

# REPREZENTAREA GRAFICĂ A SERIILOR DE DATE STATISTICE CA FORMĂ DE MANIFESTARE A "CALITĂȚII" ÎN SISTEMELE DE PRODUȚIE

ing.mat. Adriana Alexandru  
mat. Roxana Ion  
ing. Adriana Stanciu

Institutul de Cercetări în Informatică

**Rezumat:** Lucrarea abordează asigurarea calității în sistemele de producție. Sunt definite noțiuni de calitate a producției, calitatea produselor precum și noțiuni referitoare la controlul proceselor industriale, controlul produselor și interacțiuni cu alte componente ale întreprinderii. Se pune accent pe prelucrările statistice, specifice controlului de calitate, care se pot automatiza prin introducerea tehnicii de calcul.

**Cuvinte cheie:** calitate, diagrame de control, caracteristici operative, control statistic CSP.

## 1. Introducere

Competiția dinamică a devenit conceptul cheie în domeniul proiectării și al producției. Calitatea, costul și durata fabricației sunt considerate a fi cei trei determinanți majori ai profitabilității unui nou produs.

La definirea conceptului de calitate vom ține cont, inclusiv de nivelul tehnic al produselor. Deoarece calitatea produselor se "creează" în procesul de producție și se "constată"/"testează" în procesul de utilizare a acestora, se impune precizarea deosebirii dintre calitatea producției și calitatea produselor. Așadar:

- **calitatea producției:** reflectă toate laturile de ordin calitativ din procesul de producție, calitatea tuturor activităților din ciclul complet de producție respectiv calitatea proceselor de fabricație, laturile activității de concepție, constructive, tehnologice și de organizare a producției;
- **calitatea produselor:** sintetizează expresia finală a calității proceselor de fabricație prin performanțe tehnice, psiho-senzoriale, de disponibilitate, economice, cu caracter social general. Aspectul dinamic al calității reiese din evoluția conținutului ei atât extensivă (când variază numărul caracteristicilor produsului), cât și intensivă (când se îmbunătățesc însușirile produsului).

## 2. Instrumente utilizabile în controlul statistic de calitate

Un aspect important al calității este controlul calității produselor, care constituie fundamentul pe

care se bazează asigurarea calității și managementul calității. Acest control se poate realiza fie prin măsurători ale aspectelor cheie ale producției fizice, fie cu ajutorul *controlului statistic de calitate*. Controlul statistic de calitate constituie o cerință a standardelor de calitate ISO 9000, standarde care trebuie să fie respectate în cazul oricărui produs exportate.

Principiile de integrare a calității cu producția și soluțiile adoptate sunt utilizate în sistemele informatice ale întreprinderilor cu producție continuă, respectiv discretă.

Independent de soluția de urmărire a producției și a calității, integrarea calității cu sistemele de producție presupune:

- identificarea operațiilor de control/repere;
- culegerea datelor măsurate în punctele de control;
- punerea acestor date la dispoziția setului de diagrame, implementat în sistem;
- existența unui ansamblu de rutine de reprezentare grafică a seriilor de date potrivite cu specificul sistemului.

Controlul de calitate se poate realiza atât la nivelul proceselor, cât și la nivelul produsului.

### 2.1. Controlul procesului

#### Concepte

Definiția calității trebuie să fie suficient de precisă pentru a permite o exprimare calitativă a ei, pe baza efectuării de măsurări asupra unor performanțe stabilite prin specificațiile de fabricație. Modalitatea de definire a calității trebuie să pornească de la performanțele care caracterizează produsul.

Un produs este considerat bun calitativ, dacă performanțele sale măsurate se încadrează între anumite limite de toleranță specificate. Produsul va fi bun, dacă vectorul performanțelor sale va fi inclus într-un domeniu de acceptare, definit

conform limitelor de toleranță specificate și va fi necorespunzător în caz contrar.

Capacitatea procesului de a-și încadra vectorul performanțelor în domeniul de acceptare reprezintă ceea ce se numește *conformitatea procesului*.

La baza utilizării metodelor statistice în activitatea de control de calitate, stă principiul potrivit căruia deciziile trebuie luate pe baza unor date reale, corecte, iar cele eronate trebuie eliminate în timp util.

