

APLICAȚII GRAFICE ORIGINALE PENTRU INGINERIE DEZVOLTATE ÎN ANII 1987-1997

Prof. dr. habil. ing. Emil M. OANȚĂ¹, Prof. dr. ing. Cornel PANAIT¹,
Conf. dr. ing. Alexandra RAICU¹

¹ Universitatea Maritimă din Constanța

REZUMAT. Un model de calcul în inginerie folosește, de regulă, un volum mare de date numerice care necesită o prelucrare complexă. Validarea vizuală a datelor reprezintă o necesitate majoră, ca atare dezvoltarea de aplicații pentru reprezentări grafice a constituit o direcție de cercetare a autorilor încă de acum 30..35 de ani, când practic se puneau bazele graficii computaționale în România. Perioada abordată este importantă deoarece a fost marcată de un major avans tehnologic și conceptual. Astfel de la calculatoare care foloseau cartele s-a avansat rapid la calculatoare personale. Mai mult, de la grafică în mod caracter s-a ajuns în scurt timp la grafică vectorizată, ceea ce constituie un avans imens. Sursele de reprezentări grafice au fost: limbajele care dețineau biblioteci cu funcții grafice, mediile care ofereau facilități grafice, de exemplu 'business graphics' și, mai târziu primele aplicații de proiectare asistată de calculator. Conceperea unor interfețe generale între aceste surse de 'grafică' și alte programe, de exemplu de modelare analitică sau numerică, a condus la apariția unor reprezentări grafice remarcabile. Principiile și conceptele dezvoltate în perioada abordată în lucrare au fost refolosite și actualizate în contextul actual, care este generos ca resurse grafice oferite, acestea ajungând până la nivelul de realitate virtuală.

Cuvinte cheie: geometrie asistată de calculator, metode de vizualizare, software original, exemple

ABSTRACT. A model in engineering usually uses a large volume of data which require complex computations. The visual validation of the data is an important demand. In this way, the software development for graphical representations was a research direction of the authors starting to a period 30..35 years ago when the foundation of graphical computations was set in Romania. The period considered in the paper is important because it was the time when profound changes were undergoing and a major conceptual and technological progress was recorded. Thus, the computers which used punched cards were replaced by successive generations of computers up to the personal computers. Moreover, from character based graphics, the progress led to vector graphics in this period, which is a huge advancement. The sources of graphic representation were: the programming languages which were fitted with libraries of graphical functions, programming environments which were provided graphical facilities, such as the 'business graphics' and, at a later stage, the first computer aided design applications. The development of interfaces between these sources of graphic-like information and other programs, i.e. analytical or numerical modeling applications, produced remarkable graphical representations. The principles and the concepts developed in this period were reused and updated in the nowadays context, context which is generous in terms of graphical resources available, their utmost level being the virtual reality graphics.

Keywords: computer aided geometry, visualization methods, original software, examples

1. INTRODUCERE

Interpretarea rapidă a unui volum mare de date numerice poate fi realizată prin prezentarea acestora într-o formă grafică sugestivă. Facilitățile grafice actuale erau de neimaginat în perioada începuturilor, când majoritatea centrelor de calcul se mândreau cu calculatoarele Felix cu memorie din ce în ce mai mare, însă care încă foloseau cartele. În această perioadă au apărut primele calculatoare mini din gama Independent/Coral cu sistem de operare Mix și ceva mai târziu calculatoare micro cu sistem de operare CP/M. Resursele limitate erau parțial compensate de entuziasmul și creativitatea progra-

matorilor, de ajutorul dezinteresat pe care aceștia și-l acordau.

2. MODELE GEOMETRICE ȘI VIZUALIZĂRI PÂNĂ ÎN ANUL 1990

Geometria computațională era la începuturi, catalizatorii preocupărilor legate de grafica inginerască fiind profesorii cu viziune din catedrele de geometrie descriptivă și desen tehnic. Sprijin în această direcție de dezvoltare a mai fost acordat și de Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Mașini Unelte TITAN (ICSITMU TITAN), dar și de

Institutul Central de Informatică (ICI), unde se formează un prim colectiv care își propune să conceapă o aplicație de desenare asistată de calculator. În acest sens amintesc desenul din figura 1, realizat împreună cu domnul profesor Gabriel Jiga din Universitatea Politehnică din București folosind sistemul Isolda produs integral la ICI București.

Modelele geometrice 3D foloseau în mare măsură noțiuni de geometrie analitică, în acest sens fiind remarcat sprijinul Ministerului Industriei Electrotehnice prin Oficiul de informare documentară pentru industria electrotehnică, care a integrat contribuțiile de la acel moment în domeniul graficii asistate de calculator și le-a publicat în lucrarea [1].

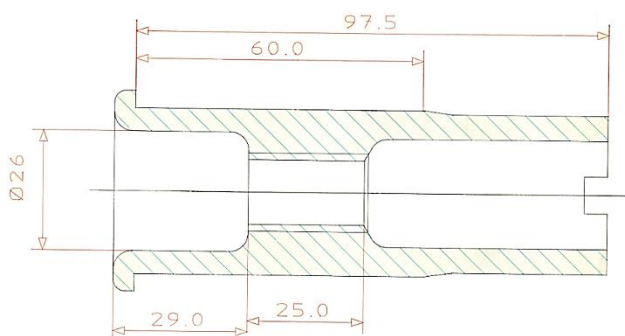


Figura 1. Fuzetă a autoturismului Olcit Club desenată în 1988 cu aplicația ISOLDA, de concepție românească, realizat la ICI.

O versiune a conținutului lucrării originale [1] a fost republicat după 3 ani în editura Tehnică, [2].

Dezvoltări ulterioare au fost dedicate curbelor și suprafețelor, fiind remarcabilă apariția lucrării [3]. Aplicațiile software originale prezentate în [1], [3] au fost incluse în Biblioteca Națională de Programe, recunoaștere majoră a valorii acestora la acea dată. Deși rezultatele calculului erau corecte era dificilă desenarea lor, de exemplu trasarea curbei de intersecție între entități geometrice.

