתרון לבעיות אופטימיזציה לינאריות.





For more information
Springer books see our
Engineering Online Library:
<http://www.springer.de/engine>
J.H. Ferziger / M. Peric

20 % off for
Society
Members

J.H. Ferziger; M. Peric

Computational Methods for Fluid Dynamics

An overview of the computer techniques used to solve problems in fluid mechanics, describing in detail those most often used in practice.

2nd rev. ed. 1999. XIV, 389 pp. 118 figs. Softcover

* DM 79,-; £ 27,-; FF 298,-; Lit. 87250; OS 577,-; sFr 72,-
ISBN 3-540-65373-2

J.F. Wend (Ed.)

Computational Fluid Dynamics

Provides an elementary tutorial presentation on computational fluid dynamics (CFD), emphasizing the fundamentals and surveying a variety of solution techniques whose applications range from low speed incompressible flow to hypersonic flow.

2nd ed. 1996. XII, 302 pp. Hardcover

* DM 179,-; £ 61,50; FF 675,-; Lit. 197.690; OS 1307,-; sFr 162,-
ISBN 3-540-59471-X

T. Cebeci; J. Cousteix

Modeling and Computation of Boundary-Layer Flows

Laminar, Turbulent and Transitional Boundary Layers in Incompressible Flows

Introduction to computational fluid dynamics with emphasis on the solution of the boundary-layer equations and the modeling and computation of boundary-layer flows.

1999. XV, 469 pp. 180 figs., 23 tabs., 139 Problems and

46 Computer Programs. Hardcover

* DM 149,-; £ 51,50; FF 562,-; Lit. 164.550; OS 1088,-; sFr 136,-
ISBN 3-540-65010-5

Free table of contents and abstracts of our journal

Computational Mechanics at:

<http://link.springer.de/link/service/journals/00466/index.htm>

Springer -Customer Service
Haberstr. 7

69126 Heidelberg, Germany

Tel: +49(0)6221 -345 -217/8

Fax: +49(0)6221 -345 -229

e-mail: orders@springer.de

Recommended retail prices. Prices and other details are subject to change without notice. To EU countries the local VAT is effective. Please mention your membership.no.with your order. d&p. 7078IMNT/SF

3. שיטות איטרטיביות לפתרון $Ax=b$. התחילו

להתפתח ב-1950, עם המצאת שיטת

תת-המרחבים של Krylov ושיטת conjugate

gradients עבור מטריצות סימטריות. מאז

השיטות האלו שופרו ע"י חוקרים אחרים,

והומצאו גם שיטות רבות אחרות, כמו למשל

GMRES עבור מטריצות לא סימטריות.

4. שיטות פקטוריזציה של מטריצות. החלוק

בתחום זה הוא האוסהולדר (Householder)

מהמעבדה הלאומית ב-Oak Ridge, שבשנת

1951 הראה כיצד ומדוע כדאי לפרק

מטריצות למכפלות של מטריצות אלכסוניות,

משולשות, סימטריות, אורתוגונליות וכו'.

5. פורטרן. שפת פורטרן הומצאה ב-1957 ע"י

John Backus מ-IBM (בתמונה). זו היתה שפת

המחשב העלית הראשונה.



6. אלגוריתם QR. הומצא ב-1959 ע"י ג.פ.

פרנסיס מחברת פרנטי בלונדון. זוהי השיטה

היציבה הראשונה לחישוב ערכים עצמיים

של מטריצה.

7. אלגוריתם מיון Quicksort. הומצא ב-1962 ע"י

Tony Hoare מחברת האחים אליוט בלונדון.

אלגוריתם זה מקבל סידרה של N מספרים

ומסדר אותם לפי סדר ביעילות (עם מספר

פעולות ממוצע בסדר גודל של $N \log N$).

8. טרנספורם-פורייה מהיר (FFT). הומצא ע"י

James Cooley מ-IBM ו-John Tukey ממעבדות

AT&T Bell ב-1965. מאפשר חישוב של

טרנספורם פורייה ב- $O(N \log N)$ פעולות

במקום ב- $O(N^2)$.

