

Modele neliniare ale costului procesului de testare software – NCPTS

Asist.dr. Paul POCATILU

Catedra de Informatica Economica, A.S.E. Bucuresti

ppaul@ase.ro, www.paul.ase.ro

In this paper I presentsome nonlinear models for the evaluation of software testing costs. Using the software complexity, the size of the application, the productivity, and the time are built with polynomial, exponential, logarithmic, product and other types of nonlinear models.

Keywords: costs, nonlinear evaluation models, software testing.

Conditii specifice pentru elaborarea modelelor NCPTS

Realitatea arata ca sunt putini factorii care influenteaza liniar si uniform nivelul costului testarii. Cei mai multi factori influenteaza neliniar si diferentiat pe intervale volumul che-l-tuieilor si, implicit, costul final al procesului de testare. Dependentele liniare sunt numai cazuri particulare. S-a constatat faptul ca evolutia costului aplicatiei software în functie de dimensiunea acesteia creste neliniar si, de aceea, majoritatea modelelor de evaluare a costurilor se bazeaza pe dependente neliniare.

Modelele de evaluare sunt de doua tipuri [FENT96]:

- modele de cost care furnizeaza o evaluare directa a efortului sau a duratei;
- modele de restrictii, care demonstreaza relatia în timp între doi sau mai multi parametri de efort, durata sau nivelul personalului.

Daca se considera ipoteza conform careia costul testarii este influentat de patru factori (C – nivelul complexitatii modulelor; W – productivitatea muncii; T – durata necesara dezvoltarii produsului; D – dimensiunea aplicatiei), a construi un model neliniar revine la a identifica forma analitica a functiei

$$CTS = f(C, W, T, D)$$

Pentru estimarea parametrilor modelelor neliniare se utilizeaza metoda celor mai mici patrute, dupa ce în prealabil modelul a fost liniarizat folosind fie logaritmare, fie înlocuirea de variabile. În literatura de specialitate [GEOR97], [PECI93], [PECI02] sunt descrise modelele neliniare uni si multifactoriale, precum si modalitatile de estimare a parametrilor acestora. În [DUTA73] sunt de-

scrise formele analitice pentru o serie de functii neliniare.

Modelul polinomial al evaluarii costului testarii

Forma analitica a modelului polinomial general este

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x^i \text{ unde: } y - \text{variabila}$$

endogena; x – variabila exogena; a_0, a_1, \dots, a_n – coeficientii modelului, care urmeaza sa fie estimati.

Modelul cel mai utilizat este pentru $n=2$, caz în care modelul polinomial este descris de functia de gradul doi $y = ax^2 + bx + c$.

Reprezentarea grafica indica o parabola (figura 1).



Fig. 1. Evolutia dupa o functie polinomiala de gradul doi

Modelul polinomial de evaluare a costului testarii software se construiește pe baza factorului timp, dupa functia

$$CTS = aT^2 + bT + c.$$

Evolutia în timp a costului dezvoltarii unui produs software este redată în figura 2, unde este indicata perioada de timp specifica testarii software.

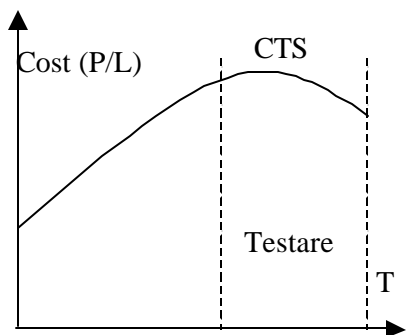


Fig. 2. Evolutia în timp a costului produsului software

Modelul polinomial al costului testării software în funcție de dimensiunea aplicației este date de relația $CTS = aD^2 + bD + c$.

Pentru estimarea parametrilor modelului polinomial se liniarizează ecuația funcției, aplicând la modelul liniar obținut metoda celor mai mici pătrate.