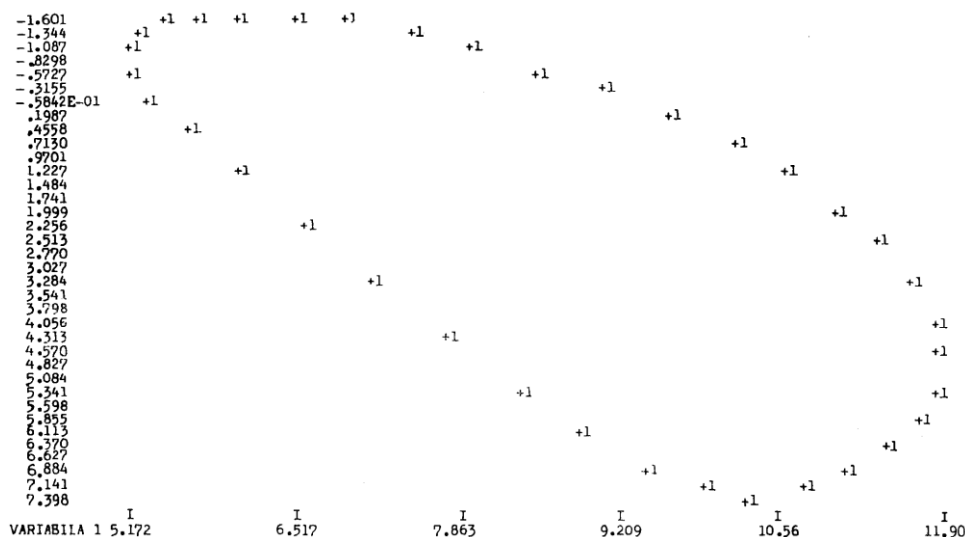


Figura 2. Exemplu de grafică în mod caracter folosită pentru trasarea unor grafice [4].

Datorită rarității terminalelor grafice și a plotterelor, era larg răspândită grafica în “mod caracter”, care folosea imprimanta de la Felix C-256 pentru trasări de grafice. Astfel, au fost concepute module de program care preluau un set de date de intrare și le generau un grafic pe imprimantă. Această facilitate era importantă deoarece făcea posibilă interpretarea rapidă a unor variante de proiectare, cu alegerea variantei optime. Un astfel de exemplu este prezentat în lucrarea [4], 148-150, unde subrutina ANSIM509 are rolul de a trasa un grafic, având capacitatea de a trasa inclusiv o curbă închisă aproximată prin caractere. Rezultatele sunt exemplificate în figura 2 care prezintă rezultatele subrutinei ANSIM512, [4], pag. 156.

Pe baza conceptelor prezentate în ANSIM509, am dezvoltat propriile module pentru trasări de grafice în mod caracter utile într-o multitudine de proiecte, de exemplu la proiectarea unei cutii de viteze cu 5 trepte, fiind considerate mai multe variante de etajare (în progresie aritmetică, geometrică etc.), diagramele acestor variante fiind importante pentru compararea facilă a acestora.

Una dintre problemele importante pe care și le puneau cercetătorii din acea perioadă se referea la aproximarea funcțiilor. O lucrare cunoscută și folosită în acea perioadă se referă la utilizarea funcțiilor spline în teoria mecanismelor, [5]. Astfel, aspectele matematice au fost folosite și în alte domenii, de exemplu în prelucrarea datelor experimentale achiziționate de echipamente alimentate cu un curent influențat de efecte perturbatoare (aparatură de sudură), așa cum ne-a explicat dl. prof. Eugen Negruș după o serie de experimente realizate la Institutul Național de Motoare Termice în perioada de studenție. Din acest motiv, soluționarea problemelor de aproximare a rămas în atenție pentru întreaga activitate științifică ulterioară, [6], [7].

Printre primele limbaje de programare curent folosite în dezvoltarea de aplicații cu prezentări grafice a fost limbajul Turbo Pascal, 1989. Acesta avea o bibliotecă de instrucțiuni pentru primitive grafice, fapt care a constituit un progres remarcabil

pentru acea perioadă. În plus, apariția și distribuirea în oficii de calcul în 1988 a imprimantelor SCAMP și IGRAF produse în România care puteau lucra și în mod grafic au accelerat progresul în domeniul graficii asistate de calculator.

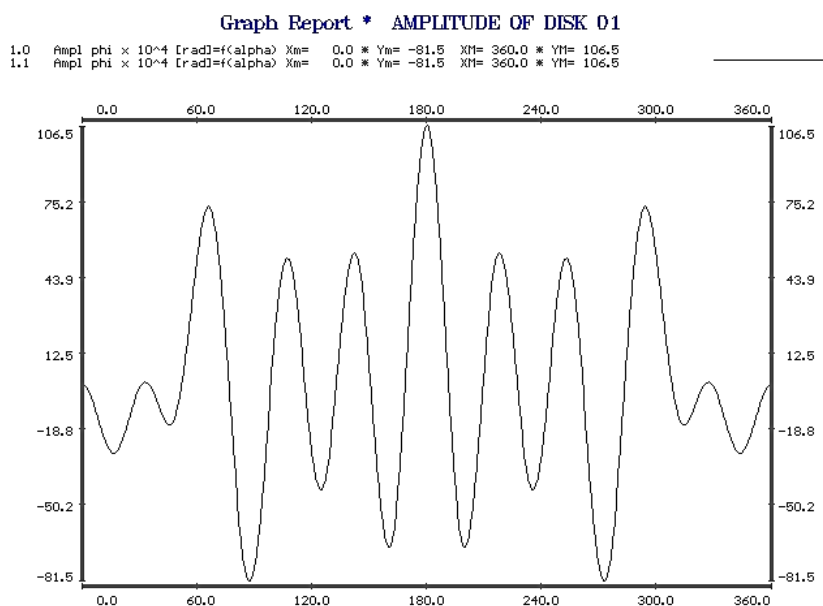


Figura 3. Aplicație software originală pentru trasări de grafice, care utiliza ierarhia punct → curbă → familie de curbe → set de familii de curbe, [8]