9. אלגוריתם איתור מקדמים שלמים. הומצא ב-

1977 ע"י פרנסון ופורקייט מאוניברסיטת

בריגה-יאנג. פותר את הבעיה הבאה: בהנתן

וקטור של מספרים ממשיים, מצא וקטור של

מספרים שלמים (שונה מאפס) אורתוגונלי לו.

יש לאלגוריתם זה יישומים במכניקת

הקוונטים.

10. אלגוריתם רב-קוטבי מהיר (fast multipole).

הומצא ב-1987 ע"י גרינגרד ורוחלין

מאוניברסיטת ייל. מאפשר לפתור את בעיית

N הגופים (למשל, N כוכבים הנעים

ומפעילים כוחות אחד על שני) ב- $O(N)$

פעולות במקום ב- $O(N^2)$.

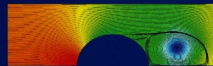
NOW AVAILABLE IN
PAPERBACK IN 2 VOLUMES



Stay ahead of the field...

INCOMPRESSIBLE FLOW AND THE FINITE ELEMENT METHOD

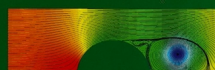
Volume One
Advection-Diffusion



P. M. GRESHO · R. L. SANI

INCOMPRESSIBLE FLOW AND THE FINITE ELEMENT METHOD

Volume Two
Isothermal Laminar Flow



P. M. GRESHO · R. L. SANI

Incompressible Flow and the Finite Element Method

Vol 1 Advection-Diffusion
Vol 2 Isothermal Laminar Flow

P.M. GRESHO, *Lawrence Livermore National
Laboratory, USA* and

R.L. SANI, *University of Colorado, USA*

The most comprehensive reference work on the application of the finite element method to incompressible flows, this is an essential tool for all practicing and student engineers. Addressing the theoretical background and detailed development of appropriate numerical methods applied to the solution of a wide range of incompressible flows, it also explains and emphasizes consistency in six areas: consistent mass matrix; consistent pressure Poisson equations; consistent penalty methods; consistent normal direction; consistent heat flux; consistent forces.

- Can be used as 'self-teaching' tutorial for students
- Includes worked exercises, numerous applications and sample results of computer simulations
- Shows readers how to build their own computer code

0 471 9 6789 0 1998 1044pp Hbk £175.00 €288.90

Volume 1: 0 471 49249 3 April 2000 480pp Hbk £45.00 €74.30

Volume 2: 0 471 49250 7 April 2000 632pp Hbk £45.00 €74.30

2 Volume Set: 0 471 49268 X £90.00 €132.00

Please note that prices quoted here apply to UK and Europe only. All prices correct at time of going to press but subject to change.

John Wiley & Sons Ltd,
Baffins Lane, Chichester, Sussex, PO19 1UD, UK
Tel: +44 (0) 1243 779777
Fax: +44 (0) 1243 770460
engineering_uk@wiley.co.uk

For U.S. customers, contact Customer Services at
John Wiley and Sons, Inc., 605 Third Avenue,
New York, NY 10158-0012
Tel: 1-800-225-5945 (1-800-US-WILEY)
Fax: (212) 850-8888
custserv@wiley.com

VISIT THE WILEY HOMEPAGE

www.wiley.co.uk

ספר חדש

בתחום המקורי שלה: חישובי מכניקת מוצקים עם גיאומטריה מסובכת. העובדה ששיטת א"ס היא בדרך "הטובה ביותר" עבור בעיות אליפטיות בתחומים שרירותיים הובילה אנשי א"ס אחדים להאמין שתחומים אחרים של פיסיקה חישובית – ובמיוחד מכניקת הזורמים – גם הם יהיו "טרף קל". אולם, העובדה שמשוואות נביאר-סטוקס הן קל/קל יותר קשות לפתרון, שלא לדבר על פתרון יעיל, בשילוב "מכירת יתר" של א"ס ע"י אחדים ו"מתמטיזצית-יתר" של השיטה ע"י אחרים, גרמו לכך שא"ס נעשו פחות אטרקטיביים בשנות ה-80 וה-90. במקביל חלה התפתחות רבה בשני תחומים ב-CFD הקשורים להפרשים סופיים: (1) רשתות מתאימות-גוף (body-fitted) לגיאומטריה מסובכת בעזרת טרנספורמציה, (2) שיטות נפחים סופיים (נ"ס).