Modelul produs NCPTS

Forma analitică a funcției produs este dată de expresia $y = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2} \dots x_n^{a_n} = a_0 \prod_{i=1}^n x_i^{a_i}$, unde:

y – variabila endogenă; x_1, \dots, x_n – variabile exogene; a_0, a_1, \dots, a_n – coeficienți care urmează a fi estimați.

Funcțiile de producție sunt exprimate de modelul: $y = Ax^a y^b z^c$.

Modelul de evaluare a costului testării software în funcție de dimensiunea produsului software este $CTS = a + bD^c$, unde: D – dimensiunea produsului software exprimată în număr linii sursă sau puncte funcționale; a, b și c – parametrii modelului.

O serie de modele pentru estimare a costurilor (cum ar fi COCOMO, COCOMO II [BOEH00], Wolverton) utilizează funcția de cost de forma $CTS = aD^b$, de unde se deduce costul testării în procesul de dezvoltare software. Reprezentarea grafică a funcției de cost este în figura 3.

Estimarea parametrilor modelului se realizează aplicând metoda celor mai mici pătrate funcției liniarizate. Liniarizarea se face prin logaritmare $\lg CTS = \lg a + b \lg D$. Se fac următoarele notații: $x = \lg D$, $a' = \lg a$, $y = \lg CTS$ și se obține modelul liniar $y = a' + bx$ ai cărui parametri se estimează

utilizând metoda celor mai mici pătrate. Parametrul a se obține din $a = 10^{a'}$.

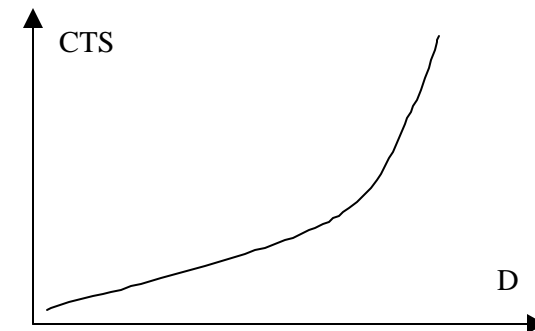


Fig. 3. Evolutia costului testării (CTS) după o funcție produs

Modelul exponential NCPTS

Modelul exponential are una din formele $y = ke^{ax+b}$ sau $y = ae^{bx}$ sau $y = ab^x$.

Nivelul costului testării în funcție de complexitatea produsului software este exprimat printr-o funcție exponentială de forma $CTS = ke^{aC+b}$, unde: C – complexitatea programului; a, b – coeficienți care trebuie estimați; k – constantă.

Graficul funcției exponentială este dat în figura 4.

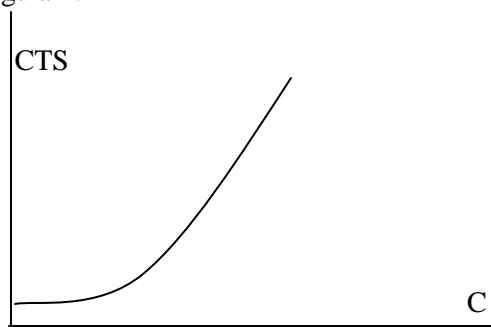


Fig. 4. Evolutia costului testării în funcție de complexitatea software

Pentru estimarea coeficienților, se liniarizează funcția prin logaritmare obținându-se forma $\ln CTS = aC + b + \ln k$. Parametrii modelului liniar obținut sunt estimați folosind metoda celor mai mici pătrate.

Modelul logaritmic NCPTS

Forma analitică a modelului logaritmic este $\ln y = a + b \ln x$, reprezentarea grafică fiind dată în figura 5.

