FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2001. március 23-24.

KORAI GYÁRTÁSI IDŐBECSLÉS HEURISZTIKUS ÖSSZEFÜGGÉSEK SEGÍTSÉGÉVEL

Mikó Balázs

Summary

In the early phase of the manufacturing process planning the estimation of manufacturing time and cost is often needed for the preliminary planning of the manufacturing. The manufacturability analysis and some tasks of production planning may be required this estimated data.

The aim of the article is to present a computer programm (ECoTEst) which is suitable for estimate the manufacturing time and cost data in this phase of process planning and the applied heuristic formulas.

1 Bevezetés

A technológiai tervezés feladata a gyártáshoz szükséges dokumentáció előállítás. A tervezési folyamat során meg kell határozni, hogy milyen kezdeti állapotból, milyen állapotváltozásokon megy keresztül az alkatrész, amíg elnyeri a konstruktőr által meghatározott végállapotot. Tehát a technológiai tervezés során konkretizálódnak azok a gyártási folyamatok, melyek révén a termék előállítható.

A gépipari technológiai folyamatok tervezésének legmagasabb szintje a technológiai előtervezés. A tervezés további fázisai három autonóm területre oszthatók fel, mint előgyártmánygyártás, az alkatrészgyártás és a szerelés technológiai folyamatainak tervezése. Az alkatrészgyártás további négy jól elkülöníthető szintre bontható: műveleti sorrendtervezés, művelettervezés, műveletelem-tervezés, illesztés (posztprocesszálas) ([1]).

2 Gyártási időbecslés

Az alkatrészgyártás folyamatának kezdeti fázisában gyakran szükség lehet az adott gyártmány gyártási idejének, költségének gyors, közelítő becslésére a folyamat előtervezéséhez ([2]). Ugyancsak szükség lehet a gyártási idők és költségek becslésére a gyárthatósági elemzés ([3]), illetve a termelésirányítás bizonyos feladatainak megoldásához ([4]).

E feladat megoldására kifejlesztettük az *ECoTEst* (Early Manufacturing Cost and Time Estimation) nevű rendszert ([5]), amely alaksajátosság (feature) alapú alkatrészmódel alapján, szabályok segítségével képes meghatározni a lehetséges műveleteket, műveletelemeket és azok sorrendjét, majd tapasztalati, heurisztikus képletek segítségével megbecsüli az egyes műveletelemek gyártási idejét és költségét. A tervezőrendszer jelen állapotában négy féle alaksajátosságot képes kezelni, melyek a következők: lépcső, horony, furat, süllyesztés.

A megmunkálási idő számítása a tervezés korai szakaszában meglehetősen problémás feladat, mivel semmilyen konkrét információ nem áll rendelkezésre a technológiai részleteiről (szerszámgépek, szerszámok, forgácsolási paraméterek, mozgáspályák, stb). Azért, hogy mégis meg tudjuk becsülni a gyártási időt, heurisztikus tapasztalati képleteket kell

alkotnunk. Ehhez különböző méréseket és számításokat végeztünk, melyek eredményeiből a be és kimenetek között olyan függvényeket sikerült meghatározni, amelyek megfelelő hibahatáron belül jó közelítést adnak.

3 Heurisztikus összefüggések gyártási idő becslésére

Több lehetséges közelítő függvényt megvizsgálva, az egyes alaksajátosságok geometriája és a megmunkálási idő közötti függvénykapcsolat becslésére horony és lépcső esetén az (1), furat és süllyesztés esetén a (2) alakú függvényeket alkottam meg.

$$t_{est} = C \cdot B^{X_B} \cdot H^{X_H} \cdot L^{X_L} \quad (1)$$

$$t_{est} = C \cdot D^{X_D} \cdot L^{X_L} \quad (2)$$

ahol

B, H, L, D - az alaksajátosságok geometriai paraméterei (1.a ábra),
C, X_B, X_H, X_L, X_D - konstansok.

A közelítő képletekben szereplő konstansok meghatározására több módszer is létezik. Az egyik legelterjedtebb matematikai eljárás a legkisebb négyzetek módszere ([6]), amely során úgy határozzuk meg a konstansokat, hogy a közelítő és a közelítendő értékek különbségének négyzetösszege minimális legyen (n a rendelkezésre álló mérési pontok száma). Vagyis

$$S = \sum_{i=1}^n (t_i - C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H})^2 \rightarrow \text{MIN.} \quad (3)$$

Ez akkor teljesül, ha

$$\frac{\partial S}{\partial C} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial X_L} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial X_B} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial X_H} = 0 \quad (4)$$

A parciális deriválásokat elvégezve a következő egyenletrendszer megoldása adja meg a konstansok értékét:

$$\frac{\partial S}{\partial C} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} + C \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H}) = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial S}{\partial X_L} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln L_i + C^2 \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H} \cdot \ln L_i) = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial S}{\partial X_B} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln B_i + C^2 \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H} \cdot \ln B_i) = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial S}{\partial X_H} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (-t_i \cdot C \cdot L_i^{X_L} \cdot B_i^{X_B} \cdot H_i^{X_H} \cdot \ln H_i + C^2 \cdot L_i^{2 \cdot X_L} \cdot B_i^{2 \cdot X_B} \cdot H_i^{2 \cdot X_H} \cdot \ln H_i) = 0 \quad (8)$$

Mint látható ezen módszer segítségével a konstansok értékének meghatározása igen bonyolult, sok számítást igénylő feladat, ezért a függvényekben szereplő konstansok meghatározására numerikus kereső eljárást fejlesztettem. Létrehoztam egy-egy 100 elemű tanítási és egy-egy 25 elemű teszt mintát, amelyek tartalmazzák az egyes alaksajátosságok különböző geometriai paraméterei mellett a megmunkáláshoz szükséges szerszámot, a mozgáspályák adatait, a forgácsolási paramétereket, valamint az ezekből számítható gyártási időt.