În orice proces de producție, va exista întotdeauna o anumită rată de variație naturală, care apare indiferent de modul în care a fost proiectat sau implementat procesul sau cât de corect a fost întreținut. Variația este incontrolabilă și este o urmare a diverselor cauze ne semnificative. Aceste variații calitative se numesc *variații aleatoare* și sunt referite ca un *sistem stabil de cauze întâmplătoare*. Când ele sunt mici, se încadrează între anumite limite, și nu cauzează neplăceri consumatorului, deci pot fi tolerate, și spunem că procesul este *sub control statistic*.

Apar însă și variații calitative, care nu pot fi tolerate, deci trebuie identificate și eliminate. Ele se numesc *variații sistematice* și pot veni de la una sau mai multe cauze posibile, asociate unor mașini, operatori sau materiale. Procesele care operează în prezența lor spunem că sunt *în afara controlului*.

Diferențierea între cele două categorii de variații se face cu ajutorul *diagramelor de control*. Pe ordonată se trec caracteristicile operative ale produsului  $x$ , iar pe abscisa frecvență (numărul exemplarelor sau al loturilor, respectiv luna sau ziua fabricării lor).

Prin urmărirea diagramelor de control, procesul de producție poate fi evaluat și adesea îmbunătățit. Obiectivul este reducerea cât de mult a variației.

Controlul procesului se realizează prin:

- diagrame de control prin atribute;
- diagrame de control prin variabile;
- diagrame speciale de control.

## Diagrame de control - caracteristici

Diagramele de control tipice constau din valori limită numite UCL - *limita superioară* de control și LCL *limita inferioară* de control pentru o caracteristică simplă de calitate. Între acestea se află linia de centru CL - *limita centrală*, care reprezintă caracteristica simplă fără nici o deviație. Eșantioanele sunt luate, de obicei, în ordinea fabricării.

Punctele care reprezintă valorile măsurate în punctele de eșantionare sunt unite, de obicei, prin

linii drepte, astfel încât secvența de derulare în timp a activității poate fi ușor vizualizată. Limitele de control sunt astfel încât, dacă un proces este sub control, aproape toate punctele vor fi în interiorul lor. Când este îndeplinită această condiție, nu este necesară nici o corecție. Dacă un punct iese din limitele de control, acest lucru este dovada faptului că procesul a ieșit de sub control. Se caută o cauză posibilă și se acționează pentru eliminarea ei.

Chiar dacă toate punctele sunt între limite, procesul poate fi scăpat de sub control. Această condiție se realizează când punctele de control apar într-o manieră nestandard sau sistematică, manieră care va fi analizată în cadrul modulelor program realizate.

În controlul statistic se folosesc diferite modele probabilistice: "*distribuții*", care caracterizează variabile aleatoare și care sunt funcții de probabilitate, ce exprimă probabilitatea ca un eșantion de dimensiune  $n$  să conțină  $x$  părți necorespunzătoare. Distribuția de probabilitate este, prin urmare, un mijloc de modelare a proceselor.

Diagramele de control se realizează pentru diferite distribuții întâlnite:

- *distribuția hipergeometrică*: atunci când se extrag eșantioane dintr-un lot de dimensiune finită  $N$ , conținând un număr specificat de părți necorespunzătoare  $D$ , este modelul probabilistic potrivit pentru eșantionarea fără înlocuire;
- *distribuția binomială*: se consideră un proces ce constă dintr-o serie de încercări descrise, unde fiecare rezultat al unei încercări este un succes sau un eșec; distribuția binomială este folosită în controlul calității, când numărul de unități ale lotului este mare în raport cu numărul de eșantionare sau când producția este continuă;
- *distribuția Poisson*: este folosită ca o aproximație a distribuției binomiale, atunci când dimensiunea eșantionului studiat  $n$  crește foarte mult, iar fracțiunea rejectată ca necorespunzătoare se apropie de zero, astfel încât numărul de defecte din eșantioane este aproape constant;
- *distribuția normală*: este cea mai importantă pentru controlul de calitate; majoritatea măsurătorilor ce oscilează în jurul unei valori centrale, urmează această distribuție;
- *distribuția exponențială*: este folosită în modelarea gradului de încredere, când rebuturile și defectele sunt complet

aleatoare și pentru a modela timpii de reparare ce variază larg.

În unele probleme de control al calității este utilă aproximarea unei distribuții cu alta.

Diagramele studiate sunt integrabile în sistemele informatice integrate atât ale întreprinderilor cu producție continuă, cât și discretă.

