FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2003. március 21-22.

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA A TERMELÉSÜTEMEZÉSBEN

SZÁNTAI Mihály, TOKAI Attila, KUTROVÁČZ Lajos

Summary

The subject of the paper is connected to a stage of the manufacturing control, production programming. GA was used to solve scheduling problems. Firstly, GA was verified to be suitable to make schedule with common instance. Thereafter, more elaborate instance was solved and the results of GA was compared to results of traditional methods by Johnson criterion. On the base of results GA based method is more powerful like conventional methods. This nature of GA accrue from required economic aim is used as objective function instead of a priority rule which is only supposed to be able to achieve our aim.

Összefoglalás

A cikk témája a termelésirányítás egyik moduljához, a termelésprogramozáshoz [1] kapcsolódik. Ezen téma területén a mesterséges intelligencia egyik eszközével, a genetikus algoritmussal (GA, [2]) próbáltunk meg finomprogramot készíteni. Elsőként, egyszerűbb példán keresztül bebizonyítottuk, hogy a genetikus algoritmus alkalmas finomprogramozási problémák megoldására, majd egy bonyolultabb termelésprogramozási feladat keretén belül más - prioritás alapú - eljárásokkal hasonlítottuk össze a kapott eredményeket. Összehasonlítási szempontnak a Johnson¹ kritériumot választottuk. A lefutott gyártási példák alapján azt mondhatjuk, hogy a *genetikus algoritmus* nagy valószínűséggel meghaladja más algoritmusok teljesítőképességét. Ez az előny abból fakad, hogy célfüggvényként az alkalmazni kívánt gazdasági célt használjuk, nem pedig egy prioritási szabályt, amelyről csak feltételezhetjük, hogy a célunkat elérjük vele.

Jellemzők vizsgálata

A GA működését néhány sajátos paraméter jelentősen befolyásolja [3, 7], ezért ezek megválasztása fontos és kitüntetett figyelmet érdemel. Ezek a következő paraméterek: keresztezési pontok száma, mutációs pontok száma, keresztezési ráta, mutációs ráta, populáció nagysága, és a leállási feltétel. Az első két paraméter megválasztása adódott a kísérleti feladatunk genetikai reprezentációjából, mely

¹ Johnson kritérium: programozott gépeken a legkésőbbi befejezési idővel minősíti a finomprogramot, és ennek keresi a minimumát. $J_{\text{kritérium}} \rightarrow \min(t_{i,\text{bef}})$, ahol $t_{i,\text{bef}}$ az i -edik gép utolsó műveletének befejezési ideje;

szerint egyponthos keresztezést és egyponthos mutálást valósítottunk meg. A keresztezési - és a mutációs rátát első lépésben a korábbi tapasztalataink alapján 66%-ra és 33%-ra választottuk, ami a [7] irodalom ajánlásával is összhangban van bonyolultabb problémák esetekben. A populáció méretét kezdetben 20 egyedre választottuk. Leállási feltételnek pedig, mindig a populáció kritérium szerinti homogenizálódását állítottuk be.

Először arra a kérdésre kerestük a választ, hogy az általunk alkalmazott egyed reprezentáció és a fent említett paraméterek együttesen képesek-e a feladat megoldása során valamilyen konvergenciára. Ennek ellenőrizhetőségét biztosítva, kezdetben kisebb feladaton kísérleteztünk (1. táblázat).

1. táblázat
Termelésütemezési feladat

Műveletek száma	A alkatrész		B alkatrész		C alkatrész		D alkatrész	
	Gép kód	Gépidő	Gép kód	Gépidő	Gép kód	Gépidő	Gép kód	Gépidő
1.	G1	90 (M1)	G3	30 (M5)	G1	60 (M8)	G2	70 (M13)
2.	G2	40 (M2)	G1	50 (M6)	G3	40 (M9)	G3	30 (M14)
3.	G3	60 (M3)	G2	110 (M7)	G2	110 (M10)	G1	80 (M15)
4.	G1	40 (M4)	-	-	G3	60 (M11)	G3	50 (M16)
5.	-	-	-	-	G1	40 (M12)	G2	50 (M17)

A feladat megoldása során rögzítettük a populáció fejlődésének lépéseit ciklusról ciklusra, és ábrázoltuk egy diagramban a populáció legjobb és legrosszabb egyedének a Johnson kritériumszerinti értékét (1. ábra).

1. ábra
Populáció fejlődése

Az ábráról leolvasható, hogy az egyedek kritériumértékei monoton csökkennek, tehát a keresett konvergencia biztosítható a választott paraméterekkel, de ez nem igazolja azt, hogy a kihozott eredmény megfelelő, és nem javítható tovább. Ennek igazolására létrehoztuk az összes lehetséges megoldást (ezért választottunk kis feladatot, hogy ezt megvalósíthassuk) - $6! \cdot 5! \cdot 6! = 62208000$; az első gépen hat, a második gépen öt, a harmadik gépen hat művelet sorrendjét kell meghatározni - és a legjobb finomprogramokat kikeresztük, amelyeknek a kritérium szerinti értékük 430 perc volt. Hogy megállapíthassuk, milyen valószínűséggel találja meg az algoritmus a legjobb megoldást, ezen a

feladaton változatlan paraméterállással 100 mérést hajtottunk végre, és ábráztuk azokat előfordulásuk arányában (2. ábra).