Unul dintre primele proiecte software dezvoltate în Turbo Pascal înainte de 1990 a fost dedicat trasării de grafice. Astfel, analiza aplicației a fost relativ facil de realizat, în final fiind concepută o ierarhie a entităților grafice care să permită structurarea flexibilă a datelor de intrare, re folosirea aplicației și o gamă cât mai largă de aplicații: punct → curbă → familie de curbe → set de familii de curbe. Un exemplu de reutilizare a acestei aplicații este prezentat în figura 3, [8].

Ecranele grafice puteau fi printate, salvate ca screen-shots sau salvate cu ajutorul unei aplicații care rămânea rezidentă în memorie și salva ecranele ca fișiere BMP într-un folder predefinit, facilități considerate foarte avansate la acel moment istoric.

3. MODELE GEOMETRICE ȘI VIZUALIZĂRI ÎNCEPÂND CU ANUL 1990

După 1990 aplicațiile grafice au devenit mai facile de dezvoltat, fiind utilizate toate ‘sursele’ de ‘grafică’. Astfel, au fost considerate trei direcții: limbajele de programare care ofereau acces la o serie de primitive grafice, limbaje sau medii de programare care oferă facilități de tip ‘business graphics’ și

aplicații de tip proiectare asistată de calculator care oferă grafică vectorizată.

Limbajele de programare și mediile specifice de dezvoltare produse de firma Borland au avut biblioteci de funcții grafice. Limbajul folosit în continuare a fost Turbo Pascal, fiind dezvoltate atât biblioteci pentru calcul numeric, [9], dar și aplicații grafice specifice. Funcțiile grafice din această bibliotecă au fost deosebit de utile și au fost folosite pentru dezvoltarea unui număr impresionant de mare de aplicații. Turbo Pascal a putut fi folosit până după 2000, când sistemul de operare curent era Windows XP. Ulterior, programele sursă în Pascal au putut fi compilate cu ajutorul versiunii FreePascal, [10], adică Pascal pentru Windows. Această versiune nu avea o bibliotecă grafică similară celei din Turbo Pascal. O realizare remarcabilă o constituie dezvoltarea bibliotecii WinGraph, [11], de către mat. Ștefan Berinde, [12].

Cu excepția bibliotecilor cu funcții grafice, facilitățile grafice au fost folosite ca resurse externe ale aplicațiilor originale de calcul numeric.

În ceea ce privește grafica de tip ‘business graphics’, aceasta a fost folosită extensiv până spre sfârșitul perioadei abordate.

Câteva exemple de grafică din acest domeniu sunt prezentate în figurile 5, 6, 7, 8, 9 și 10.

Harmonic order : 1

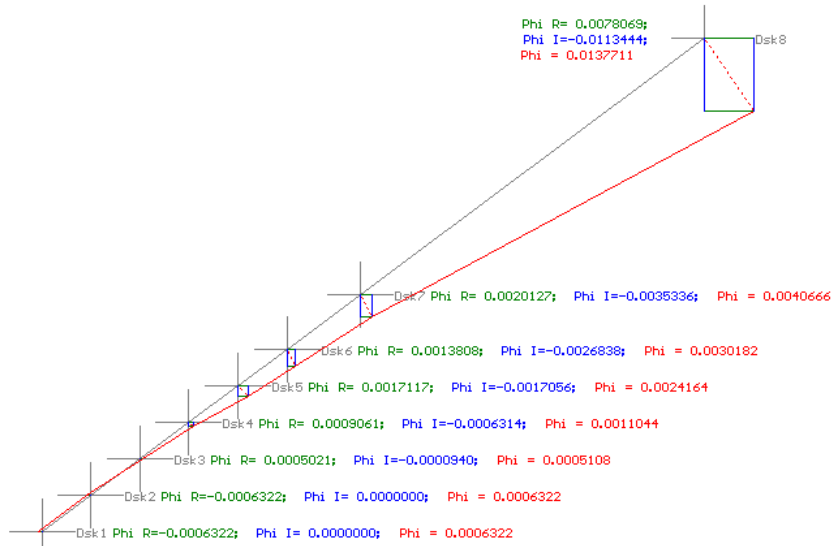


Figura 4. Aplicație software originală care rezolvă o problemă particulară [8].

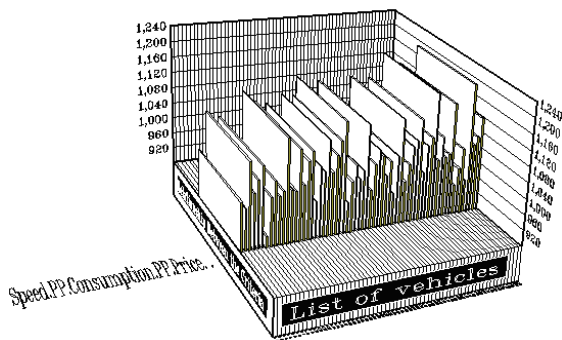


Figura 5. Rezultatele unei probleme de decizie multicriterială [13].

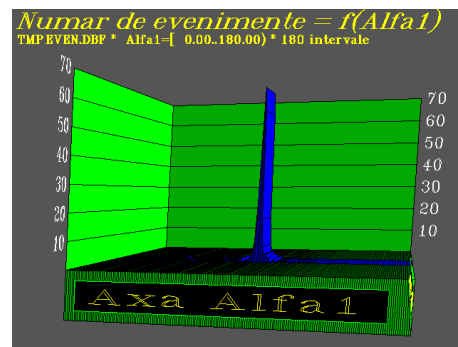


Figura 6. Calculul sfericității în urma impactului de particule [15].