Au fost realizate module program pentru:

### Diagrame de control prin atribute

Un atribut așa cum este folosit în controlul de calitate, se referă la o caracteristică de calitate care se conformează sau nu specificațiilor. Termenii bun sau defect pentru cele două posibilități sunt înlocuiți cu *corespunzător* sau *necorespunzător*. Acești doi termeni ar putea provoca confuzii și de aceea vom completa că necorespondența se referă la o singură caracteristică de calitate. Deoarece o unitate poate avea mai multe caracteristici de calitate, ea poate avea mai multe defecte. Necorespunzător se referă la întreaga unitate.

Diagramele de control prin atribute studiate sunt următoarele:

- *diagrame p* realizează diagrame pentru fracțiuni rejectate ca necorespunzătoare și este tratată în cazurile  $p$  standard și  $p$  nestandard. Aceste tipuri de diagrame de control prin atribute pot fi folosite în întreprinderile în care controlul se face în funcție de numărul de defecte / dimensiune eșantion studiat, care apar în proces (studiindu-se loturi ale aceluiași produs) sau în funcție de numărul de defecte / dimensiune eșantion studiat, care apar în cadrul unui singur lot al unui anumit produs, defecte rezultate în urma analizei diferitelor caracteristici ale produsului; procesul de producție studiat este stabil și probabilitatea de rejectare a articolelor este independentă (distribuție binomială);
- *diagrame np* realizează diagrame pentru defecte și sunt tratate în cazurile  $p$  standard și  $p$  nestandard; aceste tipuri de diagrame de control prin atribute pot fi folosite în întreprinderile în care controlul se face în funcție de numărul de defecte, care apar în proces (studiindu-se loturi ale aceluiași produs) sau în funcție de numărul de defecte, care apar în cadrul unui singur lot al unui anumit produs, defecte rezultate în urma analizei diferitelor caracteristici ale produsului; procesul de producție studiat este stabil, și probabilitatea de rejectare a articolelor este independentă (distribuție binomială);

- *curba CO (caracteristică operativă)*, pentru diagrama  $p$  realizează caracteristica operativă pentru diagrama  $p$ ,  $p$  nestandard; **caracteristica operativă** este exprimarea matematică a calității unei diagrame de a diferenția loturile bune de cele necorespunzătoare; aceasta este o reprezentare a probabilității de a accepta încorect ipotezele de control statistic; curba CO măsoară capacitatea diagramei de control de a detecta o schimbare a valorii nominale a fracțiunii rejectate în raport cu alte valori ale acesteia. Se utilizează o dată cu diagramele de control prin atribute pentru defecte și cu diagramele de control prin atribute pentru fracțiuni rejectate ca necorespunzătoare.

### Diagrame de control prin variabile

Atunci când există multe caracteristici de calitate, care pot fi exprimate ca măsuri numerice, sunt folosite diagramele de control prin variabile. Acestea sunt preferate diagramelor de control prin atribute, deoarece ele conferă informații suplimentare despre procesul investigat, de exemplu pot fi făcute estimări ale tendinței de centrare și ale dispersiei.

Problemele studiate sunt integrabile în sistemele informatice integrate atât ale întreprinderilor cu producție continuă, cât și discretă.

Diagramele de control prin atribute studiate sunt următoarele:

- *diagrama X* este folosită pentru a controla reacția unui proces, controlând tendința centrală (distribuția este normală); eșantioanele trebuie alese astfel încât diferența dintre ele este maximă;
- *diagrama R* măsoară dispersia în interiorul unui eșantion; eșantioanele trebuie alese astfel încât diferența dintre ele să fie maximă; dacă eșantionul este mic ( $n=5$ ) articolele trebuie luate succesiv; dacă studiul este pe zi, este bine ca articolele să fie luate în diferite momente ale zilei.

### Diagrame speciale de control

Problemele studiate sunt integrabile în sistemele informatice integrate ale întreprinderilor cu producție continuă.

Diagrama studiată este Diagrama Cusum, care a fost proiectată pentru detectarea abaterilor într-o singură direcție.

## 2.2. Controlul produselor

*Controlul produselor prin excepție* este o componentă majoră a controlului de calitate. Verificările sunt realizate pe loturi. Din aceste loturi se iau eșantioane cărora le sunt verificate caracteristicile de calitate pentru fiecare din componente.