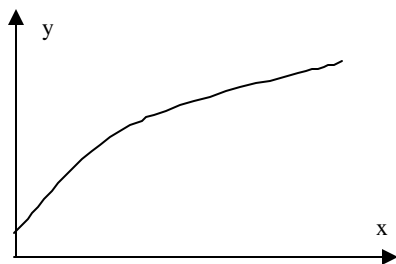


Fig. 5. Evolutia dupa o functie logaritmica

Estimarea coeficientilor a si b se realizeaza utilizând metoda celor mai mici patrate, aplicata modelului obtinut prin liniarizare. Notând cu $y' = \ln y$ si $x' = \ln x$ se obtine modelul liniar unifactorial $y' = a + bx'$, ai carui parametri a si b se estimeaza cu ajutorul metodei celor mai mici patrate. Dupa obtinerea estimarilor pentru a si b, acestea se transforma pentru functia initiala.

Modelul de evaluare a costului testarii software în functie de dimensiunea aplicatiei, pe baza *functiei semi-log*, este dat de $CTS = a + b \ln D$. Graficul functiei este dat în figura 6.

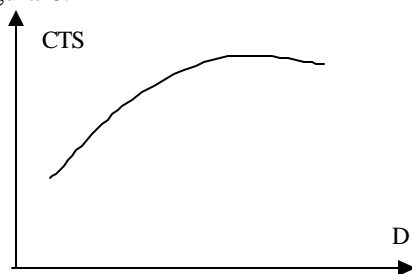


Fig. 6. Evolutia costului dupa functia semilog

Utilizând *functia log-inversa*, costul testarii software în functie de productivitate muncii este $\ln CTS = a + \frac{b}{W}$. Efectuând substituirile

$y = \ln CTS$ si $x = \frac{1}{W}$ se obtine modelul liniar

$y = a + bx$ ai carui parametri se estimeaza utilizând MCMMP.

Functia log-log-inversa conduce la obtinerea modelului neliniar: $\ln CTS = a + \frac{b}{W} + c \ln W$.

Prin liniarizarea modelelor neliniare se estimeaza parametrii acestora utilizând metoda celor mai mici patrate.

Modelul hiperbolic NCPTS

Un alt model neliniar este cel exprimat prin functia inversa (sau hiperbolica) $y = a + b \frac{1}{x}$, a carei reprezentare grafica este prezentata în figura 7.

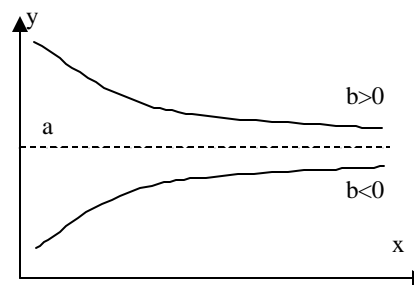


Fig. 7. Graficul functiei inverse

Costul testarii software (CTS) are o legatura neliniara inversa în raport cu productivitatea muncii (W) data de relatia $CTS = a + b \frac{1}{W}$.

Evolutia costului testarii software în raport cu productivitatea muncii este redata grafic în figura 8.

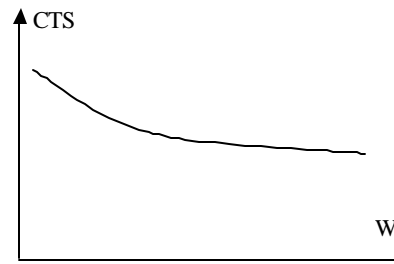


Fig. 8. Evolutia costului testarii (CTS) în raport cu productivitatea muncii (W)

Estimarea parametrilor a si b se realizeaza dupa liniarizarea modelului prin efectuarea substituirii $z = \frac{1}{x}$. Modelul liniar obtinut este $y = a + bz$.

Alte modele NCPTS

Modelul neliniar de evaluare a costului utilizând *functia Prais* exprima costul testarii software în raport cu complexitatea aplicatiei:

$$CTS = e^{a - \frac{b}{c}}$$

Modulul neliniar bazat pe *functia Johnson*:

$$CTS = e^{\frac{k - a}{b + c}}$$

Estimarea parametrilor se face prin liniarizare. Se logaritmeaza functia si se obtine: $C \ln CTS = -b \ln CTS + kC + bk - a$. Se noteaza: $y = C \ln CTS$, $z = -\ln CTS$, $d = bk - a$ si se obtine sistemul liniar $y = -bz + kC + d$, ai carui coeficienti se determina prin metoda celor mai mici patrate. Coeficientul a se determina din relatia $a = bk - d$.