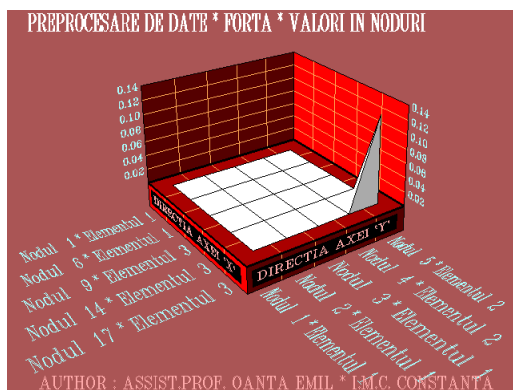


Figura 7. Verificare vizuală a excitațiilor într-un model original cu elemente finite.

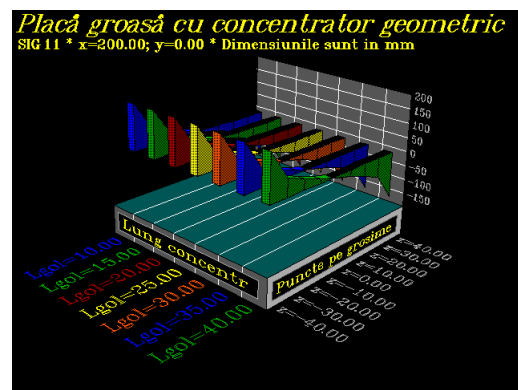


Figura 8. Distribuției tensiunilor normale - placă groasă cu concentrator geometric.

Astfel, în figura 5 este prezentată interpretarea grafică a unei probleme de decizie multicriterială privind conversia unui autoturism în două volume dintr-un model de oraș, într-un model sport caracterizat de o viteză cu 40..50 km/h mai mare. În cadrul documentării au fost considerate caracteristicile autoturismelor de bază și ale modelelor sport. Unele caracteristici sunt optimizabile prin

minimum, de exemplu consumul de carburanți și prețul, altele fiind optimizabile prin maximum, de exemplu viteza maximă sau puterea. Pe baza unei relații de preferință între criteriile care folosește operatorii .PP. puternic preferat, .PR. simplu preferat și .IN. adică indiferent, sunt calculate ponderile criteriilor în contextul relației de preferință respective. În acest fel sunt calculate note pentru fiecare

variantă de acțiune, adică rezultă o ierarhie de produse, fiind considerate primele 3-4 pentru o analiză ulterioară pe baza căreia sunt concepute transformările oportune ale modelelor de bază. O analiză mai detaliată, cu mai multe studii de caz este

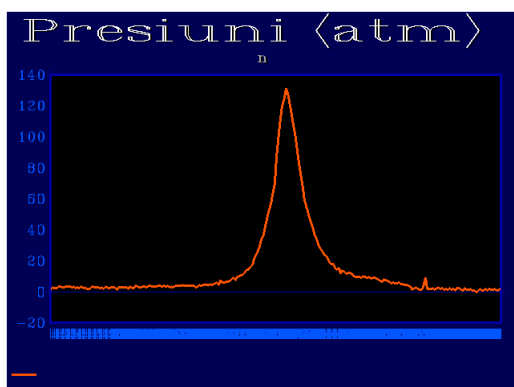


Figura 9. Verificare vizuală a excitațiilor într-un model original cu elemente finite.

Problema impactului de particule este prezentată în lucrarea [15], unde producerea unui jet, adică apariția unei direcții preferențiale în care se îndreaptă particulele rezultate din impact reprezintă aspectul investigat. Folosind metoda elipsoidului de inerție sunt calculate semiaxele acestuia și rezultatele sunt interpretate grafic, rezultând reprezentări grafice similare celei din figura 6.

În cadrul problemelor structurale, o lungă perioadă de timp s-a lucrat fără programe de grafică. Astfel, aplicația de element finit prelua un fișier text de intrare, efectua calculele și salva rezultatele într-un fișier text de ieșire. Conceperea unor aplicații pentru interpretarea vizuală a informațiilor a constituit o prioritate majoră, pentru a verifica rapid datele. Una dintre metodele cele mai simple a fost de a folosi facilitățile grafice ale procesoarelor deja implementate, adică de a folosi facilitățile de tip 'business graphics'. În acest sens, soluționarea cu elemente finite a unei probleme structurale necesită validarea grafică a datelor de intrare. Astfel, în cazul unei plăci solicitate cu o forță concentrată în punctul central, modelul ia în considerare dubla simetrie, reprezentarea din figura 7 validând sarcinile aplicată pe placă. Deci informațiile conținute în fișierul input sunt citite, înțelese și declarate explicit de aplicație scriindu-le în fișierul de output.

Figura 8 prezintă variația de principiu a tensiunii normale σ_{11} într-o placă groasă cu concentrator geometric [16]. Aceste cercetări reprezintă o extensie ale studiilor referitoare la plăci groase, rezolvate prin metode analitice ale căror rezultate au avut o acuratețe de 50% .. 60% în raport cu valorile experimentale. În acest sens a devenit clară necesitatea unor modele cu elemente finite, în primul rând

prezentată în referința [14]. Aceste probleme sunt importante pentru elaborarea deciziilor inclusiv în cazul metodelor euristice de rezolvare unde trebuie stabilită direcția de explorare a spațiului în care sunt căutate soluții.