Unul din scopurile controlului prin excepție este de a determina un curs al acțiunii (acceptare sau respingere). Alt scop este de a prescrie o procedură prin care, dacă este aplicată unei serii de loturi, se va obține un risc specificat de acceptare a unui lot, la un anumit nivel de calitate. Este de remarcat că scopul controlului prin excepție nu este de a estima sau controla calitatea produselor, aceasta revenind diagramelor de control.

Termenii și simbolurile folosite în controlul prin excepție sunt următorii:

- *curba ASN (curba mediei numărului de esanționare)* - este un instrument evoluat, care furnizează informații referitoare la numărul de verificări pe lot pentru un plan de control prin excepție;
- *ASN* - dimensiunea medie a eșantionului verificat;
- *curba CO (caracteristică operativă)* - este un instrument de evaluare, care arată probabilitatea de acceptare a unui lot supus verificării pentru o gamă largă de valori ale fracțiunii defective;
- *plan simplu de eșantionare* - este o procedură în care un eșantion este extras dintr-un lot și apoi verificat; dacă numărul de unități necorespunzătoare găsit este mai mic sau egal cu limita specificată lotul va fi acceptat;
- *plan de eșantionare secvențială* - este o procedură în care se fac mai multe eșantionări; după fiecare eșantionare se ia o decizie de acceptare a lotului, de respingere sau de continuare a eșantionării, adică a procesului de extragere din lot a unui eșantion.

Au fost realizate următoarele module program:

### Eșantionare prin atribute

Problemele studiate sunt integrabile în sistemele informatice integrate ale întreprinderilor cu producție continuă.

În planul de eșantionare prin atribute, este verificat un număr predefinit de unități din fiecare

lot. Fiecare unitate este clasificată corespunzătoare dacă atinge specificațiile stabilite altfel este necorespunzătoare. Dacă numărul de unități necorespunzătoare este mai mic decât minimumul prescris, lotul este acceptat; altfel respins.

Eșantionarea prin atribute este caracterizată prin:

- *CO plan simplu de eșantionare*: realizează caracteristica operativă pentru un plan simplu de eșantionare; aceasta este folosită pentru a compara probabilitatea de acceptare a unui lot pentru diferite planuri de eșantionare: de exemplu, dacă probabilitatea de acceptare este egală cu 0.62 (pentru loturi care conțin o unitate necorespunzătoare), înseamnă că din 100 de loturi conținând o unitate necorespunzătoare, în medie, 62 vor fi acceptate și 38 vor fi respinse, dacă este respectat planul de verificare studiat;
- *CO eșantionare secvențială*: realizează caracteristica operativă pentru un plan secvențial de eșantionare; în eșantionarea secvențială, după fiecare eșantionare se ia o decizie de acceptare a lotului, de respingere a lotului sau de continuare a eșantionării;
- *ASN*: realizează curba ASN pentru eșantionare secvențială; aceasta se folosește în cazul în care procesul de eșantionare poate continua la infinit (atunci când numărul cumulat de unități necorespunzătoare cade între limitele de acceptare și de respingere); Wald (1947) a ajuns la concluzia că procesul de eșantionare poate fi trunchiat după ce numărul total de unități verificate este egal cu de două ori și jumătate nivelul ASN (numărul mediu de eșantionare), unde valoarea fracțiunii defective este egală cu valoarea pantei liniilor limită de acceptare și de respingere.

### Eșantionare prin atribute speciale

În cadrul acestui plan de eșantionare, unitățile neconforme găsite sunt corectate sau înlocuite cu unități conforme și este necesar să se alterneze secvențele de verificare integrală cu verificarea pe eșantioane.

Eșantionarea prin atribute specială este caracterizată prin *CO pentru planuri de eșantionare continuă*, aceasta realizând caracteristica operativă pentru un plan de eșantionare continuă.

Cu ajutorul acestor module program se poate studia un proces industrial și se poate ajunge la concluzia dacă procesul / produsul analizat este sub control sau în afara controlului.

### 3. Integrarea componentei de reprezentări grafice în sistemele de producție și de calitate

Principiile de integrare a calității cu producția și soluțiile adoptate sunt utilizate în sistemele informatice ale întreprinderilor cu producție continuă, respectiv discretă.

