



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Tornalama İşlemlerinde Minimum Maliyet Optimizasyonu

Yasin CANTAŞ^{a,*}, Sezgin KAÇAR^a, Burhanettin DURMUŞ^b

^a Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, TÜRKİYE

^b Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: ycantas@sakarya.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, kaotik ağırlıklı PSO (Parçacık Sürü Optimizasyonu) algoritması, tornalama işlemlerinde minimum maliyeti sağlayacak parametreleri belirlemede kullanılmıştır. Problemin amacı, Shin ve Joo tarafından tanımlanan çok geçişli tornalama işlemlerine ait matematiksel formülün minimum maliyet değerini belirlemektir. Kaotik ağırlıklı PSO, literatürdeki sonuçlara göre daha düşük maliyet elde etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tornalama, minimum maliyet, parçacık sürü optimizasyonu, optimum kesme parametreleri.

Minimum Cost Optimization in Turning Operations

ABSTRACT

In this study, weighted chaotic PSO (Particle Swarm Optimization) algorithm is used to determine the parameters to provide a minimum cost in turning. The objective of the problem defined by Shin and Joo is to determine the minimum cost of the multi-pass turning mathematical formula. Chaotic weighted PSO has achieved a lower cost compared to results in the literature.

Keywords: Turning, minimum cost, particle swarm optimization, optimum cutting parameters.

I. GİRİŞ

TORNALAMA işlemi, takımın dairesel olarak hareket eden iş parçasına doğru bir ilerleme hareketi sonucunda gerçekleşir. İş parçası üzerinde alın tornalama, konik tornalama, kanal açma, kesme, diş açma, delme vb. işlemler gerçekleştirilebilir [1]. Tornalama işleminde en etkin parametreler: kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğidir. Bu kesme parametrelerin belirlenmesi birim üretim zamanı veya

maliyetine doğrudan etki ettiğinden önemlidir [2].

İşleme maliyetini azaltacak en uygun parametrelerin seçilmesi için bu alanda birçok çalışma yapılmaktadır. Chen dağınık arama yaklaşımı ile tormalama işlemlerinin optimizasyonunu gerçekleştirmiştir [3]. Vijayakumar çok geçişli tormalama operasyonlarının optimizasyonu için karınca koloni algoritması kullanmıştır [4]. Chen ve Tsai tavlama benzetimi yaklaşımı ile frezeleme operasyonlarının optimizasyonunu yapmışlardır [5]. Xie ve Guo genetik algoritma tabanlı bir yaklaşımla çok geçişli işlemlerin optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir [6].

Parçacık sürü optimizasyonu (PSO), Dr. Kennedy ve Dr. Eberhart, kuş ve balık sürülerinin sosyal davranışlarını inceleyerek geliştirdikleri popülasyon tabanlı bir optimizasyon algoritmasıdır [7]. PSO, yapı olarak basit olması ve algoritmada az parametre kullanılmasından dolayı birçok probleme kolayca uygulanabilir. Doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılabilen PSO ile ilgili birçok geliştirme çalışmaları yapılmıştır [8,9,10,11]. Bu çalışmalardan biri de kaotik ağırlıklı PSO'dur [12].

Bu çalışmada, kaotik ağırlıklı PSO algoritması ile tormalama işlemlerinde minimum maliyeti sağlayacak ilerleme, kesme hızı ve kesme derinliği parametreleri belirlenecektir. Belirli kısıtlara sahip matematiksel modelin optimizasyon çalışması sonucu çıkan sonuçlar literatürde yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

II. YÖNTEM

A. MATEMATİKSEL MODEL

Shin ve Joo tarafından tanımlanan çok geçişli tormalama işlemlerinin matematiksel modelinde amaç, üretim maliyetinin minimum olmasıdır [13]. Makine boşta iken maliyet (CI), kesme maliyeti (CM), takım yenileme maliyeti (CR) ve takım maliyeti (CT), toplamı birim üretim maliyetini (UC) oluşturmaktadır.

$$\begin{aligned} UC &= C_I + C_M + C_R + C_T \\ &= k_0 \left[\frac{\pi DL}{1000V_r f_r} \left(\frac{d_t - d_s}{d_r} \right) + \frac{\pi DL}{1000V_s f_s} \right] + k_0 \left[t_c + (h_1 L + h_2) \left(\frac{d_t - d_s}{d_r} + 1 \right) \right] \\ &\quad + k_0 \frac{t_e}{T_p} \left[\frac{\pi DL}{1000V_r f_r} \left(\frac{d_t - d_s}{d_r} \right) + \frac{\pi DL}{1000V_s f_s} \right] + \frac{k_t}{T_p} \left[\frac{\pi DL}{1000V_r f_r} \left(\frac{d_t - d_s}{d_r} \right) + \frac{\pi DL}{1000V_s f_s} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