2. ábra
Húszegegyes populáció statisztikai szórása

A legjobb megoldást 22%-os valószínűséggel találta meg, de megfigyeléseink alapján a populáció növelésével ez az eredmény javítható. Az ide vonatkozó kísérletek eredményeit a 3. ábra mutatja. Minden populáció mérettel 100 mérést végeztünk.

3. ábra
50,100 és 200 egyedes populáció statisztikai szórása

Az eredmények azt mutatják, hogy a populáció méretének növelése pozitívan befolyásolja a genetikus algoritmus működését. Tovább növelve az egyedek számát - kísérletképpen 500-ra - azt tapasztaltuk, hogy az algoritmus minden esetben - száz futtatásból százszor - megtalálta a legjobb megoldást.

2. táblázat
Termelési feladat

No.	A alkatrész		B alkatrész		C alkatrész		D alkatrész		E alkatrész		F alkatrész		G alkatrész	
	Gép	Gépidő	Gép	Gépidő	Gép	Gépidő	Gép	Gépidő	Gép	Gépidő	Gép	Gépidő	Gép	Gépidő
1.	G14	30	G14	50	G12	30	G5	30	G9	30	G13	50	G7	30
2.	-	-	G10	50	G9	50	G1	60	G15	40	G6	50	G6	40
3.	-	-	G12	30	G7	40	G15	30	-	-	G8	30	G9	30
4.	-	-	G9	40	-	-	G7	40	-	-	G12	60	G16	50
5.	-	-	G16	30	-	-	G11	60	-	-	G15	50	-	-
6.	-	-	G4	30	-	-	G9	40	-	-	G5	30	-	-
7.	-	-	G7	30	-	-	G12	30	-	-	G4	50	-	-
8.	-	-	G5	40	-	-	G6	50	-	-	G11	60	-	-
9.	-	-	G15	30	-	-	G2	40	-	-	-	-	-	-
10.	-	-	G6	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A GA előnye

Az algoritmus előnyét - miszerint nem prioritási indexek alapján rakja sorba a várakozó munkákat, hanem az egész finomprogramra nézve célfüggvényként alkalmazza a gazdasági kritérium függvényeket - egy nagyobb termelési példán keresztül bizonyítottuk be (2. táblázat).

Egy százegyedek populáció esetén 99%-os valószínűséggel találta meg a GA által legjobb megoldást, ami Johnson kritérium szerint 380 perc volt. Ezt a feladatot megoldottuk más finomprogramozási eljárásokkal is [4] - melyek prioritás alapúak - és a kapott eredmények a vártaknak megfelelően alakultak (3. táblázat). A felsorolt prioritási szabályok közül - a Johnson kritérium szerint - egyik sem készített olyan jó finomprogramot, mint a genetikai algoritmus.

3. táblázat
Finomprogramok kritérium értékei

Prioritási szabályok	SPT	FIFO	SOT	CRATIO	EDD	SLACK	Gen. Alg.
Érték [min]	420	420	410	420	420	410	380

A szerzők ez úton is köszönik az OTKA (T032732) támogatását.

Irodalom

[1] SOMLÓ, J., SZELKE, E, GIRNT, M: **Integrált gyártórendszer termelésirányítása.** Tanulmány, Budapest, 1987.

[2] HOLLAND, J. H.: **Adaption in neural and artificial systems.** MIT Press 1975.

[3] HORVÁTH, G.: **Neurális hálózatok és műszaki alkalmazásai.** Műegyetemi kiadó, 1998. 74-81 old.

[4] ABÁFFY, K.: **Gyártási finomprogramok készítése és kiértékelése.** Diploma, Budapest, 2000.

[5] VÁNCZA, J.: **Műveleti sorrendtervezés tudásalapú módszerek és genetikai algoritmusok együttes alkalmazásával.** Kandidátusi értekezés, Budapest, 1993.

[6] BUCKLES, B. P.: **Genetic algorithms.** IEEE Computer Society Press, 1992.

[7] S.G. PONNAMBALAM, N. JAWAHAR, B. SENTHIL KUMAR: **Estimation of Optimum Genetic Control Parameters for Job Shop Scheduling.** Int J Adv Manuf Technol 2002. 19:224-234.

Készítette:

Kutrovác Lajos, tanszéki mérnök, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépgyártástechnológia Tsz., 1111 Budapest Egry J. u 1. E ép. II.;

Tel.: (+36) 1 463 2513; Fax: (+36) 1 463 3176; E-mail: kutrovac@manuf.bme.hu;

Szántai Mihály, PhD hallgató; Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépgyártástechnológia Tsz., 1111 Budapest Egry J. u 1. E ép. II.;

Tel.: (+36) 1 463 2513; Fax: (+36) 1 463 3176; E-mail: szantai@manuf.bme.hu;

Tokai Attila, egyetemi hallgató; E-mail: tokaiati@freemail.hu;