Independent de soluția de urmărire a producției și a calității, interpretarea datelor culese în urma operațiilor de control solicită existența componentei de reprezentări grafice a seriilor de date statistice, ca mod de manifestare a componentei de calitate.

Modulele program realizate pentru controlul calității proceselor / produselor sunt integrate în cadrul unei *interfețe grafice* ușor abordabilă de către utilizator. Accesul programelor de prelucrare la bazele de date este rezolvat la nivelul interfeței controlului de calitate prin intermediul unor opțiuni de alegere a setului de date existente în baza de date, realizându-se apoi prelucrări de control al procesului și controlul prin excepție.

Interfața utilizator conține următoarele facilități:

- alegerea opțiunilor de reprezentare grafică se face la nivelul ecranului inițial, care conține întreg meniul referitor la control statistic de calitate;
- cererea referitoare la articol / operație / atribut se face la nivelul unei cutii de dialog ("Alegeți unul sau mai multe din articolele următoare"), din această cutie putându-se face una sau mai multe cereri în funcție de numărul elementelor din lista afișată;
- parametrii reprezentării se introduc la nivelul fiecărei diagrame de control;
- sunt, de asemenea, oferite facilități de afișare Tile, respectiv Cascade a diagramei cerute.

*Ecranul inițial* este divizat în următoarele zone:

- suprafața de afișare a documentului: aceasta conține unul din view-urile asociate documentului; fiecare view conține reprezentarea grafică a tipului de diagramă / caracteristică de operare aleasă sau diferite mesaje care sugerează tipul acțiunii pe care utilizatorul urmează să o realizeze;
- suprafața de descriere a documentului care conține o bară de titlu referitoare la numele aplicației, o bară de meniu care include tipurile de diagrame / caracteristici de operare studiate.

Ecranul inițial afișează mesajul "Primul pas: alegeți din meniu opțiunea SELECȚIE". Rezultatul alegerii acestei opțiuni este apariția unei cutii de dialog "Opțiuni", cu ajutorul căreia alegem numărul de atribute dorit, aparținând aceluiași cod articol. În cazul nealegerii corecte, utilizatorul va fi atenționat

prin mesajul "Toate cererile selectate trebuie să aibă același cod".

*Meniul principal* conține mai multe opțiuni, prezentate în continuare, fiecărei opțiuni a meniului fiindu-i asociat un submeniu. În continuare, vom face o prezentare succintă a fiecărui submeniu.

1. *Opțiunea Selecție* activează cutia de dialog "Opțiuni".
2. *Opțiunea Diagrame de control*. Submeniul asociat este următorul:

2.1. *Funcția Diagrame p* în cazurile p standard (figura 1) și p nestandard (figura 2).

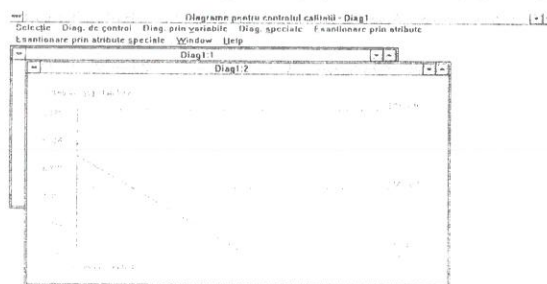


Figura 1

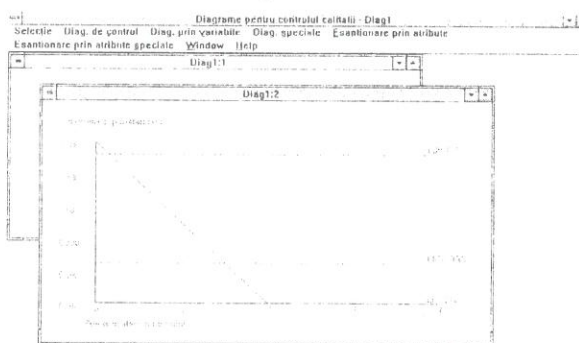


Figura 2.

2.2. *Funcția Diagrame np* în cazurile p standard (figura 3) și p nestandard (figura 4)

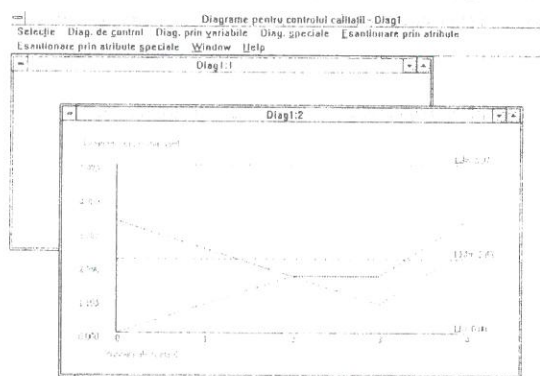


Figura 3.