Exprimarea costului testarii software în functie de complexitatea software prin *functia log-parabolica* conduce la modelul neliniar:

$$CTS = a(\ln C)^2 + b \ln C + c.$$

Utilizarea *functiei logistice* pentru evaluarea costului testarii software în functie de dimensiunea produsului informatic, exprimata ca numar de linii sursa, conduce la modelul neliniar având forma analitica data de

$$CTS = \frac{k}{1 + be^{-aD}}.$$

Graficul functiei logistice, prezentat în figura 9, are forma literei S.

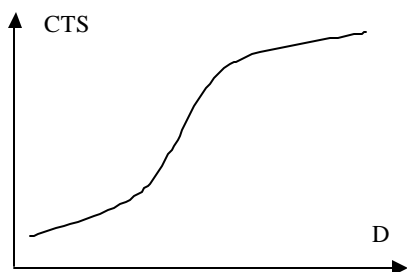


Fig.9. Evolutia costului testarii (CTS) dupa functia logistica

Prin logaritmare se obtine modelul liniar

$$\ln\left(\frac{k}{CTS} - 1\right) = \ln b - aD.$$

Se fac notatiile $y = \ln\left(\frac{k}{CTS} - 1\right)$ si $d = \ln b$ obtinându-se modelul liniar $y = d - aD$, ai carui parametri se determina cu metoda celor mai mici patrate.

Functia logistica patratica conduce la obtinerea modulului neliniar de evaluare a costului testarii:

$$CTS = \frac{k^2}{(1 + be^{-aC})^2}.$$

Se logaritmeaza si se obtine modelul liniar:

$$\ln\left(\frac{k}{\sqrt{CTS}} - 1\right) = \ln b - aC.$$

$$y = \ln\left(\frac{k}{\sqrt{CTS}} - 1\right) \text{ si } d = -\ln b \text{ obtinându-se}$$

modelul liniar $y = d - aC$, coeficientii determinându-se prin metoda celor mai mici patrate.

Pentru toate modelele neliniare, prin liniarizarea functiilor si prin efectuarea de substitutii, aplicând metoda celor mai mici patrate, se estimeaza parametrii. Modelele obtinute cu parametrii estimati vor fi evaluate prin efectuarea unei analize comparate.

Concluzii

Utilizarea modelelor propuse se face în functie de datele disponibile pentru aplicatia ale carei costuri ale testarii sunt evaluate. Culegerea de date este deseori dificila, o serie de factori fiind greu cuantificabili. Modelele neliniare de evaluare a costului testarii software sunt supuse unui proces de ierarhizare, care consta în validarea modelelor si, în continuare, modelele validate sunt clasificate si împartite în grupe în functie de criteriile de ierarhizare luate în considerare.

Bibliografie

- [BOEH00] Boehm, Barry W. et al – *Software Cost Estimation with COCOMO II*, Prentice Hall, 2000
- [DUTA73] Duta, Lucian D., – *Manual de prezentare si utilizarea VERONICA – sistem de programe pentru calcule statistico-matematice si de prognoza*, Bucuresti, 1973
- [FENT96] Fenton, Norman E., Pfleeger, Shari Lawrence – *Software Metrics, A Practical and Rigorous Approach*, International Thomson Computer Press, 1996
- [GEOR97] Georgescu, Vasile – *Econometrie*, Editura Universitaria, Craiova, 1997
- [PECI93] Pecican, Eugen Stefan – *Econometrie*, Editura All, Bucuresti, 1993
- [PECI02] Pecican, Eugen, Tanasoiu, Ovidiu, Iacob Andreea – *Modele econometrice*, Biblioteca Virtuala ASE, 2002