Fişa suspiciunii de plagiat / Sheet of plagiarism's suspicion	Indexat la: 15/01

Opera suspicionată (OS) Suspicious work	Opera autentică (OA) Authentic work

OS	Stanciu, A., Prodan, L., „Indicatori pentru caracterizarea fiabilității şi disponbilității", *An. Univ."Aurel Vlaicu" Arad, Fasc. Electrotehnică, Electronică, Automatizări*, p.289-298, 2000.
OA	Petrakis, N.S., „Creşterea fiabilității şi disponibilității sistemelor de calcul prin eficientizarea auto-controlului." Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Timişoara, 1995.

Incidența minimă a suspiciunii / Minimum incidence of suspicion	
p.289:11 – p.291:4	p.6:3 – p.7:27
p.291:5 – p.291:10	p.7:33 – p.7:39
p.291:11 – p.291:15	p.8:4 – p.8:8
p.291:16 – p.291:21	p.10 – p.10:6
p.291:22 – p.291:25	p.13:4 – p.13:8
p.291:25 – p.291:27	p.13:17 – p.13:19
p.291:27 – p.292:1	p.13:20 – p.13:25

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN TIMIŞOARA
Facultatea de Automatizări şi Calculatoare

Autor:
Ing. Nikolaos S. PETRAKIS

CREŞTEREA FIABILITĂŢII ŞI DISPONIBILITĂŢII SISTEMELOR DE CALCUL PRIN EFICIENTIZAREA AUTOCONTROLULUI

~ Teză de doctorat ~

Conducător ştiinţific:
Prof. dr. ing. Mircea VLĂDUŢIU

Timişoara
1995

Cuprins

Capitolul 1.

Capitolul 2.

Capitolul 3.

Capitolul 4.

2. Metode de creştere a fiabilităţii şi disponibilităţii

2.1. Indicatori pentru caracterizarea fiabilităţii şi disponibilităţii

2.1.1. Clasificarea defecţiunilor

Într-un sistem există trei categorii majore de surse de erori: greşeli de proiectare, defecţiuni fizice, şi erorile de interacţiune ale operatorului uman (procedural errors). Aceste surse de erori contribuie la deteriorările sistemului. Chiar dacă greşelile de proiectare apar atât în hardware cât şi în software, cele din urmă sunt predominante şi se elimină greu din sistem [TOY88]. Pe de altă parte, defecţiunile sunt rezultatul îmbătrânirii componentelor sau a influenţei mediului care cauzează devierea unor caracteristici ale echipamentului peste limitele câmpurilor de toleranţă specificate. Se produc în acest mod erori cauzate de aşa numitele defecţiuni parametrice hardware. Acţiunile improprii ale operatorului la panourile de control şi de întreţinere pot determina deteriorarea (malfuncţionarea) sistemului. Ceea ce introduce operatorul este de prioritate înaltă, şi multe sisteme sunt fatal vulnerabile la comenzi improprii şi la erori de operare.