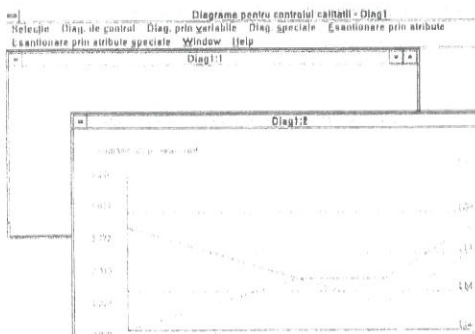


Figura 4.

2.3. Funcția Curba CO, pentru diagrama p, p nestandard (figura 5).

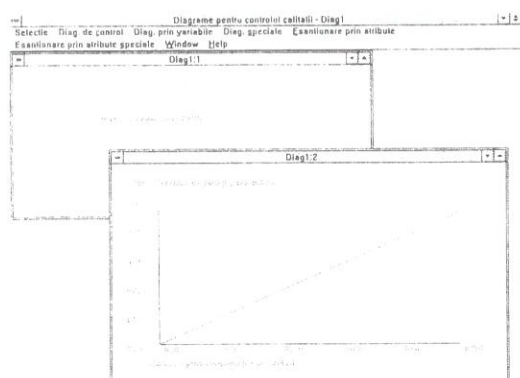


Figura 5

2.4. Funcția Exit termină execuția programului, ea putând fi lansată oricând.

3. Opțiunea Diagrame de control prin variabile. Submeniul asociat este următorul:

3.1. Funcția Diagrame X (figura 6).

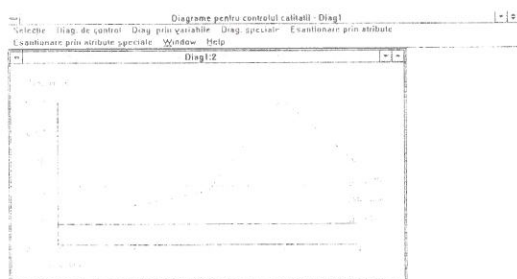


Figura 6

3.2. Funcția Diagrame R (figura 7).

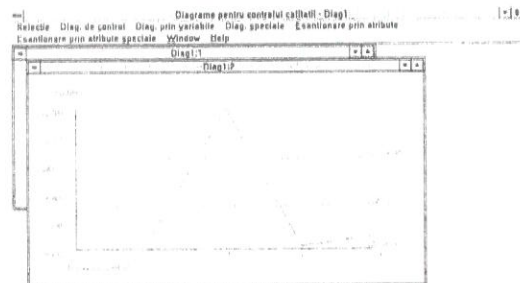


Figura 7

4. Opțiunea Diagrame de speciale de control. Submeniul asociat este următorul:

4.1. Funcția Diagrame Cusum (figura 8).

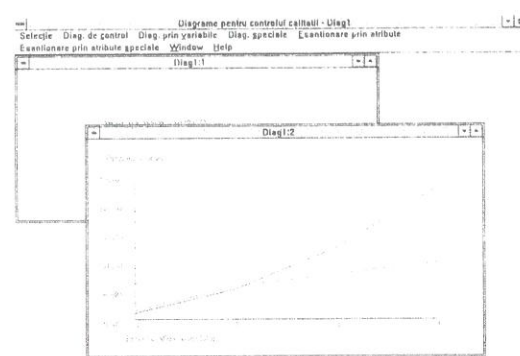


Figura 8

5. Opțiunea Eșantionare prin atribute. Submeniul asociat este următorul:

5.1. Funcția CO plan simplu (figura 9).

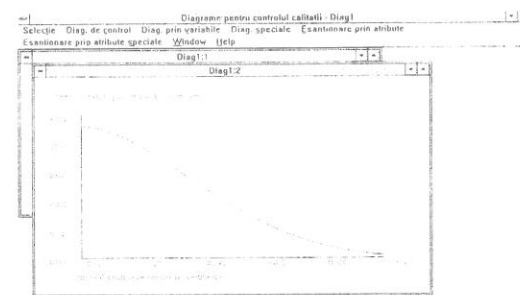
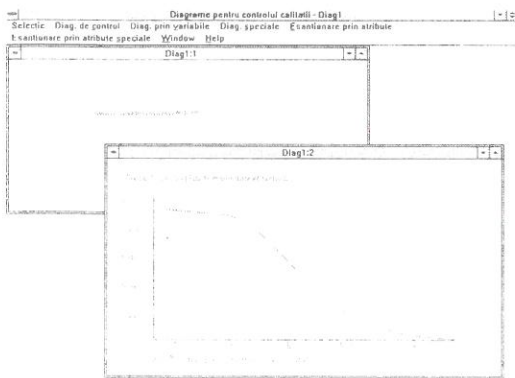


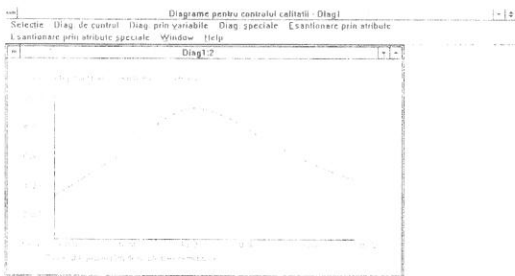
Figura 9

**5.2. Funcția CO eșantionare secvențială.**  
(figura 10).



**Figura 10**

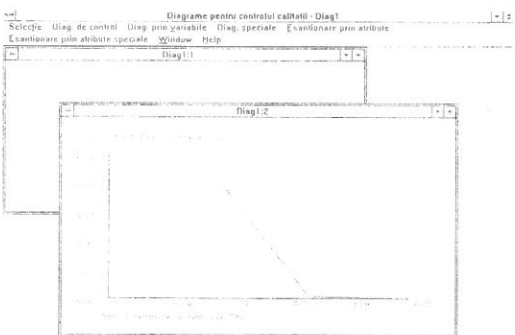
**5.3. Funcția ASN pentru eșantionare secvențială.** (figura 11).



**Figura 11**

**6. Eșantionare prin attribute speciale**

**6.1. Funcția CO pentru plan continuu de eșantionare.** (figura 12).



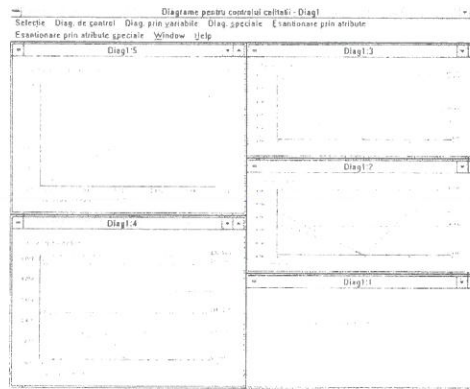
