

Interfață grafică pentru reprezentarea și prelucrarea structurilor ierarhice

Prof. dr. Constantin APOSTOL, Catedra de Informatică Economică, A.S.E., București,
cercet.șt.pr. Costin PRIBEANU, I.C.I., București

O trăsătură caracteristică a perioadei actuale, cu multiple influențe în evoluția activității de cercetare și dezvoltare în tehnologia informației, o constituie deplasarea centrului de interes de la eficiența folosirii resurselor de calcul către cea a activității utilizatorului. Corespunzător, în planul cercetării se constată apariția și consolidarea unor noi direcții teoretice, între care un loc aparte ocupă interacțiunea om-calculator. Cuvinte cheie: Human-Computer Interaction, structuri ierarhice, interfață grafică.

Interacțiunea om-calculator

Referită în literatura de specialitate cu acronimul HCI (Human-Computer Interaction), interacțiunea om-calculator s-a cristalizat ca domeniu distinct în ultimul deceniu, prin convergența unor preocupări din ingineria factorilor umani, ergonomie, psihologie aplicată și știința calculatoarelor.

Dintre definițiile propuse pentru HCI pot fi menționate:

- Disciplină al cărei obiect de studiu este proiectarea, evaluarea și implementarea sistemelor interactive și studiul fenomenelor majore legate de acestea [Dix ș.a., 1993].
- Arie interdisciplinară de cercetare aplicativă și practică de proiectare, a cărei preocupare de bază o constituie înțelegerea și facilitarea creării interfețelor utilizator, prin care omul interacționează cu calculatorul [Carroll, 1991].

În planul dezvoltării de sisteme informatice, se constată consolidarea abordării denumită "proiectare centrată pe utilizator", care caută să identifice cerințe specifice, legate de funcționarea produsului informatic într-un mediu real, cu trăsături organizaționale și sociale particulare. O adâncire a acestei abordări o constituie orientarea pe activitate, susținută în [Johnson, 1992], care detaliază cerințele utilizatorului la nivelul acțiunilor elementare executate în contextul unei activități.

Interacțiunea poate fi văzută ca un dialog între utilizator și calculator. Alegerea stilului de interfață poate avea un efect important asupra naturii dialogului. Prin stil de interfață se înțelege specificul (trăsăturile dominante) unei interfețe om-calculator, determinat de modul de prezentare al outputului și tehnicile de interacțiune. În esență, deci, stilul de interfață depinde de stilul de prezentare și de stilul interacțiunii.

În planul interfețelor om-calculator, această reorientare către cerințele utilizatorului final a condus la creșterea interesului beneficiarilor pentru interfețele grafice, datorită potențialului informativ ridicat pe care îl aduce informația grafică.

Proiectarea interfețelor grafice este mai dificilă și mai costisitoare decât cea bazată pe text și ridică numeroase probleme legate de prezentarea informației, controlul dialogului și transferul informației între componentele acesteia și modulele aplicației. Este nevoie de instrumente care să furnizeze diferite niveluri de servicii pentru programator, asigurând suportul necesar implementării unei interfețe grafice om-calculator. Având în vedere costul aferent implementării unui sistem de grafică pe calculator, este preferabilă utilizarea unui suport existent. În secțiunea urmă-

toare se face o scurtă prezentare a criteriilor care au condus la alegerea suportului grafic și o încadrare a acestuia în contextul unor abordări similare.

Supportul grafic utilizat

Într-o trecere în revistă a principalelor abordări în grafica pe calculator [Pribeanu, 1995], se arată că orientarea spre cerințele dezvoltării software a fost și este în continuare justificată de caracterul costisitor al interfețelor grafice. Totodată, este necesară găsirea unor soluții pentru a răspunde cerințelor utilizatorului final.

O soluție în sensul celor menționate o poate constitui realizarea unui nivel intermediar între nucleul de grafică pe calculator și aplicație, constituit dintr-un set de funcții de nivel foarte înalt (meta-funcții), orientate pe obiecte, care să permită legarea structurii de date, specifică aplicației, de metodele de procesare adecvate [Pribeanu, 1994].