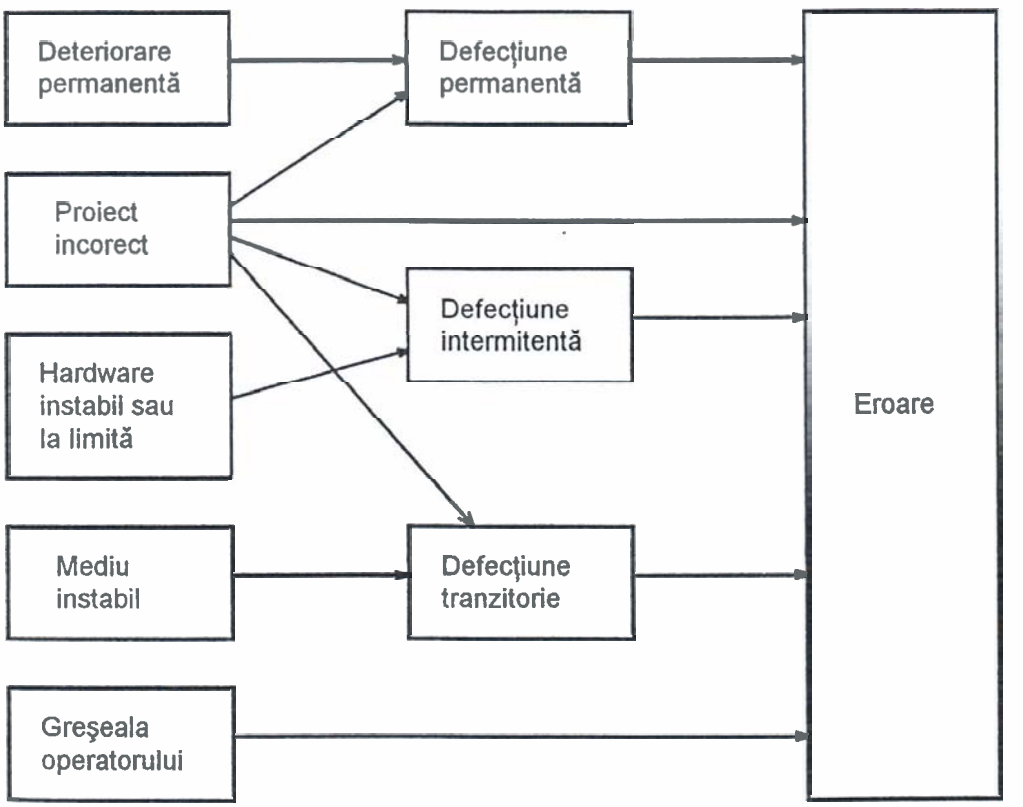

Figura 2.1 Surse de erori.

Proiectarea unui sistem tolerant la defecţiuni, necesită găsirea unei metode care să împiedice defecţiunile logice, provenite de la deteriorări fizice, să cauzeze o eroare. Figura 2.1 prezintă sursele posibile ale unei erori [SIEV91].

De-a lungul istoriei calculării tolerante la defecţiuni, au fost dezacorduri importante legate de definiţii şi concepte fundamentale. De exemplu, termeni ca defecţiune, deteriorare şi eroare se foloseau interschimbabil. Unii consideră că o deteriorare s-a petrecut atunci când calculatorul cu care lucrează nu mai răspunde la

comenzile lor. Alții susțin că o deteriorare este o defecțiune fizică mai specifică componentelor electronice. Datorită diversității părerilor în privința înțelegerii acestor noțiuni şi pentru că se consideră vitală lămurirea lor autorul consideră binevenită prezentarea următoarelor definiții sintetizate din [SIEV91],[LALA85] şi [JOHN89]:

- Deteriorare sau malfuncționare (failure): Apare atunci când deservirea livrată deviază față de deservirea specificată. Deservirea poate fi privită din diferite niveluri de abstractizare: deservirea livrată de un circuit integrat privită de un alt circuit integrat , sau deservirea livrată de un sistem privită de utilizatorul lui.
- Defecțiune sau defect (fault): Starea eronată a hardware-ului sau a software-ului cauzată de: deteriorări ale componentelor, interferențe fizice ale mediului înconjurător, erori de interacțiune ale operatorului uman, sau proiectare incorectă.
- Eroare (error): Manifestarea unei defecțiuni într-un program sau structură de date. Eroarea poate să apară la o anumită îndepărtare de la locul defecțiunii.
- Permanent: Descrie o deteriorare, o defecțiune sau o eroare care este continuă şi stabilă. În ceea ce priveşte hardware-ul, o deteriorare permanentă reflectă o schimbare fizică ireversibilă.
- Intermitent (intermittent): Descrie o defecțiune sau o eroare repetitivă care este prezentă numai ocazional din cauza hardware-ului instabil sau din cauză că variază starea hardware-ului sau software-ului (de exemplu, funcție de încărcare sau de activitate). Defecțiuni intermitente cauzate de îmbătrânirea componentelor pot deveni permanente în timp.
- Tranzitoriu (transient): Descrie o defecțiune sau o eroare nerepetitivă care rezultă din condiții temporare. Defecțiunile tranzitorii sunt cauzate de obicei de radiația particulelor α, sau de fluctuația tensiunii de alimentare, şi sunt nereparabile pentru că nu există defect fizic în hardware. Se pot evita astfel de situații prin proiectarea mai atentă şi mai riguroasă atât a hardware-ului cât şi software-ului, şi bineînțeles, prin respectarea condițiilor de funcționare prescrise de fabricantul sistemului.

Notă: În literatura de specialitate [VLAD89], [SIEV91] se utilizează cuvintele hard şi respectiv soft interschimbabile cu cuvântul permanent şi respectiv intermitent sau tranzitoriu. Aceste denumiri nu au altă legătură decât eventual etimologică cu componentele constituante, hardware şi software, ale unui sistem de calcul, ci sunt folosite în sens de dur, ferm şi respectiv moale sau mai puțin ferm.

