

## CAPITOLUL 2

### **PACHETE DE PROGRAME INTEGRATE PENTRU ANALIZA CU ELEMENT FINIT**

Prin "pachet de programe integrate" se înțelege un set de programe de calcul numeric, de modelare solidă 2D și/sau 3D, de procesare grafică, îmbinate într-un sistem coerent capabil să permită utilizatorului parcurgerea tuturor etapelor necesare pentru construirea unui model, analizarea comportării acestuia prin metoda elementelor finite și interpretarea rezultatelor obținute.

Ca structură internă, un pachet integrat cuprinde în general trei module: un pre-procesor, un procesor și un post-procesor.

#### **2.1 Modulul pre-procesor**

Acest modul, dotat cu facilități de modelare 2D-3D, oferă utilizatorului posibilitatea construirii geometriei modelului sau importarea acesteia din alt program CAD consacrat. Modulul include un generator de rețele care, în general, poate lucra atât în regim automat cât și în regim parametric. Generatoarele performante permit operații suplimentare cum ar fi, de exemplu, conectarea rețelelor formate din elemente incompatibile, optimizarea locală a rețelei etc.

Pentru alegerea materialelor modelelor, pre-procesoarele conțin baze de date ce cuprind o gamă largă de materiale, având și posibilitatea personalizării funcție de preferințele utilizatorului.

Alegerea tipului de element finit folosit în analiză este făcută pe baza unei biblioteci care cuprinde atât elemente general valabile pentru analiza în 1D, 2D și 3D, cât și elemente speciale de tip Spring, Gap, Radiation Link etc.

Tot în modulul pre-procesor sunt incluse și facilitățile de definire a încărcărilor și a restricțiilor de deplasare, corespunzătoare modelului respectiv.

În vederea stabilirii opțiunilor referitoare la procesul efectiv de analiză pre-procesoarele conțin, în majoritatea cazurilor, un meniu special afectat acestei probleme.

## **2.2. Modulul procesor**

Acest modul conține programele de calcul numeric care desfășoară efectiv analiza cu element finit. Aceste programe sunt grupate funcție de modelul de analiză utilizat: programe de analiză în condiții statice, dinamice, pentru materiale cu comportare liniară, neliniară, pentru analiza câmpurilor termice, electrice, magnetice etc.

Ele sunt apelate din modulul pre-procesor, în momentul când modelul este complet pregătit, printr-o comandă specifică tipului de analiză efectuat.

Prin rularea acestor programe se parcurg etapele de analiză cu element finit fără nici o intervenție din partea utilizatorului, acesta primind eventual o serie de mesaje referitoare la stadiul desfășurării procesului.

Modulele performante oferă și posibilitatea personalizării analizei, punând la dispoziția utilizatorului o serie de subrutine modificabile, prin limbajul de programare corespunzător utilizat de firma producătoare la construirea modulului. În acest mod se pot efectua analize bazate pe modele diferite de cele incluse în pachet.

## **2.3. Modulul post-procesor**

Este modulul care permite utilizatorului valorificarea rezultatelor obținute în urma analizei cu element finit. Aceste rezultate pot fi livrate grafic, sub forma unei hărți colorate suprapuse peste forma geometrică a modelului sau numeric, sub forma unor liste cu date referitoare la fenomenul analizat.

Modulele performante permit afișarea formei deformată a modelului, manipularea grafică a acestuia, afișarea sub formă grafică a variației diferitelor mărimi implicate în analiză, vizualizarea animată a comportării modelului, precum și salvarea rezultatelor în formate corespunzătoare pentru utilizări ulterioare.

În general modulele pre-procesoare și post-procesoare sunt accesibile prin intermediul aceleiași interfețe-utilizator, putând fi întâlnite și separat, fără modulele procesoare (cazul programului FEMAP).

## 2.4. Pachetul COSMOS/M

COSMOS/M este un pachet integrat destinat analizei cu element finit, produs de firma Structural Research and Analysis Corporation. Pachetul include un modul combinat de pre- și post-procesare precum și o serie de module procesoare capabile să prelucreze o gama largă de fenomene fizice, tabelul 2.1.