Soluția propusă se bazează pe definirea unei ierarhii de entități grafice construite deasupra structurii de segmente furnizate de nucleul grafic. Pentru fiecare tip de entitate se definește un context de editare separat, care realizează o abstractizare la nivelul funcționalității editorului. Implementarea fiecărui context de vizualizare este realizată prin intermediul unei ferestre de editare, căreia îi corespunde o stație de lucru GKS [ISO, 7942:1985]. De asemenea, este necesar un suport pentru modelarea entităților grafice, care să poată fi adaptat sau extins pentru a permite exprimarea vizuală a semanticii unei aplicații. În modelul propus, acest rol revine editorului grafic orientat pe obiecte care realizează o separație virtuală la nivelul interfeței cu aplicația. Interfața cu programul de aplicație se realizează prin intermediul funcțiilor de editare, incluse în interfața claselor de obiecte. În acest fel, interfața furnizează un metalimbaj de descriere a outputului

grafic, în termeni de entități specifice aplicației, reducând efortul de asimilare a tehnologiei grafice la nivel de detaliu. În același timp, concepția stratificată a editorului, care prevede implementarea unui nivel de bază, situat deasupra nucleului grafic, beneficiază de funcționalitatea standardului GKS. În acest fel se cumulează avantajele oferite de standard cu cele oferite de editor pentru realizarea de aplicații portabile și se permite o specializare a programării componentelor de interfață între suportul grafic și aplicație.

Una din clasele de aplicații în care o asemenea interfață își dovedește utilitatea este cea bazată pe folosirea structurilor ierarhice.

Structurile ierarhice - definire și reprezentare

Între elementele sistemelor naturale și economico-sociale există diverse tipuri de relații. În multe cazuri, reprezentarea acestor elemente și relații conduce la structuri ierarhice. Un articol de sinteză asupra structurilor ierarhice [Wilson, 1969], identifica, la momentul respectiv, peste o sută de referințe din domenii mergând de la arhitectură la zoologie.

Pentru organismele economice, exemplul clasic de reprezentare ierarhică îl reprezintă structura organizatorică (organigrama). În același domeniu, relațiile dintre obiective [Hill și Warfield, 1972], dintre decizii [Kaufmann, 1965] sau dintre indicatorii economici [Apostol, 1980], pot fi reprezentate, de asemenea, ca structuri ierarhice.

În accepțiunea curentă a termenului, sunt considerate ierarhice acele structuri ale căror elemente pot fi împărțite pe niveluri, iar între elementele de pe niveluri succesive există relații de dependență.

În cazul indicatorilor economici se pot încadra în această categorie relațiile procedurale, care corespund modului de

participare a fiecărui indicator la determinarea altora.

Fie E mulțimea indicatorilor economici corespunzătoare unui sistem informațional dat.

Relațiile procedurale dintre indicatori pot fi exprimate printr-un graf orientat $G_e = (E, U_e)$, unde E este mulțimea vârfurilor și U_e mulțimea arcelor [Berge, 1969].

Fie β o relație binară pe $E \times E$, definită astfel:

- i) $e_i \beta e_j$ dacă e_i participă la determinarea lui e_j (implicit $e_j \neg \beta e_i$);
- ii) $e_i \neg \beta e_j$ dacă e_i nu participă la determinarea lui e_j (reciproca nefiind întotdeauna adevărată), unde $e_i, e_j \in E$.

Se numește **familie informațională** $E' \subseteq E$ o mulțime de indicatori având proprietatea că pentru orice $e_i \in E'$ este îndeplinită cel puțin una din condițiile:

- i) există cel puțin un indicator $e_j \in E'$ astfel încât $e_i \beta e_j$;
- ii) există cel puțin un indicator $e_k \in E'$, astfel încât $e_k \beta e_i$.

În funcție de îndeplinirea uneia sau a ambelor condiții, elementele unei familii E' se împart în trei submulțimi de indicatori:

- mulțimea indicatorilor de intrare (E'_-), pentru care se îndeplinește condiția i);
- mulțimea indicatorilor de ieșire (E'_+), pentru care se îndeplinește condiția ii);
- mulțimea indicatorilor intermediari (E'_0), pentru care se îndeplinesc ambele condiții.