Deteriorările de sistem sunt clasificate din punct de vedere funcțional în defecțiuni hardware, erori software şi erori de procedură. Există relații strânse între cele trei tipuri de deteriorări de sistem şi categoriile surselor de defecțiuni. Defecțiunile fizice apar numai în hardware. Erorile de proiectare, chiar dacă apar în hardware, majoritatea produc deteriorări de sistem de tip software. Erorile de interacțiune sunt de obicei cauzate de greşelile făcute de operatorul sistemului. Procentajele de deteriorare ale unui sistem sunt atribuite fiecărei categorii de erori, dependent de configurația hardware a sistemului, de structura redundanței, de complexitatea software şi de interfața om-maşină. De exemplu: figura 2.2 arată rezultatele experimentate pe procesorul 1ESS (Electronic Switching System) realizat de AT&T, dedicat telecomunicațiilor. Procentajele din această figură reprezintă fracțiuni ale timpului total în care sistemul rămâne neoperațional, atribuite diferitelor cauze (Staehler and Watters, 1976). Defecțiunile software justifică procentajul de 50% din timpul neoperațional, comparativ cu procentajul de 20% atribuit defecțiunilor hardware şi cu procentajul de 30% cauzat de erorile cauzate de personalul de operare.

cerută sub condiții controlate pentru o anumită perioadă de timp) devine potrivită pentru analizarea defecțiunilor componentei. Analizele statistice presupun în general că hardware-ul testat, este inițial fără defecțiuni şi că se deteriorează cu timpul.

În afară de deteriorările normale ale dispozitivelor, la defecțiunile hardware mai contribuie condițiile mediului înconjurător (radiațiile), erorile de proiectare (greşelile), şi limitările neadecvate (timing problems). Greşelile de proiectare, ca şi în cazul erorilor software, sunt foarte greu de apreciat cantitativ. Calculele de fiabilitate se bazează mai mult pe defecțiunile dispozitivelor.

2.1.1.2. Erori software

Spre deosebire de defecțiunile hardware, erorile software nu sunt cauzate de îmbătrânire. Deteriorările de tip software sunt cauzate de erori de specificații şi de implementarea lor. Există multe cazuri speciale pe care programatorul s-ar putea să le scape din vedere sau să le trateze impropriu.

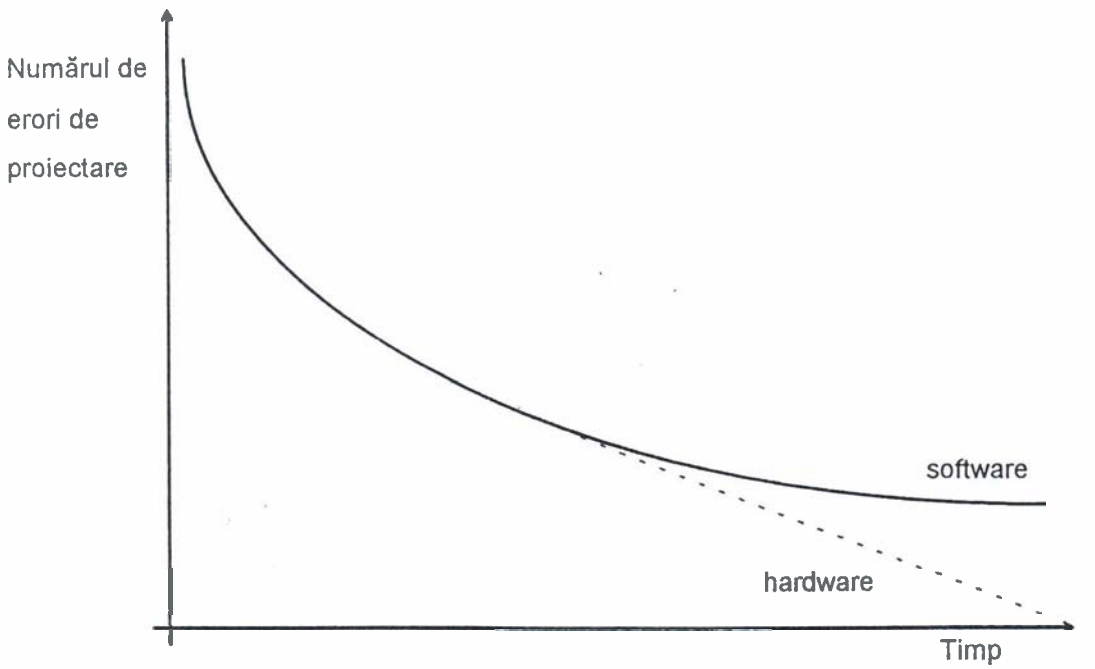

Figura 2.3 Erorile software într-un sistem larg.