Pachetul dispune de o interfață grafică deosebit de prietenoasă, bazată pe meniuri derulante, pictograme și ferestre de comandă dotate cu câmpuri pentru introducerea datelor. Interfața este dotată și cu o consolă de dialog cu utilizatorul care permite folosirea pachetului în linie de comandă.

Tab.2.1

### Module incluse în pachetul integrat COSMOS/M

Denumire modul	Funcția îndeplinită
GEOSTAR	Pre-procesor și post-procesor
STAR	Analiză liniară, în condiții statice
FSTAR	Analiză comportare la oboseală
DSTAR	Analiză de stabilitate, frecvențe și moduri proprii de vibrație
ASTAR	Analiză liniară avansată, în condiții dinamice
NSTAR	Analiză neliniară, în condiții statice și dinamice.
HSTAR	Analiza câmpurilor termice
OPTSTAR	Optimizarea formei și a dimensiunilor
FLOWSTAR	Analiza curgerii fluidelor (curgere laminară)
FLOWPLUS	Analiza curgerii fluidelor (curgere turbulentă)
ESTAR	Analiza câmpurilor electromagnetice de frecvențe joase
HFS 2D	Analiza câmpurilor electromagnetice de frecvențe înalte (2D)
HFS 3D	Analiza câmpurilor electromagnetice de frecvențe înalte (3D)
HFS CAVITY	Analiza câmpurilor electromagnetice de frecvențe înalte (cavități rezonante)
FFE THERMAL	Analiza cu element finit - algoritm rapid, pentru transfer de căldură
FFE FREQUENCY	Analiza cu element finit - algoritm rapid, pentru frecvențe proprii de vibrație
FFE STATIC	Analiza cu element finit - algoritm rapid, pentru condiții statice

COSMOS/M este dotat cu un modul translator, în vederea importului și exportului de date, care îi permite dialogarea atât cu alte pachete integrate de analiză cu element finit cât și cu o serie de programe CAD, tabelul 2.2.

Ca platformă hardware, COSMOS/M suportă, printre altele, sistemele IBM 386/486, Pentium și compatibilele.

Tab.2.2

### Facilități de comunicare între COSMOS/M și alte programe

Denumirea	Capacitate de comunicare
Programe CAD	-
SOLIDWORKS	Univocă (import)
MICROSTATION MODELER	Univocă (import)
SOLIDEDGE	Univocă (import)
UG	Univocă (import)
HELIX	Univocă (import)
EUREKA	Univocă (import)
I-DEAS	Univocă (import)
COMPUTERVISION	Univocă (import)
PRO/ENGINEER	Univocă (import)
PT/MODELER	Univocă (import)
AUTOCAD	Univocă (import)
Pachete integrate pentru analiză cu element finit	-
ABAQUS	Univocă (import)
ANSYS	Biunivocă (import-export)
ADAMS	Univocă (export)
NASTRAN	Biunivocă (import-export)
PATRAN	Biunivocă (import-export)
SINDA & TEAP	Univocă (export)

Ca sisteme de operare sunt suportate atât sistemele MS-DOS (de către versiunile 1.65 și 1.75) cât și sistemele Windows 95, 98 și NT (de către

versiunile 1.75A până la 2.6 inclusiv). Versiunile pentru MS-DOS pot fi rulate pe sisteme Windows cu condiția eliberării memoriei primare de modulele încărcate de sistemul Windows.

Pachetul COSMOS/M poate fi utilizat în mai multe variante funcționale, unele dintre acestea având limitat numărul de noduri generate în etapa de discretizare sau de analiză, tabelul 2.3. Afară de aceste limitări mai există o serie de restricții referitoare la numărul maxim de entități geometrice (puncte, linii etc.) ce pot fi generate în faza de pre-procesare.

Pachetul COSMOS/M este dotat cu un sistem de protecție la utilizare abuzivă bazat pe cheie hardware, în lipsa acesteia (și funcție de opțiunile de instalare) rulând în varianta de evaluare.