Se numește **ierarhie** un graf conex orientat $G = (X, U)$, caracterizat prin următoarele proprietăți:

- i) există o mulțime de elemente $X_n \subset X$ care nu sunt extremitate inițială pentru nici un arc;
- ii) orice vârf $x_i \in (X - X_n)$ este extremitate inițială a unei mulțimi de arce $U_i \subset U$;
- iii) graficul nu conține circuite.

O consecință a proprietăților i) și iii) este existența unei clase de vârfuri $X_0 \subset X$ care nu sunt extremitate inițială

pentru nici un arc. Prin corespondența dintre mulțimile de indicatori de intrare, de ieșire și intermediari și clasele de vârfuri X_0 , X_n și $X - (X_0 \cup X_n)$ se poate verifica faptul că orice familie informațională este o ierarhie.

În forma sa cea mai generală, mulțimea indicatorilor dintr-un sistem este de forma:

$$E = \cup E'_j$$

unde E'_j sunt familiile informaționale existente în sistemul dat.

Ca urmare, graficul G_e este, în general, un graf neconex, ale cărui componente conexe sunt ierarhii. Pe mulțimea vârfurilor unei ierarhii poate fi definită o relație de ordine strictă notată $<$, între perechi de elemente x_i, x_j din X , $x_i \neq x_j$ pentru care există un drum de la x_i la x_j .

Observație: În cazul drumurilor de lungime 1, relația de ordine strictă devine relație de precedență imediată.

Fie S matricea asociată relației de ordine strictă pentru o ierarhie, numită **matrice de subordonare**, ale cărei elemente (x^s_{ij}) se determină astfel:

$$x^s_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{dacă } x_i < x_j \\ 0 & \text{în caz contrar} \end{cases}$$

Denumirea matricei este dată de orientarea arcelor din graf, de la nivelurile inferioare spre cele superioare, ceea ce corespunde unor relații de subordonare. Folosind orientarea inversă a arcelor, relațiile descrise vor avea caracter de supraordonare. Cu observația că pentru diverse tipuri de prelucrări este utilă reprezentarea ambelor categorii de arce, în continuare se consideră numai relațiile de subordonare.

Pentru mulțimea E a indicatorilor economici, din practica analizei sistemelor informaționale se constată că obținerea directă a familiilor E'_j , respectiv a matricelor S și a ierarhiilor asociate este dificilă. Ceea ce se poate obține, pe baza algoritmilor de calcul ai indicatorilor, într-o succesiune de operații descrisă în [Apostol, 1980], este o matrice asociată

întregului graf G_e , conținând elementele tuturor matricelor de subordonare asociate ierarhiilor ce formează sistemul; fie această matrice S'_e .

Presupunând dată matricea S'_e asociată unui graf G_e , prin prelucrarea acesteia ar trebui realizate următoarele:

- determinarea numărului de componente conexe ale grafului relațiilor procedurale dintre indicatorii economici și a matricelor de subordonare ale fiecăruia dintre ele;
- deducerea structurii fiecărei ierarhii, pe baza matricei asociate, cu determinarea nivelurilor, a elementelor fiecărui nivel și a relațiilor dintre elementele de pe niveluri succesive;
- reprezentarea grafică și prelucrarea structurilor ierarhice.

În realizarea asistată de calculator a acestor operații se poate folosi un algoritm propus într-o lucrare de referință asupra structurilor ierarhice [Warfield, 1973], cu dezvoltările impuse de specificul relațiilor procedurale dintre indicatorii economici [Apostol, 1980].

Din perspectiva eficienței activității utili-zatorului, care în acest caz este analistul-proiectant de sisteme informaționale, rezultate superioare pe linia reprezentării și prelucrării structurilor ierarhice ale familiilor de indicatori se pot obține prin folosirea unei interfețe grafice adecvate.