Elementele de bază ale software-ului sunt structuri ale căror comportament nu se schimbă cu timpul. Erorile software-ului rezultă din greşelile de proiectare prin combinarea incorectă a instrucțiunilor. Interacțiunile între instrucțiuni sunt mult mai complicate decât interconectările componentelor hardware. O maşină fizică are un număr relativ mic de stări interne distincte, comparativ cu un sistem software. Programatorii, de obicei, presupun că proiectele hardware sunt corecte. Proiectarea software-ului are un număr enorm de mare de stări diferite care trebuie luate în considerare; astfel, chiar după eforturi mari de validare şi corectare, nu se poate garanta corectitudinea unui proiect de sistem cu mult software. Nu există tehnici disponibile pentru măsurarea numărului de erori software dintr-un program, iar fiecare schimbare dintr-un sistem software creează un sistem nou care are proprietăți diferite față de cel inițial. Corectarea unei erori software poate avea efecte secundare în alte

2.1.2. Estimarea fiabilității

Estimarea fiabilității este un proces de apreciere a fiabilității realizabile de un articol (element, subsistem sau sistem), având disponibile datele ratei de defectare, adică, prin estimarea fiabilității se apreciază probabilitatea îndeplinirii obiectivelor articolului respectiv pentru o aplicație specifică. Aceste calcule sunt utile în stadiile de început ale unui proiect. Utilizarea valorilor numerice pure pentru fiabilitatea diferitelor componente vor da în general un mic avantaj în evaluarea proiectării inițiale. Aceste cifre sunt extrem de valoroase pentru selectarea de către proiectant a unui proiect în cazul în care sunt mai multe alternative. Aceasta dă posibilitatea proiectantului să facă o selecție bazată pe un tip particular de redundanță de sistem şi pe fiabilitatea asociată lui.

2.1.2.1. Rata de defectare

Când un articol nu mai lucrează aşa cum era proiectat nu mai poate să îndeplinească funcția cerută. Un articol poate fi orice element, subsistem, sistem sau echipament care poate fi evaluat individual sau testat separat. Defectările bine definite care sunt atât bruşte cât şi complete sunt referite ca şi defectări catastrofale. Acestea sunt neprevăzute şi s-ar putea să nu fie evidențiate în timpul procedurilor normale de test. Defectările care au loc treptat în echipament, dar totuşi echipamentul mai funcționează, sunt clasificate ca defecțiuni degradante şi sunt de obicei parțiale (echipamentul va funcționa corect o parte din timp). Defecțiunile degradante sunt rezultatul îmbătrânirii, care cauzează devierea anumitor caracteristici ale echipamentului în afara limitelor de toleranță specificate. În câteva situații defecțiunile de acest tip determină condiții intermitente sau de limită care sunt extrem de dificil de izolat. Din această cauză, se folosesc tehnici de "stresare" (stressing techniques) care forțează defecțiunile parțiale să devină defecțiuni complete, acționând asupra condițiilor de operare, pentru a identifica componentele slabe înainte ca ele să devină supărătoare pentru sistemul în lucru.

Graficul defectării unui echipament pus în lucru poate fi împărțit în trei perioade diferite de funcționare. La început, uzual, se defectează destul de curând orice părți slabe inerent care sunt rezultatul unei proiectări improprii, a unei fabricații necorespunzătoare sau a unei întrebuințări greşite. Rata timpurie de defectare (the early failure rate) deşi relativ mare, descreşte progresiv şi se nivelează în timp ce componentele slabe sunt înlocuite. Această situație este ilustrată în figura 2.5 şi se numeşte perioada timpurie a vieții unui sistem (early life period). Diagrama din figura 2.5 este referită prin numele de curba "cada de baie" (bathtub curve) sau curba "în şa" şi este împărțită în 3 perioade. Multe defectări timpurii pot fi evidențiate prin "burn-in test" sau inspecție 100%. O astfel de tehnică obişnuieşte să elimine componentele slabe supuse la probe în condiții accelerate. Astfel, sistemele sunt operate pentru o perioadă de timp sub condiții care variază, pentru a se asigura detectarea defectărilor timpurii sau a celor posibile să apară. Această tehnică este cu siguranță o necesitate imperativă pentru echipamentele de bord ale sateliților care sunt nereparabile în timpul misiunilor. Acest tip de inspecție este de asemenea de dorit pentru echipamente reparabile cum sunt amplificatoarele transatlantice sub mare, a căror reparație este o sarcină majoră şi foarte costisitoare. Pentru calculatoarele mici cu cost redus, o tehnică de inspecție 100% a componentelor nu este convenabilă din punct de vedere economic. Oricum, o anumită cantitate de "stressing" a componentelor (ex. variând

tensiunea de alimentare sau crescând frecvența de tact) ar putea identifica componentele unui sistem care funcționează la limită.