**Tab.2.3**

**Variante de funcționare pentru pachetul COSMOS/M**

Varianta de funcționare	Module active	Limita numărului de noduri generate
Evaluare	Toate modulele, cu excepția grupului FFE, grupului HFS, FLOWSTAR și FLOWPLUS	1.000 la pre-procesare (maximum 50 la analiză)
Demonstrativă	Toate modulele, cu excepția grupului FFE, grupului HFS,	5.000
Completă	Toate modulele	64.000
		128.000
		256.000
		512.000
		1024.000

**2.5. Etape de lucru în pachetul COSMOS/M**

Pentru rezolvarea unei probleme de analiză cu element finit, folosind pachetul COSMOS/M, este necesară parcurgerea mai multor etape:

**A.** Stabilirea tipului de analiză necesară a fi efectuată pe modelul ales, precum și a tipului de elemente finite utilizate.

**B.** Stabilirea unei strategii de construire a modelului, ținând cont că rețeaua de discretizare poate fi realizată direct (prin crearea de noduri și elemente) sau indirect prin discretizarea unei structuri geometrice. În

majoritatea cazurilor este mai convenabilă folosirea celei de-a doua posibilități.

**C.** Rularea pre-procesorului GEOSTAR și stabilirea unui nume pentru problema de rezolvat. Acest nume va fi comun tuturor fișierelor cuprinse în baza de date generată de GEOSTAR, diferite fiind doar extensiile (în corespondență cu informațiile conținute în fișierul respectiv. Locația bazei de date (respectiv directorul de lucru) poate fi oriunde pe discul fix. Nu este recomandată alegerea ca director de lucru a directorului C:\Cosmosm deoarece se pot deteriora fișierele sistem ale pachetului.

**D.** Construirea geometriei modelului folosind modulul GEOSTAR sau importarea acesteia dintr-un alt program tip CAD. În cazul importării modelului, entitățile geometrice generate nu mai pot fi editate ulterior. În majoritatea cazurilor este mai convenabilă construirea geometriei în GEOSTAR. În această etapă trebuie stabilită și metoda de discretizare ce va fi folosită, în funcție de aceasta generându-se entitățile geometrice de nivel superior: discretizare parametrică - entități de tip suprafață și volum; discretizare automată - entități de tip regiune, poliedron sau parte.

**E.** Implementare informațiilor referitoare la tipul de elemente finite utilizate, la materialul modelului și la alte caracteristici fizice ale acestuia. Dacă modelul este alcătuit din mai multe materiale diferite sau zone cu proprietăți fizice diferite, acestea se grupează în seturi de proprietăți.

**F.** Efectuarea discretizării modelului, folosind metoda stabilită la etapa D. De remarcat că elementele finite generate preiau implicit caracteristicile fizice și de material corespunzătoare setului activ. În cazul modelelor alcătuite din materiale diferite, se vor activa seturile corespunzătoare anterior discretizării zonei respective din model.

**G.** Conectarea rețelelor de discretizare care alcătuiesc modelul. Această etapă are o importanță deosebită deoarece discretizarea modelului se face pe entități geometrice, în finalul etapei anterioare rezultând, în general, un grup de astfel de entități discretizate dar fără nici o legătură fizică între ele.

**H.** Aplicarea încărcărilor și a restricțiilor de deplasare. De remarcat că acestea sunt implicit definite în sistemul activ de referință al modelului.

**I.** Implementarea opțiunilor pentru tipul analiză ales.

**J.** Rularea analizei cu element finit prin activarea modulului corespunzător de analiză.

**K.** Efectuarea post-procesării modelului folosind facilitățile oferite de modulul GEOSTAR (după încheierea analizei se reactivează acest modul în mod automat).

**L.** Interpretarea rezultatelor obținute și, eventual, reluarea analizei cu alte condiții (discretizare mai fină, opțiuni diferite de analiza etc.).

## **2.6. Modulul de pre- și post-procesare GEOSTAR**

Acest modul este singura componentă a pachetului COSMOS/M accesibilă în mod direct utilizatorului. Restul modulelor folosite sunt apelate și activate din acest modul prin intermediul comenzilor specifice.

GEOSTAR are la bază un model geometric 3D interactiv tip CAD, dotat cu programe specifice pre- și post-procesării modelelor pentru analiza cu element finit (generatoare de rețele, baze de date pentru materiale, biblioteci de elemente finite etc.).