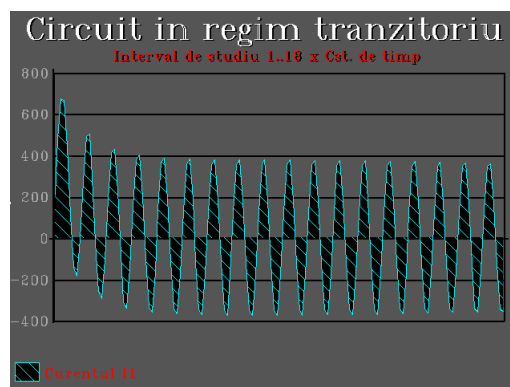


Figura 10. Variația curentului pentru un circuit în regim tranzitoriu.

pentru plăci groase, [17], și ulterior pentru plăci groase cu concentrator geometric.

Figura 9 prezintă variația presiunii efective din cilindri. Datele au fost obținute experimental în cadrul cercetărilor pentru realizarea lucrării [18]. Astfel, presiunea din cilindri a fost măsurată la Master SA, fostul Institut Național de Motoare Termice și a fost folosită pentru calculul forțelor dintr-un mecanism motor. Aceste forțe au fost în continuare folosite pentru calculul forțelor din motorul 12B165. Acestea au fost utile pentru dezvoltarea unui model cu elemente finite, care a fost validat experimental, util pentru determinarea deformațiilor și tensiunilor din bloc-carterul motorului boxer 12B165 care echipează navele militare de tip monitor. Rezultatele experimentale au fost prezentate public, [19], și au constituit baza lucrării [18]. Rezultatele modelului teoretic au fost verificate cu ajutorul datelor experimentale, concluzionându-se că modelul rezultat este precis. Ca atare, acesta a fost folosit pentru o serie de studii suplimentare, cum ar fi optimizare greutatea bloc-carterului, studiul structurii în ipoteza că este instalată pe rezeme deformat și studiul deformațiilor și tensiunilor în ipoteza că bloc-carterul este fabricat din fontă, acesta fiind un studiu teoretic, neexistând date experimentale pentru acest material.

Figura 10 prezintă variația curentului într-un circuit electric în regim tranzitoriu, [20]. Astfel, după dezvoltarea în Turbo Pascal a unei biblioteci pentru procesarea matricelor ca fișiere în acces direct, au fost dezvoltate o serie de aplicații numerice din diverse domenii ale ingineriei. În acest proiect a fost folosită o procedură de rezolvare de sisteme de ecuații diferențiale pe baza metodei Runge-Kutta de ordinul 4. O prezentare exhaustivă a

procesării matricelor ca fișiere în acces direct și ale aplicațiilor poate fi găsită în referința [21].

Folosirea FoxGraph.exe a fost una dintre soluțiile curent folosite în acei ani. Această soluție a fost ulterior înlocuită cu utilizarea fișierelor text de tip CSV, utile în aplicațiile de tip spreadsheet, adică Excel, Calc etc.

O altă direcție de obținere de informații grafice o reprezintă aplicațiile de tip CAD apărute în această perioadă. Astfel, prima aplicație de proiectare asistată de calculator achiziționată a fost DesignCAD, care avea o versiune 2D și una 3D, [20]. Tot în această perioadă a apărut în România aplicația AutoCAD, pe larg dezbătută în publicațiile

de specialitate, de exemplu în ‘Hello CAD fans’, sub coordonarea domnului profesor Constantin Stăncescu, [23]. Am realizat accesarea facilităților grafice din AutoCAD prin două metode. Prima se baza pe fișiere text care conțineau instrucțiuni AutoCAD și care aveau extensia SCR, adică erau de tip script. Fișierele text pot fi generate în orice limbaj de programare, deci AutoCAD poate fi folosit ca interpretor grafic în orice aplicație. În figura 11 este prezentat un model generat cu comanda 3DFace. Fișierul script este optimizat, adică sunt prezentate numai fețele de la exterior, cele care conțin anumite puncte anterior definite. În acest fel mărimea fișierului SCRIPT a scăzut foarte mult.

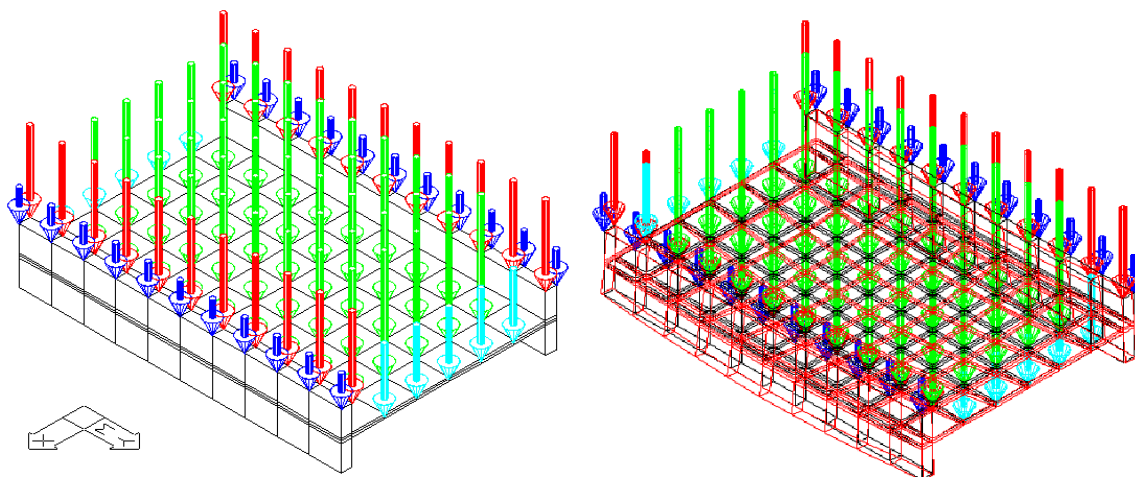


Figura 11. Interpretare CAD pentru rezultatele unui model FEM de placă rezemat-încăstrată elastic, rezultatele teoretice fiind obținute de Timoshenko [22].