Structura funcțională a interfeței grafice

Funcția principală a interfeței grafice este vizualizarea structurilor ierarhice ale familiilor de indicatori economici, în scopul evidențierii relațiilor de precedență imediată, a relațiilor de subordonare și a structurilor de tip subgraf. De asemenea, se facilitează o consultare interactivă a bazei de date asociate, care permite vizualizarea informației de identificare prin care se definește formal fiecare indicator economic [Apostol,

1982]. Structura funcțională a interfeței este identificabilă în cadrul unui meniu, afișat într-un context de vizualizare distinct. Funcțiile interfeței se pot grupa în trei categorii:

- a) funcții ale aplicației, care operează asupra reprezentării grafice a familiilor de indicatori;
- b) funcții de vizualizare, care permit navigarea în cadrul unui graf (zoom, pan, window);
- c) funcții de specificare a atributelor (attributes), care permit schimbarea stilului de prezentare și a aparenței vizuale a informației grafice.

În cadrul funcțiilor specifice aplicației sunt incluse: generarea (generate), deschiderea (open) - în sensul încărcării unui desen - și închiderea unui graf (close), afișarea unui subgraf (sub-graph), afișarea relațiilor de supraordonare (descendent) și subordonare (ascendent) pentru un nod, afișarea informațiilor de descriere a unui nod (info node) și mutarea unui nod (move node). Interfața grafică definește trei contexte de vizualizare: unul pentru vizualizarea și editarea unui graf, al doilea pentru vizualizarea unui subgraf și al treilea pentru vizualizarea relațiilor între noduri și a informației aferente unui nod.

Prima operație care trebuie realizată este generarea reprezentării unui graf (generate), pe baza matricei relațiilor de subordonare (implicit, aceasta conține și relațiile de precedență imediată). Operația necesită o prelucrare în doi pași: determinarea nivelului în cadrul ierarhiei și calculul coordonatelor x,y ale fiecărui nod. Utilizatorul specifică trei parametri: înălțimea caracterului cu care se va afișa textul (care determină indirect mărimea reprezentării nodului) și distanțele pe cele două axe între noduri, în termeni de multiplu de înălțime caracter. Reprezentarea inițială este generată automat, pe baza configurației grafului și a celor trei parametri specificați. Este posibil, în cazul unor grafuri de dimensiuni mari, ca această

generare automată să nu fie convenabilă, necesitând un efort de identificare. Din acest motiv, a fost implementată o funcție de mutare a unui nod (move node), care permite reamplasarea interactivă a acestuia pe același nivel, astfel încât legăturile să fie vizibile și structura grafului clară.

Selectarea nodurilor se face prin interceptie grafică, poziționând cursorul grafic pe entitatea selectată. În scopul unei procesări convenabile a informației grafice, nodurile au fost definite la nivel de segment grafic GKS, iar legăturile incluse toate în cadrul unui singur segment, care este șters și redefinit la mutarea unui nod.

Interfața păstrează în permanență ultima definiție a reprezentării unui graf prin stocarea în baza de date a coordonatelor nodului calculate în faza de generare.

Vizualizarea unui subgraf (subgraph) corespunde parcurgerii grafului în sens descendent (descompunere), începând de la un anumit nod.

Rezultatul este obținerea unei arborescențe care corespunde mulțimii indicatorilor care participă, direct sau indirect, la formarea indicatorului asociat nodului rădăcină.

Realizarea acestei operații pe un singur nivel, corespunzând afișării descendenților direcți, se asigură cu funcția descendent.

Parcurea în sens invers (ascendent), permite determinarea tuturor utilizărilor directe ale unui indicator la formarea altora. În forma inițială de afișare, singura informație asociată unui nod este un cod al indicatorului, de forma Ixxx, unde xxx reprezintă un număr de ordine, generat automat în procesul de încărcare a bazei de date cu descrierile formale ale indicatorilor [Apostol, 1982]. Funcția info node permite afișarea, pentru un nod selectat de utilizator, a descrierii formale a indicatorului asociat, respectiv a lanțului de identificatori ce formează informația de identificare a acestuia.