לאחרונה יצא לאור בהוצאת Wiley (ראו פרסום לעיל) ספר בשני כרכים בשם "זרימה בלתי דחיסה ושיטת האלמנטים הסופיים" מאת Gresho & Sani (ובשיתוף מיכאל אנגלמן, חבר-ועד של אישח"מ). הספר מכסה את הנושא בצורה שלמה ומצויינת וממלץ ביותר לכל העוסק בתחום. יתר על כן, הספר כתוב בצורה מעניינת, מסודרת וקריאה ביותר, וניגש לנושאים השונים גם בהסתכלות מגבוה וגם תוך ירידה לפרטים. לעיתים הוא אף נוגע בנושאים מעט שנויים במחלוקת המוסיפים עניין לספר. אנו מביאים כאן לדוגמה קטע מתורגם חופשית (לקוח מסעיף 1.7 בכרך 1), ברשות ההוצאה.

מדוע אלמנטים סופיים? מדוע לא נפחים סופיים?

בחוגי ה-CFD שיטת האלמנטים הסופיים (א"ס) עדיין לא השיגה את רמת ההכרה שהשיגו שיטות נומריות אחרות. חלק מזה קשור לאנחת הרווחה שהשמיעו אלה שחששו מהרע ביותר לפני כעשר שנים כשהתברר שלא"ס אין כמעט מתחרים

שיטת נ"ס מובנת יותר פיסיקלית משיטת א"ס: ניתן לפרשה כשיטת שארית-משוקללת המבוססת על "חוקי שימור מקומיים". בנוסף, שיטת נ"ס – שפותחה בעיקר ע"י מהנדסי מכונות – לא היתה מאויימת ע"י המתמטיקה המפחידה שליוותה את הפיתוח של א"ס ולא היתה מאופיינת ע"י חיפוש אינסופי אחרי האלמנט הטוב ביותר שעליו אפילו המומחים אינם מסכימים... חלק גדול מההתבדלות בין א"ס ונ"ס נעוץ בהסטוריה של התפתחותם ב-CFD: א"ס באו ממכניקת המוצקים שבה שלטו פתרונות אימפליסיטיים, שיטת ניוטון-רפסון ואלימינציה של גאוס, ונ"ס התפתחו מהפרשים סופיים עם גיאומטריות פשוטות, עם פתרונות אקספליסיטיים ושיטות אלגבריות איטרטיביות. היתרונות של השיטות האחרונות הם שניים: מאמץ חישובי מופחת ורדיוס התכנסות גדול. החסרון הוא *מספר האיטרציות הגדול* הדרוש כדי להשיג התכנסות. מעניין על רקע זה להבחין בנטייה הנוכחית בקהיליית הנ"ס לקראת שיטות איטרטיביות *אימפליסיטיות* עקב החסרון הנ"ל. חשוב גם לציין שלעיתים קרובות נערכת השוואה בין שיטות על בסיס "מאמץ CPU לצומת". זוהי דרך מאד מטעה להשוואה, בעיקר לבעיות לא לינאריות, מכיוון שיש לקחת בחשבון גם שיקולים כגון דיוק וקצב התכנסות.

הגורמים המוזכרים לעיל גרמו לכך שהתמיכה בשיטת א"ס ירדה, או לפחות לא גדלה בקצב שבו גדל CFD. זאת למרות ששיטת א"ס היא בעצם שיטת נ"ס "מוכללת", מכיוון שנ"ס המנוסחים בצורה עקבית דומים מאד לא"ס מסדר נמוך כפי שנדגים בהמשך. אולם, חל שינוי די משמעותי לאחרונה – משני צדי הגדר: א"ס, לפחות בחוגים מסויימים, הולכים לכוון של אלמנטים פשוטים (מסדר נמוך) ולשיטות איטרטיביות ואקספליסיטיות, ומצד שני מתחילים לראות אנליזות יציבות והתכנסות של שיטת נ"ס. [כאן מצוטטים מספר מקורות – העורך.]