Modulul are cinci variante care diferă prin numărul de noduri generate la pre-procesare, tabelul 2.3, în funcție de mărimea modelului și precizia dorită la analiză activându-se varianta corespunzătoare. Activarea se face prin rularea unuia dintre executabilele `geo.exe` - pentru 64.000 noduri, `geo128.exe` - pentru 128.000 noduri, `geo256.exe` - pentru 256.000 noduri, `geo512.exe` - pentru 512.000 noduri respectiv `geo1024.exe` pentru 1024.000 noduri.

Pentru fiecare model nou creat modulul GEOSTAR generează o bază de date constituită din mai multe fișiere, cu extensii specifice. De remarcat că bazele de date create de cele cinci variante ale modulului nu sunt compatibile între ele. Această bază de date este îmbogățită cu noi fișiere, rezultate în urma rulării diferitelor module de analiză și a obținerii rezultatelor respective (câteva exemple sunt prezentate în tabelul 2.4).

Informațiile cuprinse în majoritatea fișierelor generate sunt codificate în formate specifice, fiind inaccesibile în mod direct utilizatorului. Două dintre acestea însă, fiind în format text, pot fi accesate, ele conținând informații importante referitoare la succesiunea comenzilor (\*.ses) respectiv la rezultatele obținute în urma analizei (\*.out). Toate aceste fișiere au ca localizare implicită directorul `C:\Cosmosm`.

În momentul rulării unuia dintre variantele modulului GEOSTAR menționate mai sus, utilizatorul este invitat să introducă numele problemei. Dacă problema nu există, GEOSTAR creează automat o nouă bază de date corespunzătoare. Întrucât fișierele create nu sunt șterse în mod automat, pentru a evita supraaglomerarea discului fix și confuziile cu fișierele originale ale pachetului, este recomandată salvarea noilor probleme în subdirectorul C:\Cosmosm\Working, creat automat în timpul instalării.

Tab.2.4

### Tipuri de fișiere utilizate în rularea pachetului COSMOS/M

Tip fișier	Informații conținute
*.SES	Lista de comenzi executate
*.GEN	Informații generale referitoare la problema în lucru
*.GFM	Informații referitoare la regenerarea modelului
*.GEO	Format executabil tip "listă de comenzi"
*.OUT	Rezultate obținute în urma analizei
*.MAS	Informații referitoare la comunicare cu celelalte module
*.CSY	Informații privind sistemele de coordonate

Interfața grafică este compusă din mai multe ferestre independente, figura 2.1, care se supun protocoalelor Windows, putând fi astfel utilizate funcție de preferințe.

Panoul de comenzi rapide și fereastra principală sunt dotate cu un sistem de ajutor tip "on-line", la indexarea butoanelor sau a comenzilor din meniurile derulante cu mouse-ul în zona inferioară a celor două ferestre apărând o informație referitoare la funcțiunea butonului sau, respectiv, denumirea prescurtată a comenzii și o scurtă indicație despre efectul acesteia. Informații detaliate referitoare la comenzile modulului GEOSTAR se pot obține prin tastarea la consola de dialog a cuvântului "help", urmat de denumirea prescurtată a comenzii respective sau prin acționarea butonului "Help" situat pe panoul Geo Panel.



GEOSTAR permite personalizarea tastelor F1 - F12 prin intermediul a două fișiere tip text localizate în directorul C:\Cosmosm - Geofun și Geofun.map.