Implementarea și utilizarea interfeței grafice

Funcțiile interfeței sunt implementate în cadrul a două unități Pascal. În primul modul este inclusă inițializarea contextului grafic (deschidere nucleu grafic, deschidere stații de lucru, dimensionare ferestre de vizualizare), descrierea meni-ului principal și a interacțiunii cu acesta.

Funcțiile specifice aplicației sunt implementate în cadrul unui modul distinct, care oferă o interfață de apel pentru programul principal.

Structura modulară a interfeței permite o modificare a stilului de interacțiune, prin configurarea ferestrelor de lucru și a modului de input grafic (la cerere sau prin evenimente, accesarea meniului cu mouse sau prin tastatură), fără a afecta implementarea funcțiilor aplicației.

Alături de aceste două unități, dedicate aplicației, în interfața grafică este inclus și software-ul existent: o unitate care implementează funcționalitatea editorului grafic (care constituie nivelul intermediar între aplicație și nucleul grafic), și o bibliotecă de module care constituie nucleul grafic GKS.

În forma sa actuală, interfața grafică prezentată este utilizată în cadrul produsului ICAR (Information Computer Aided Rationalisation), dedicat evaluării și raționalizării sistemelor informaționale economice [Apostol, 1995]. Prin intermediul facilităților oferite, interfața permite analiza interactivă a relațiilor procedurale dintre indicatorii economici, obținute în faza de investigare sub forma algoritmilor de calcul. Este asigurată independența relativă a interfeței în raport cu produsul ICAR, având în vedere că operațiile de separare a componentelor conexe ale grafului G_e se realizează în afara acesteia. Ca urmare, interfața primește direct o matrice de subordonare a unei familii de indicatori, pe baza căreia asigură

reprezentarea și prelucrarea în maniera arătată a ierarhiei asociate. Structura

ecranului principal al interfeței și un exemplu de ierarhie sunt în figura 1.