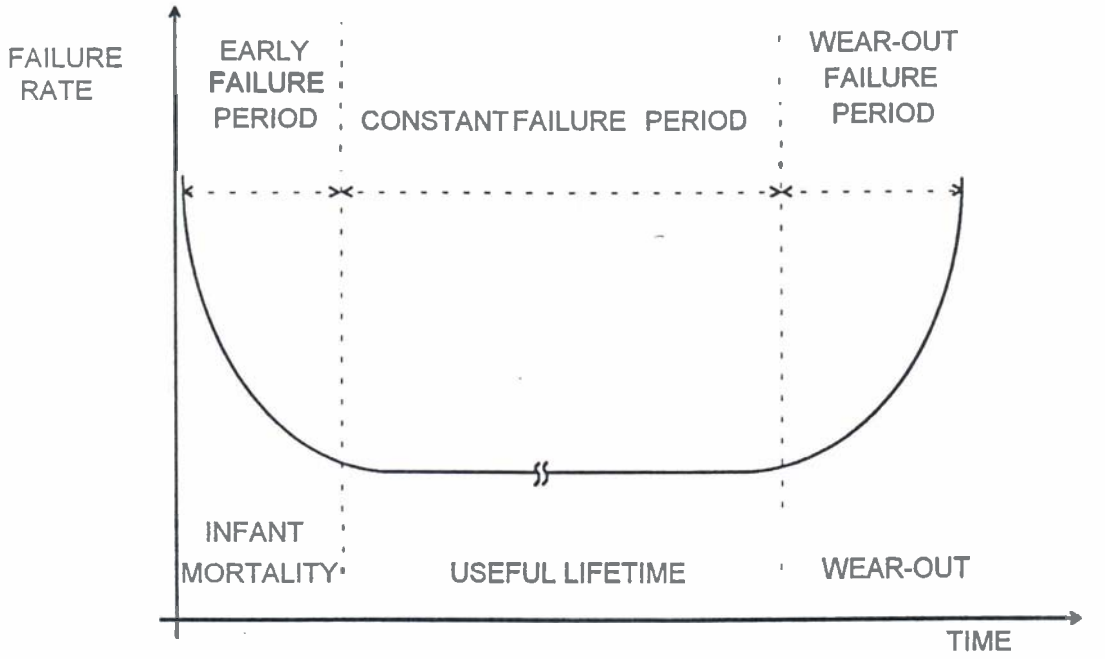

Figura 2.5 Curba "cada de baie" a ratei de deteriorare în funcție de timp.

După îndepărtarea defecțiunilor timpurii, componentele se mențin pe o perioadă lungă la o rată de defectare aproximativ constantă. În timpul acestei perioade, rata de defectare este de obicei scăzută și este puțin probabil ca defecțiunile să provină de la o singură cauză. Aceasta înseamnă că defectările provin de la o mare varietate de cauze, apar aleator și cu o rată uniformă fără o regulă evidentă. Viața normală de lucru a unui sistem se află în timpul acestui interval, și este numită perioada de viață utilă a unui sistem (useful life period of a system).

În perioada de uzură (wear-out period) componentele se deteriorează rapid, odată cu fiecare eventuală uzare. Rata de defectare, așa cum o indică figura 2.5, crește din nou. Defectările de uzură (wear-out failures) pot fi evitate prin înlocuirea componentelor înainte ca ele să ajungă în această perioadă.

2.1.2.2. Calcule de fiabilitate cu rata de defectare constantă

Rata de defectare constantă, reprezentată în porțiunea de viață utilă din figura 2.5, scoate în evidență faptul că probabilitatea de defectare este independentă de vârstă. Aceasta înseamnă că un echipament vechi încă aflat în funcționare este tot atât de bun ca și un echipament nou care a fost recent instalat. Pentru orice rată de defectare constantă, valoarea fiabilității depinde numai de timp. Funcția fiabilității $R(t)$ (reliability) care este caracterizată de o rată constantă de defectare este o distribuție negativă exponențială și are forma:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

unde λ = rata de defectare și t = timp.

Se presupune că atunci când un sistem intră în funcționare (începe misiunea lui la timpul t=0) toate componentele lui sunt operaționale. Conform acestei presupuneri