אנו מאמינים ששיטת א"ס, בשימוש עם אלמנטים מסדר נמוך (בעיקר לינאריים וקבועים-למקוטעין) אכן מייצגת גירסה של נ"ס *מוכללים*, במיוחד עתה כשקהיליית א"ס ב-CFD הדביקה את הפיגור בנושא אסטרטגיות פתרון לבעיות עם מליוני נעלמים. אנחנו פחות בטוחים לגבי השימושיות של אלמנטים מסדר גבוה – אם כי זה אולי פחות חשוב מכיוון שאין נ"ס מסדר גבוה. (כפי שנדגים בפרק הבא, שיטת נ"ס היא *באופן עקרוני* שיטה מסדר נמוך – בדרך כלל.)

עתה נציג השוואה בין א"ס ונ"ס במספר מישורים. נתחיל מהטענה העיקרית לטובת נ"ס, שהם מבטיחים קיום חוקי שימור בצורה מקומית (ברמת הנפח הסופי) ולכן גם בצורה גלובלית (דרך סיכום פשוט). לאור זאת (אומרת הטענה), למשוואות הדיסקרטיות יש תמיד צורה פשוטה

ופירוש פיסיקלי פשוט. למרות שהטענה הזו היא בעקרון נכונה ושימור מקומי הוא חשוב, נכון גם שמשוואות ההפרשים מפסיקות להיות פשוטות והפירוש הפיסיקלי נעלם כאשר משתמשים בנ"ס בגיאומטריה מסובכת, עם כל המיפויים, יעקוביאנים, מטריקות, ולפעמים אפילו (ישמור האל) סימני קריסטופל. כמו כן, חשוב להבין שקיום של *חוקי שימור* מקומיים אינו מבטיח בהכרח *דיוק* מקומי. נעיר גם שכל שיטות הנ"ס שראינו משתמשות במטריצות מסה מרוכזות (אלכסוניות), וכך בעצם נסתרת הטענה לשימור מקומי.

טענה נוספת הנשמעת לפעמים היא זו: המתמטיקה של א"ס היא קשה מידי והמושגים של שארית משוקללת וכו' הם לא פיסיקליים ולא אינטואיטיביים. התשובה שלנו לטענה היא:

1. שיטת נ"ס גם היא שיטת שארית-משוקללת, רק עם פונקציות משקל פשוטות יותר (קבועות למקוטעין).
2. רוב המתמטיקה המסובכת ניתנת לעקיפה ע"י משתמשים או אפילו ע"י כותבי תוכנה.
3. טענה זוהי ניתן להשמיע גם נגד שיטות המבוססות על טורי פורייה: גם הן "לא פיסיקליות ולא אינטואיטיביות". אבל נדמה שהכל מסכימים שהן שיטות חזקות מאד.

פתרון תשבץ אישח"מ

	א	ש	נ	ב	ז		
מ	ו	ל	ט	י	ג	ר	י
ק		מ	פ	ו		ש	נ
ב	ח	נ		ט		ת	ק
י		ט		ו		ב	ר
ל	ג		כ	נ	ה		י
י	צ	י	ב		פ	ו	צ
		נ	ס	ט	ר	נ	י
צ	ל	ו	מ		ש		א
ע	מ	ס				פ	ס
ד	י	ו	ק		ס	ו	פ

פתר נכונה: פ. בר-יוסף.

חידות מה-הקשר:

1. מה הקשר בין שמשון הגיבור ושיטת האלמנטים הסופיים?
2. מה הקשר בין ג'וקר לבין המצאת שיטת האלמנטים הסופיים?
3. מה הקשר בין דוכיפת לבין תוכנית המכילה את הפקודה $r=r/(g0-a)*2.e4$ if (a.eq.g0)?

תשובות יש לשלוח למערכת. פתרון ושמות הפותרים נכונה יפורסמו בגליון הבא.