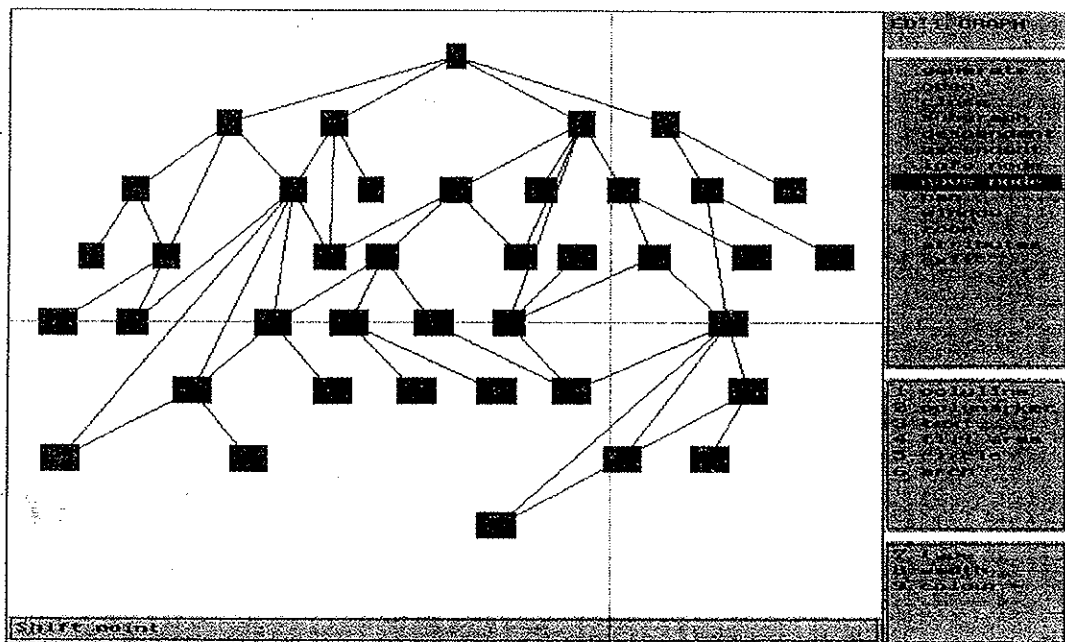


Fig. 1 - Interfața grafică cu un exemplu de ierarhie

Pe un plan mai general, în forma ei actuală interfața poate fi folosită în numeroase alte situații care conduc la ierarhii. În această categorie intră și structurile arborescente, care reprezintă forme particulare de ierarhii, unde clasa de vârfuri de nivel superior, X_n , are un singur element. Raportat la necesitățile analizei și (re)proiectării sistemelor informaționale economice, vizualizarea net superioară și simplitatea folosirii interfeței grafice o fac foarte utilă într-o serie de situații, cum sunt: reprezentarea structurii organizatorice a organismelor economice, cu abordarea pe această bază a fluxurilor informaționale la nivel fizic; analiza relațiilor de determinare din interiorul sistemului de obiective, ca și al sistemului de decizii; analiza modului de fundamentare informațională a deciziilor, respectiv a modului de consum al informațiilor în procesul decizional; analiza relațiilor structurale din cadrul sistemului de nomenclatoare

și clasificări ce corespund mulțimii identificatorilor etc.

În concluzie, se poate aprecia că, prin instrumente de tipul interfeței grafice prezentate, devine posibilă extinderea facilităților de interacțiune om-calculator ale software-ului de aplicație.

Bibliografie

- [Apostol, 1980] Apostol C. - *Utilizarea structurilor ierarhice în analiza fluxurilor informaționale*, Revista de statistică, anul XXVIII, no.4,1980, pp.24-28.
- [Apostol, 1982] Apostol C. - *Un limbaj formal de descriere a indicatorilor economici*, în: M. Mănescu (Ed.), *Cibernetica. Aplicații în economie*, Ed. Academiei, București, 1982
- [Apostol, 1995] Apostol C. - *Sur la rationalisation assistee par ordinateur de systemes d'information*, în: I. Gh. Roșca, I. Ivan (Ed.), *Software*

Engineering and Applications, Proceedings of the 2nd Symposium of Economic informatics, ASE Printings House, București, 1995

[Berge, 1969] Berge C. - *Teoria grafurilor și aplicațiile ei*, Ed. Tehnică, București, 1969

[Carroll, 1991] Carroll J.M. - *Introduction: The Kittle House Manifesto*, în: J.M.Carroll (Ed.), *Designing Interaction - Psychology at the Human-Computer Interface*, Cambridge University Press, 1991

[Dix ș.a., 1993] Dix A., Finlay J., Abowd G., Beale R. - *Human-Computer Interaction*, Prentice Hall, 1993

[Hill și Warfield, 1972] Hill J.D., Warfield J.N. - *Unified Program Planning*, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, no.11/1972

[ISO 7942:1985] ISO 7942: *Information processing Systems - Computer graphics - Graphical Kernel System (GKS) functional description*, 1985

[ISO/IEC 11072:1992] ISO/IEC 11072 *Information technology - Computer graphics - Computer Graphics Reference Model (CGRM)*, 1992

[Johnson, 1992] Johnson P. - *Human-Computer Interaction*, McGraw Hill, London, 1992

[Kaufmann, 1965] Kaufmann A. - *The Science of Decision Making*, McGraw-Hill, 1965

[Pribeanu, 1994] Pribeanu C. - *Suport grafic orientat pe obiecte pentru realizarea de interfețe om-calculator*, *Revista Română de Informatică și Automatică*, vol.4, no.2/1994, pp.73-80.

[Pribeanu, 1995] Pribeanu C. - *Model de integrare a componentelor unui sistem suport pentru implementarea de interfețe grafice om calculator*, *Revista Română de Informatică și Automatică*, vol.5, no.2/1995

[Warfield, 1973] Warfield J.N. - *On Arranging Elements of a Hierarchy in Graphic Form*, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, no.2/1973

[Wilson, 1969] Wilson D. - *Forms of Hierarchy: A Selected Bibliography*, *General systems*, vol. 14, 1969, pp. 3-15