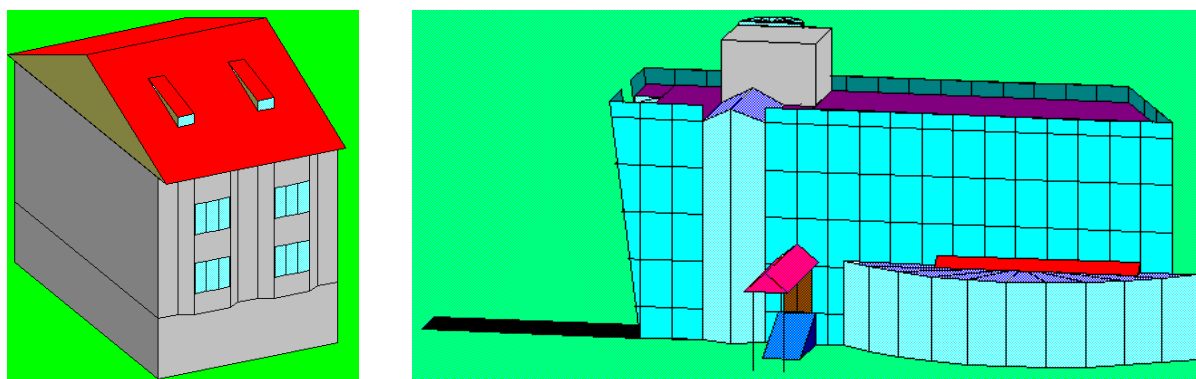


Figura 12. Reprezentare CAD în ingineria construcțiilor.

Reprezentarea din stânga, din figura 11 este astfel realizată cu comanda SCRIPT, urmată de VPOINT și HIDE. Comanda HIDE este deosebit de dificil de implementat în programe originale de grafică și este mult mai ușor să o utilizăm în aplicații CAD existente. Reprezentarea din dreapta figurii 11 include și forma deformată a plăcii, reprezentată cu linie roșie.

Procedeele bazate pe fișiere SCRIPT au fost folosite și pentru reprezentările din figurile 12 și 13.

În figura 13 sunt prezentate alte vizualizări ale unor probleme structurale, în acest mod fiind demonstrată flexibilitatea metodei. În elaborarea fișierelor script folosite pentru figurile 11 și 13 a fost dezvoltat un program postprocesor care prelua fișierul OUT al aplicațiilor de element finit, de exemplu NSAP, și extrăgea informațiile importante pentru reprezentările grafice. Fișierele OUT erau relativ mari, >2Mb, și necesitau o cunoaștere detaliată a formatului datelor de ieșire, deci a aplicației de element finit.

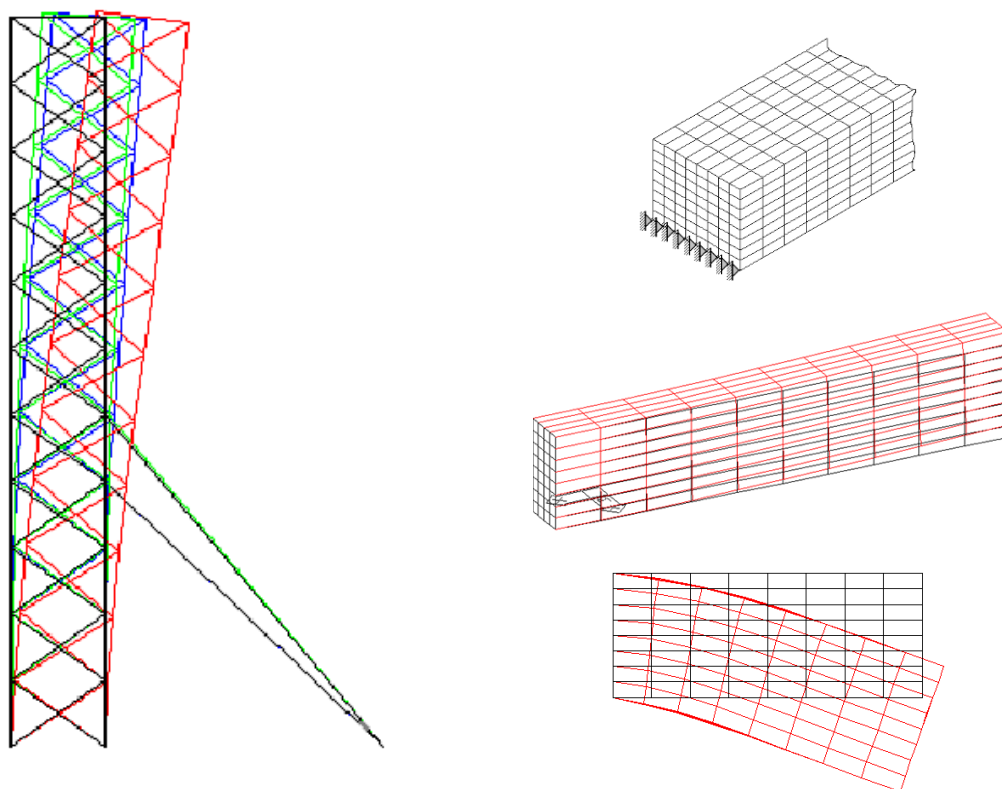


Figura 13. Studii structurale în care un program postprocesor original folosește fișierul OUT al unei aplicații de element finit pentru a genera fișierul SCRIPT pentru AutoCAD.

O altă metodă se bazează pe utilizarea limbajului AutoLISP, care a fost folosit pentru a interfața fișiere de date cu mediul AutoCAD. Principiul acestor metode a fost reutilizat pentru alte aplicații de grafică, respectiv alte medii de dezvoltare, cum ar fi Octave. În prezent pot fi folosite facilitățile de tip Application Program Interface oferite de aplicațiile comerciale de inginerie asistată de calculator.