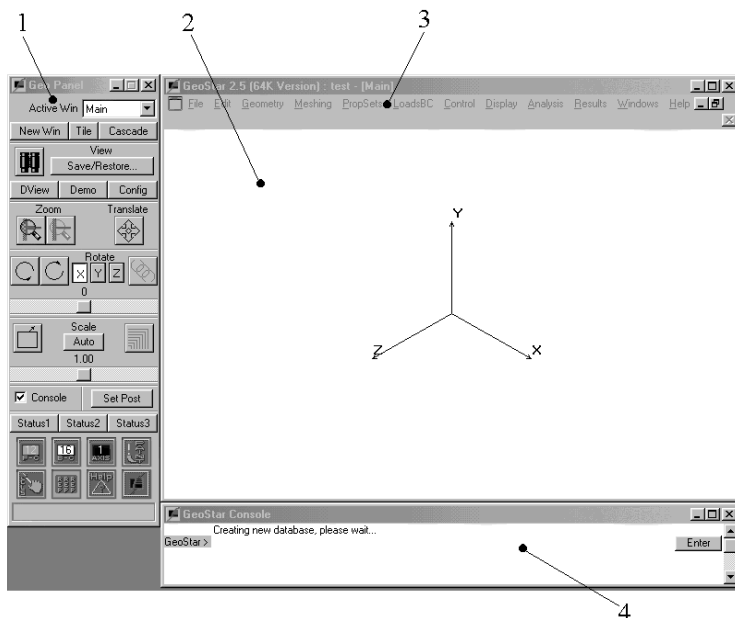


Fig. 2.1

Interfața utilizator a modului GEOSTAR

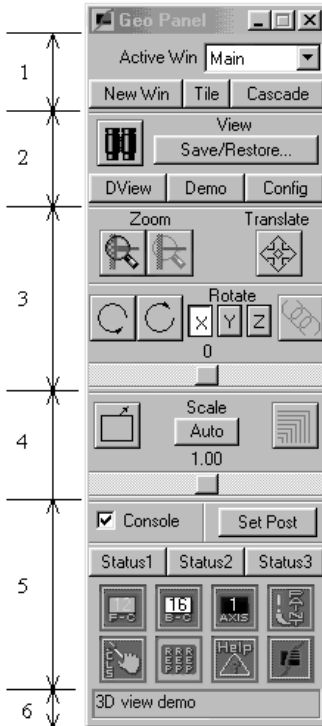
- 1 - panou comenzi rapide (Geo Panel); 2 - fereastra principală (GeoStar); 3 - bara de meniuri derulante; 4 - consola de dialog (GeoStar Console)

### 2.6.1. Panoul de comenzi rapide Geo Panel

Fereastra Geo Panel este împărțită în șase zone (figura 2.2), fiecare zonă conținând butoane de comandă cu acțiune în același domeniu de lucru al modului GEOSTAR:

- zona 1: gestionarea ferestrelor de lucru;

- zona 2: vizualizarea modelului și gestionarea vederilor;
- zona 3: manipularea modelului;
- zona 4: scalarea modelului;
- zona 5: personalizarea interfeței utilizator;
- zona 6: afișarea help-ului on-line.



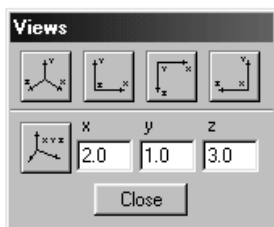
**Fig. 2.2**  
Panoul de comenzi rapide  
Geo Panel

**Zona 1.** Cuprinde trei butoane care permit: NEW WIN - crearea unor noi ferestre; TILE - dispunerea acestora una lângă alta (vizibile toate simultan); CASCADE - dispunerea lor una sub alta (vizibilă doar cea activă). Meniul derulant permite activarea ferestrelor, numărul ferestrei active fiind vizibil în câmpul corespunzător.

**Zona 2.** Cuprinde cinci butoane, dintre care unul cu iconiță - VIEW - permițând, prin deschiderea unei noi ferestre de dialog (figura 2.3), modificarea rapidă a unghiului din care este privit modelul sau trecerea la vederi plane. Butoanul SAVE/RESTORE permite salvarea (respectiv readucerea în fereastra principală) a unui număr de maximum zece vederi ale modelului. Prin acționarea butonului este activată o nouă fereastră de dialog prezentată în figura 2.4.

Celelalte trei butoane sunt utilizate pentru panoramarea modelului în timp real.

DVIEW - activează comanda de panoramare, într-o fereastră suprapusă peste fereastra principală.



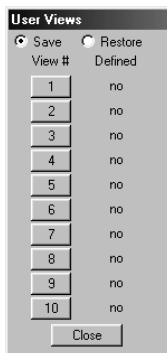
**Fig. 2.3**

Fereastra de modificare a unghiului din care este privit modelul

DEMO - activează rotirea modelului în jurul celor trei axe de coordonate, rotire ce nu poate fi controlată de utilizator.