**Figura 12**

**7. Opțiunea Window.** Submeniul asociat este următorul:

**7.1. Funcția Cascade** realizează dispunerea în cascade (figura 12) a view-

urilor inspectate de către utilizator. Aceasta facilitează alegerea tipului de diagramă dorit, atunci când au fost realizate mai multe diagrame.

**7.2. Funcția Tile** realizează dispunerea tile (figura 13) a view-urilor inspectate de către utilizator. Aceasta permite analiza globală a diagramelor/caracteristicilor operative.



**Figura 13**

**8. Opțiunea Help.** Submeniul asociat conține opțiunea *About Diagrame*, care descrie varianta interfeței de prelucrare grafică utilizată. Prin intermediul ecranelor de Help, utilizatorul poate obține informații utile, referitoare la tipurile de diagrame / caracteristici operative conținute în produsul realizat.

**Bibliografie**

1. **BANKS, J.:** Principles of Quality Control, John Wiley&Sons, 1989.
2. **DOES, R.J.M.M., ROES, K.C.B.:** Shewart-type Charts in Nonstandard Situations Technometrics 37, pp.15-40.
3. **ROES K.C.B., R.J.M.M. DOES.:** Shewart-type Control Charts for Individuals. În: Journal of Quality Technology 25, pp.188-198.
4. **SINGH S. S.:** Total Quality Control Essentials, McGraw-Hill, 1992.
5. **BARKMAN W. E.:** In-Process Quality Control for Manufacturing, Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, 1989.