4. CONCLUZII

Grafica asistată de calculator reprezintă un domeniu de cercetare de lungă durată al autorilor, încă de acum 30..35 de ani. Perioada abordată în lucrare este interesantă prin saltul conceptual și tehnologic din acea epocă, ce a pus bazele metodelor folosite în grafica actuală. Deși facilitățile erau reduse, creativitatea și entuziasmul au dus la realizări remarcabile, numeroase și cu largă aplicabilitate. Aplicațiile folosite ca surse pentru reprezentări grafice au fost: bibliotecile cu funcții grafice din limbaje de programare, facilitățile de tip ‘business graphics’ din acea perioadă și, mai târziu, aplicațiile de proiectare asistată de calculator. Acestea au fost interfațate cu aplicații software care rezolvau probleme specifice domeniului respectiv, fie prin metode analitice, fie prin metode numerice.

Principiile metodelor folosite în perioada prezentată în lucrare au fost refolosite și actualizate în

contextul generos al facilităților grafice din prezent, caracterizat de utilizarea tehnologiilor de tip realitate virtuală, [24], [25], [26]. Mai mult, în prezent există o multitudine de proiecte de grafică sau care au componente importante de grafică, acestea fiind în categoria FOSS, [27], deci cu acces nerestricțiv.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Aurelian Tănăsescu, Paul Precupețu, Ioan D. Marinescu, Radu Constantinescu, Liliana Busuioc, *Reprezentări geometrice în proiectarea asistată de calculator*, Ministerul Industriei Electrotehnice - Oficiul de informare documentară pentru industria electrotehnică, București, 1986
- [2] Aurelian Tănăsescu, Radu Constantinescu, Ioan D. Marinescu, Liliana Busuioc, *Grafică asistată - Programe FORTRAN pentru reprezentări geometrice*, Editura Tehnică, Colecția: Automatică, Informatică, Electronică, Management, ISBN: 973-31-0018-8, București, 1989
- [3] Radu Constantinescu, Ioan D. Marinescu, Aurelian Tănăsescu, *Desfășurarea suprafețelor asistată de calculator*, Editura Tehnică, București, 1987
- [4] Chr. Pelecudi, Gh. Drăgănoiu, I. Simionescu, *Algoritmi și programe pentru analiza mecanismelor*, Editura Tehnică, București, 1982
- [5] Iuliu Fejes, *Funcții spline în teoria mecanismelor*, Editura Științifică și Enciclopedică, 1981
- [6] Emil Oanta, Cornel Panait, Gheorghe Lazaroiu, Anca-Elena Dascalescu, “Computer Aided Instrument to Be Used as an Automatic Design Component”, *ModTech2014 International Conference*, 13-16 July 2014, Gliwice, Poland, Scientific.Net Publications, Vol 1036 of *Advanced Materials Research*, pp 1017-1022, ISSN 102-660, ISBN-13: 978-3-03835-255-6, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1036.1017