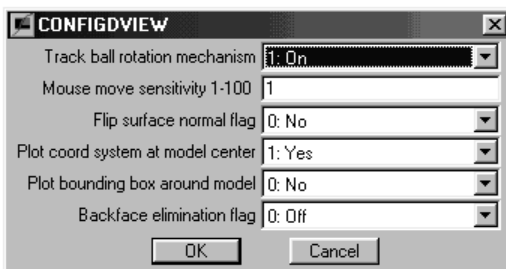
CONFIG - activează o fereastra de dialog prin care se poate personaliza comanda de panoramare în timp real (figura 2.5).

**Zona 3.** Cuprinde o serie de butoane care permit rotația și translația modelului precum și modificarea scării de vizualizare (pe zone selectate în fereastra activă). Prin acționarea butoanelor ZOOM cursorul mouse-ului se transformă într-un reticul care



**Fig. 2.4**

Fereastra pentru gestionarea vederilor



**Fig. 2.5**

Fereastra de configurare a comenzii de panoramare în timp real

permite încadrarea zonei de mărit (butonul din stânga) sau se revine la mărirea anterioară (butonul din dreapta).

Pentru rotirea modelului în jurul celor trei axe există trei posibilități:

- Rotire incrementală: se utilizează butonul corespunzător sensului dorit, axa respectivă alegându-se prin selectarea unuia dintre cele trei butoane notate cu X, Y, Z. La fiecare apăsare modelul se rotește cu  $15^\circ$ .

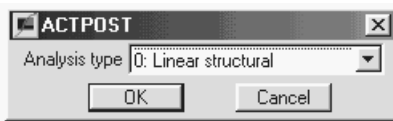
- Rotire cu un unghi oarecare: se utilizează cursorul din partea de jos a zonei, valoarea unghiului apărând afișată în grade sexagesimale.

- Rotire continuă în timp real: se utilizează cursorul, apăsând în prealabil butonul pentru rotire continuă din partea dreaptă a zonei.

Pentru translația modelului se activează butonul TRANSLATE, situat în partea dreaptă superioară a zonei. Prin această acțiune cursorul se transformă în reticul, utilizatorul urmând a identifica, consecutiv, punctul de pornire respectiv de oprire a translației.

**Zona 4.** Facilitează accesul la o serie de comenzi cu acțiune asupra scării de vizualizare la nivelul întregului model. Scalarea se face în regim automat (întreg modelul este cuprins în fereastră) folosind primul buton din partea dreaptă a zonei. Pentru o scară prestabilită se folosește butonul AUTO iar pentru scalarea continuă în timp real se utilizează cursorul din partea inferioară a zonei (după activarea butonului CONTINUOUS SCALE FLAG situat în partea dreaptă a zonei).

**Zona 5.** Cuprinde, în partea superioară, o căsuță pentru activarea sau dezactivarea consolei de dialog și un buton (SET POST) care permite utilizatorului, prin activarea unei noi ferestre de dialog (figura 2.6), alegerea tipului de post-analiză dorit.



**Fig. 2.6**  
Fereastra pentru stabilirea tipului de post-analiză

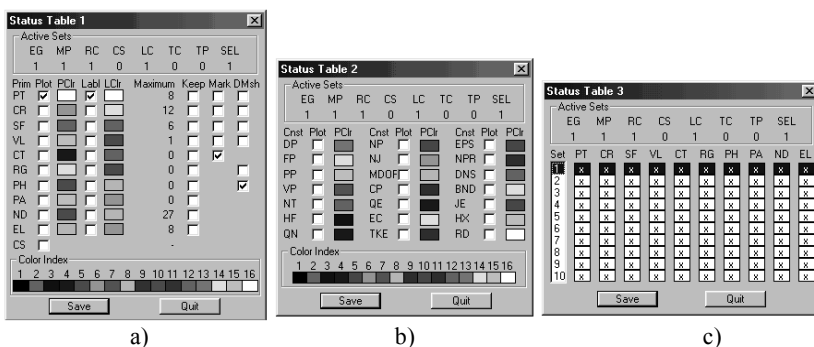
Următoarele trei butoane (STATUS1, 2, 3) activează o serie de trei panouri (figura 2.7) referitoare la: culorile de afișare a entităților geometrice și a etichetelor acestora precum și la comportarea față de entitățile inferioare atunci când entitățile