A tanítási mintán futtatott kereső eljárás lépései a következők:

1. *A konstansok kezdeti értékének véletlenszerű beállítása.*
2. *A becsült értékek számítása.*
3. *AD hiba meghatározása.*
4. *A konstansok értékének megváltoztatása ±A értékkel.*
5. *Becsült értékek számítása (egy számítási sorozatnál csak egy-egy konstans értéke változik, tehát 8 illetve 6 esetben kell becsült értéket számolni).*
6. *AD hiba meghatározása.*
7. *A legkisebb D-hez tartozó érték realizálása.*
8. *Leállási feltétel vizsgálata.*
9. *Ugrás a 4. pontra.*

A keresés során egy ciklusban tehát mindig csak egy konstans értéke változik. Az értékelés során a (9) hibaszámítási képletet alkalmaztam, vagyis az eltérések abszolútértékét átlagoltam.

$$D_i = \frac{\sum_j |t - t_{i,j}|}{j} \tag{9}$$

A konstansok értékének a változtatására több módszert is kipróbáltam (konstans, véletlenszerű, lineálisan csökkenő, exponenciálisan csökkenő, stb.) és végül egy kombinált eltérésszámítást alkalmaztam, amely egy konstans tagból és egy ciklusonként lineárisan csökkenő véletlenszerűen meghatározott tag összegéből áll (10) (*m* a ciklusok száma).

$$\Delta = 0.01 + \frac{Random(100)}{100 \cdot m} \tag{10}$$

Az ismertetett algoritmus alapján 100 futtatást végeztem különböző kezdeti értékekből kiindulva. A kapott eredményeket a hiba nagysága szerint sorbarendeztem és az első 15 legjobb megoldás alapján határoztam meg a konstansok értékét, melyeket az 1. táblázat mutat.

1. táblázat

Alaksajátosság	Megmunkálás	C	XB	XD	XH	XL
Lépcső	Nagyol	0,160	0,430	-	0,690	0,600
	Simít	0,310	0,350	-	0,000	0,590
Horony	Nagyol	1,120	-0,255	-	0,790	0,900
	Simít	1,720	-0,360	-	0,000	0,950
Furat	Fúr	0,120	-	0,600	-	0,650
	Dörzsöl	0,171	-	1,388	-	0,660
Süllyesztés	Süllyest	0,080	-	1,100	-	0,550

Példaként vizsgáljuk meg a lépcső nagyolásának gyártási időbecslésére kapott eredményeket. Az 1.a ábra a lépcső geometriai paramétereit, míg az 1.b ábra a számított és a becsült időértékeket mutatja a 25 elemből álló tesztmintára.

a, Lépcső

b, A tesztminta egyes elemeihez tartozó gyártási idő értékek

1. ábra

4 Értékelés

A kísérletek során bebizonyosodott, hogy a javasolt összefüggések alkalmasak a gyártási idő kívánt pontossággal való becslésére.

A fejlesztés következő lépésében a megmunkálendő anyag (acél, öntöttvas, aluminium) illetve a rendelkezésre álló gépek állapota (jó, közepes, rossz) szerint tovább pontosítom a képleteket, ezzel is hatékonyabbá téve az ECoTest gyártási idő- és költségbecslő szakértői rendszert.

5 Irodalom

- [1] Horváth M.: Alkatrészgyártási folyamatok automatizált tervezése; Akadémiai doktori értekezés, Budapest, 1984.
- [2] J. Papstel, A. Saks: Time and cost estimation in the preplanning stage; Proc. of 8th International DAAAM Symposium, Dubrovnik, 1997., pp. 253-254.
- [3] S.K. Gupta, W.C. Regli, D. Das, D.S. Nau: Automated manufacturability analysis: a survey; Research in Engineering, 1997/9. pp. 168-190.
- [4] D. Ben-Arieh, J.P. Lavelle: Manufacturing cost estimation: application and methods; Journal of Engineering Valuation and Cost Analysis, Vol.3 No.1 2000. pp. 43-55.
- [5] Mikó B., Novak K., Tóth G.: Early manufacturing time and cost estimation - A feature-based concept; microCAD 2001, Miskolc, 2001.
- [6] J.B. Zeldovics, A.D. Miskisz: Az alkalmazott matematika elemei; Gondolat, Budapest, 1979.

Mikó Balázs, Tudományos segédmunkatárs

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépgyártástechnológia Tanszék

1111 Budapest Egy J. u 1. E ép.

Tel.: (+36) 1 463-25-13; e-mail miko@manuf.bme.hu

<http://next-lb.manuf.bme.hu/~miko/welcomel.htm>