- [7] Emil M Oanță, Victor-Coriolan Hreniuc, Constantin-Dănuț Grosu, Effective method used to create the analytical models of large sets of curves – application for the ship hull body plan, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 400, 4 - Characterization, Modeling and Simulation of Mechanical Processes, ISSN: 1757-8981, 042043, DOI <https://doi.org/10.1088/1757-899X/400/4/042043>, <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/400/4/042043/pdf>
- [8] Buzbuchi Nicolae, Oanță Emil, Matrix Methods in Studying the Torsional Vibration of the Marine Engines Shafting Systems, Software Reference Manual, National Technical University of Athens Publishing House, Greece, 1996
- [9] Emil Oanta, Bogdan Nicolescu, A Versatile PC-Based Method For the Processing of the Large Matrices, DETC99/CIE-9059, Proceedings of DETC99: 1999 ASME Design Engineering Technical Conference, September 12-15, 1999, Las Vegas, Nevada, <http://tdl.libra.titech.ac.jp/journaldocs/en/recordID/article.bib-01/ZR000000594188?hit=1&caller=xc-search>
- [10] <https://www.freepascal.org/>
- [11] http://math.ubbcluj.ro/~sberinde/win_graph/main.html
- [12] <http://math.ubbcluj.ro/~sberinde/>
- [13] Emil Oanță, Transformarea unui autoturism Olteit Club într-un model sport, Proiect de diplomă, Institutul Politehnic București, Facultatea de Transporturi, Specializarea Autovehicule Rutiere, 1988
- [14] Alexandra Raicu, Emil Oanță, Adrian Sabău, Making objective decisions in mechanical engineering problems, ModTech International Conference - Modern Technologies in Industrial Engineering IV (2017), IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 227, New Materials and Modern Technologies in Marine Engineering, ISSN: 1757-8981, doi:10.1088/1757-899X/227/1/012108.
- [15] C. Beșliu, D. Felea, Al. Jipa, R. Zaharia, D. Argintaru, E. Oanță, Cristina Argintaru, On the Flow Tensor in Nucleus-Nucleus Collisions at 4.5 GeV/c, National Physics Conference, Constanța, October 13-15, 1993, https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:25041522
- [16] Oanță Emil ș.a. Studiul distribuției de tensiuni în placa dreptunghiulară groasă cu concentrator, Contract de cercetare științifică nr. 5050 din 07/07/1993, Institutul de Marină Civilă Constanța
- [17] Garabet Kumbetlian, Emil Oanta, The Modelling of Behaviour of Thick Bended Plates, Section 2.1, pp. 133-139, The 3rd International Conference on BOUNDARY and FINIT ELEMENT, ELFIN3, Constanta, 25-27 Mai 1995, Romania
- [18] Oanță Emil, Studiul cu elemente finite al tensiunilor și deformațiilor în structurile de rezistență ale motoarelor cu ardere internă, Teză de doctorat, 'Cum Laude', Cond. Științ. Acad. Dr. H.C. Ing. Gh. Aramă, Institutul Politehnic București, 2001
- [19] Oanta, E., Taraza, D., Experimental Investigation of the Strains and Stresses in the Cylinder Block of a Marine Diesel Engine, Paper 2000-01-0520, Proceedings of the SAE 2000 World Congress, Detroit, Michigan, March 6-9, 2000, ISSN 0148-7191, DOI: 10.4271/2000-01-0520, <http://papers.sae.org/2000-01-0520/>
- [20] Panait Cornel, Bordea Nicolae, Căruntu George, Oanță Emil, Elaborarea metodelor și mijloacelor de instruire practică în vederea formării deprinderilor specifice personalului navigant la studenții Institutului – Standuri specializate, Contract de cercetare științifică nr. 1546 din 24/08/1990, Institutul de Marină Civilă Constanța
- [21] Emil Oanta, Bogdan Nicolescu, A Versatile PC-Based Method For the Processing of the Large Matrices, DETC99/CIE-9059, Proceedings of DETC99: 1999 ASME Design Engineering Technical Conference, September 12-15, 1999, Las Vegas, Nevada, <http://tdl.libra.titech.ac.jp/journaldocs/en/recordID/article.bib-01/ZR000000594188?hit=1&caller=xc-search>
- [22] Emil Oanta, Applied Elasticity Computer Models in Automatic Design, Proceedings of IMETI2009, July 10th-13th, 2009, Orlando, Florida, USA, Organized by the International Institute of Informatics and Systemics, Collection: ISBN-10 1-934272-67-1, ISBN-13 978-1-934272-67-1, Volume: ISBN-10 1-934272-68-X, ISBN-13 978-1-934272-68-8, Edited by: Nagib Callaos, Hsing-Wei Chu, Yaroslava Yingling, C. Dale Zinn, pp. 270-275, https://www.researchgate.net/publication/262642959_Applied_Elasticity_Computer_Models_in_Automatic_Design
- [23] Hello CAD fans, http://www.fastgrup.ro/ro/Revista_Hello_CAD_Fans
- [24] Dean Vucinic, Danny Deen, Emil Oanta, Zvonimir Batarilo, Chris Lacor, “Distributed 3D Information Visualization – Towards Integration of the dynamic 3D graphics and web services”, Source: ADVANCES IN COMPUTER GRAPHICS AND COMPUTER VISION, Book Series: COMMUNICATIONS IN COMPUTER AND INFORMATION SCIENCE, Volume: 4, Pages: 155-168, Published: 2007, Publisher: SPRINGER-VERLAG BERLIN, HEIDELBERGER PLATZ 3, D-14197 BERLIN, GERMANY, Editor(s): Braz, J; Ranchordas, A; Araujo, H; Jorge, J, ISSN: 1865-0929, ISBN: 978-3-540-75272-1
- [25] Oanta Emil, VR GUI, Annals of the Constanta Maritime University, 2007, ISSN 1582-3601, pag 179-184
- [26] Emil Oanta, Virtual Reality Original Instrument Employed in Crises Management, Proceedings of the 12th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM2007), Varna, Bulgaria, 2-6 September 2007, Maritime Industry, Ocean Engineering and Costal Resources – Editors: Guedes Soares & Kolev, 2008 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-45523-7, pag. 1095-1102
- [27] https://en.wikipedia.org/wiki/Free_and_open-source_software

Despre autori

Prof. dr. habil. ing. **Emil M. OANȚĂ**

Universitatea Maritimă din Constanța, Facultatea de Electromecanică Navală

Absolvent al Facultății de Transporturi din Institutul Politehnic București, specializarea Autovehicule Rutiere în anul 1988. Din 1990 este angajat la Universitatea Maritimă, unde și-a început cariera academică pe postul de preparator. Este doctor în Inginerie Mecanică, cu distincția ‘Cum Laude’ din anul 2001, fiindu-i decernat premiul AGIR în anul 2003 pentru teza de doctorat. Este doctor în Cibernetică și Statistică economică din anul 2007. Devine Doctor Habilitat în 2018 în domeniul Inginerie Mecanică. Activități de predare și lucrări practice la disciplinele: Rezistența materialelor, Elemente de inginerie mecanică, Teoria elasticității și metoda elementului finit, Elemente de modelare hibridă în inginerie.

APLICAȚII GRAFICE ORIGINALE PENTRU INGINERIE DEZVOLTATE ÎN ANII 1987-1997

Prof. dr. ing. **Cornel PANAIT**

Universitatea Maritimă din Constanța, Facultatea de Electromecanică Navală

Absolvent al Facultății Energetică din Institutul Politehnic București, specializarea Centrale Nucleare în anul 1975. Din anul 1982 este angajat la Institutul de Marină "Mircea cel Bătrân", iar din anul 1990 este angajat la Universitatea Maritimă din Constanța. Este doctor în Inginerie Electrică din anul 1999. Din anul 2008 este Doctor Honoris Causa al Academiei "Nikola Y. Vaptsarov" din Varna, Bulgaria. Activități de predare și lucrări practice la disciplinele: Electrotehnică, Mașini Electrice, Acționări Electrice, Materiale Electrotehnice.

Conf. dr. ing. **Alexandra RAICU**

Universitatea Maritimă din Constanța, Facultatea de Electromecanică Navală

Absolventă a Facultății Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, din Universitatea Politehnică din București, specializarea Tehnologia Construcțiilor de Mașini, în anul 2003. Studiile masterale în domeniul *Tehnologii avansate pentru noile materiale* sunt absolvite în anul 2004, la Universitatea Politehnică din București. Din 2007 este angajată la Universitatea Maritimă. Este doctor în Inginerie Mecanică din anul 2010. Teza de doctorat include studii experimentale și este dedicată materialelor polimerice. Activități de predare și lucrări practice la disciplinele: Grafică asistată de calculator, Grafică inginerească, Proiectare asistată de calculator. Este conferențiar din anul 2013.