superioare sunt șterse (STATUS 1); culorile și condițiile de afișare pentru încărcări și deplasări (STATUS 2); conținutul listelor de selecție pentru entități geometrice (STATUS 3). Revenirea la setările inițiale ale programului se poate face activând comanda RESET din meniul EDIT cuprins în bara de meniuri a ferestrei principale.

Ultimele opt butoane din această zonă sunt dotate cu iconițe care sugerează acțiunile lor.

- F-C: modificarea culorii de afișare a modelului (în legătură și cu panoul STATUS 10;
  - B-C: modificarea culorii de fundal a ferestrei principale;
  - AXIS: modificarea culorii de afișarea a sistemului de coordonate;
  - PAINT: re-afișarea conținutului ferestrei principale;
  - CLS: ștergerea conținutului ferestrei principale;
  - REP: repetarea ultimei comenzi la apăsarea tastei ENTER;
  - HELP: afișarea ferestrei meniului "help" detaliat;
  - SRAC: afișarea informațiilor despre pachetul COSMOS/M.
- Zona 6.** Cuprinde bara de afișare a help-ului "on-line".

În panoul de comenzi rapide pot fi afișate și o serie de butoane corespunzătoare meniurilor derulante din fereastra principală. În acest scop se închide panoul și apoi se activează comanda PANEL din meniul CONTROL. În fereastra de dialog apărută se setează opțiunea ON, la activarea butonului OK panoul de comenzi rapide va cuprinde și butoanele respective.



**Fig. 2.7**  
Panouri de comandă activate de butoanele:  
a) STATUS 1; b) STATUS 2; c) STATUS 3.

### 2.6.2. Fereastra principală GeoStar

Această fereastră este zona în care are loc efectiv modelarea geometrică utilizând modulul GEOSTAR. În partea superioară a ferestrei este afișat numele modului, varianta de funcționare (64k - varianta cu 64.000 noduri permise etc.) și titlul problemei active.

Fereastra este dotată cu o bară cu meniuri derulante conținând toate comenzile necesare pre- și post-procesării cu ajutorul modulului GEOSTAR. Aceste meniuri sunt aliniate în ordinea aproximativă a folosirii comenzilor incluse, pe parcursul rezolvării unei probleme.

Programul respectă protocoalele Windows, submeniurile fiind marcate printr-un triunghi înnegrit. Fereastra este dotată cu un ajutor "on-line", dispus în zona inferioară, activat în momentul selectării unui meniu sau a trecerii cursorului peste o comandă oarecare.

În situația activării mai multor ferestre, acestea sunt dispuse pe aceeași suprafață ca și fereastra principală, ordonate după preferințele utilizatorului ("tile" sau "cascade").

Spre deosebire de consola de dialog și panoul de comenzi rapide fereastra principală nu poate fi închisă, această opțiune conducând la închiderea modulului GEOSTAR.

### **2.6.3. Consola de dialog GeoStar Console**

Această fereastră permite utilizatorului atât urmărirea comenzilor, fiind dotată cu un cursor vertical, cât și introducerea acestora în mod text.

În stare inițială prompterul afișează indicativul "GeoStar", în timpul executării unei comenzi transformându-se într-o bară de dialog ce cuprinde mesaje corespunzătoare comenzii respective.

Introducerea unor comenzi sau a unor mărimi numerice se face tastând denumirea comenzii (în formă prescurtată), respectiv a valorii corespunzătoare și apăsând tasta ENTER.

Pentru anularea unei comenzi în curs de executare se apasă tasta ESCAPE.

În vederea ușurării urmării comenzilor efectuate până la un moment dat, fereastra consolei poate fi maximizată

Consola poate fi închisă și reactivată rulând comanda CONSOLE din meniul CONTROL dar în această situație se pierde înregistrarea comenzilor anterioare închiderii.