Eş.1'de, k_0 : İşçilik maliyeti (\$/min), f_r, f_s : Her geçiş için kaba ve son paso işleme ilerleme hızı (mm/rev), V_r, V_s : Kaba ve son paso işleme kesme hızları (m/min), d_t : Toplam kaldırılacak metal derinliği (mm), d_r, d_s : Her geçiş için kaba ve son paso işleme kesme derinliği (mm), D : İş parçasının çapı (mm), L : İş parçasının uzunluğu (mm), t_c : Hazırlık süresi (yükleme ve boşaltma gibi) (min), h_1, h_2 : Takım seyahat ve yaklaşma/gidiş süresi ile ilgili sabitler (mm), t_e, t_r : Takım alışverişi için gerekli süre (min) ve takım değiştirme süresi (min), T_p : Kaba ve son paso işleme göz önüne alındığında takım ömrü (min), k_t : Kesme kenarı maliyeti (\$/kenar).

B. KESME KOŞULLARI KISITLAMALARI VE PARAMETRE SINIRLARI

$$\text{Kaba paso işleme kesme derinliği} \quad d_{rL} \leq d_r \leq d_{rU} \quad (2)$$

$$\text{Kaba paso işleme ilerleme hızı} \quad f_{rL} \leq f_r \leq f_{rU} \quad (3)$$

$$\text{Kaba paso işleme kesme hızı} \quad V_{rL} \leq V_r \leq V_{rU} \quad (4)$$

$$\text{Kaba paso işleme takım ömrü kısıtlaması} \quad T_L \leq T_r \leq T_U \quad (5)$$

$$\text{Kaba paso işleme kesme kuvveti kısıtlaması} \quad F_r = k_1 f_r^u d_r^v \leq F_U \quad (6)$$

$$\text{Kaba paso işleme güç kısıtlaması} \quad P_r = \frac{F_r V_r}{6120\eta} = \frac{k_1 f_r^u d_r^v V_r}{6120\eta} \leq P_U \quad (7)$$

$$\text{Kaba paso işleme kesme bölgesi kısıtlaması} \quad V_r^\lambda f_r d_r^v \geq S_c \quad (8)$$

$$\text{Kaba paso işleme talaş-takım ara yüzü sıcaklığı kısıtlaması} \quad Q_r = k_2 V_r^\tau f_r^\phi d_r^\delta \leq Q_U \quad (9)$$

$$\text{Son paso işleme kesme derinliği} \quad d_{sL} \leq d_s \leq d_{sU} \quad (10)$$

$$\text{Son paso işleme ilerleme} \quad f_{sL} \leq f_s \leq f_{sU} \quad (11)$$

$$\text{Son paso işleme kesme hızı} \quad V_{sL} \leq V_s \leq V_{sU} \quad (12)$$

$$\text{Son paso işleme takım ömrü kısıtlaması} \quad T_L \leq T_s \leq T_U \quad (13)$$

$$\text{Son paso işleme kesme kuvveti kısıtlaması} \quad F_s = k_1 f_s^u d_s^v \leq F_U \quad (14)$$

$$\text{Son paso işleme güç kısıtlaması} \quad P_s = \frac{F_s V_s}{6120\eta} = \frac{k_1 f_s^u d_s^v V_s}{6120\eta} \leq P_U \quad (15)$$

$$\text{Son paso işleme kesme bölgesi kısıtlaması} \quad V_s^\lambda f_s d_s^v \geq S_c \quad (16)$$

$$\text{Son paso işleme talaş-takım arayüzü sıcaklığı kısıtlaması} \quad Q_s = k_2 V_s^\tau f_s^\phi d_s^\delta \leq Q_U \quad (17)$$

$$\text{Son paso yüzey kısıtlaması} \quad \frac{f_s^2}{8R} \leq SR_U \quad (18)$$

Tablo 1. Çok geçişli tornalama örneği verileri

Değer	Simge	Değer	Simge	Değer
D 50 mm	L	300 mm	d_t	6 mm
V_{rU} 500 m/min	V_{rL}	50 m/min	f_{rU}	0.9 mm/rev
f_{rL} 0.1 mm/rev	d_{rU}	3 mm	d_{rL}	1 mm
V_{sU} 500 m/min	V_{sL}	50 m/min	f_{sU}	0.9 mm/rev
f_{sL} 0.1 mm/rev	d_{sU}	3 mm	d_{sL}	1 mm
p 5	q	1.75	r	0.75
u 0.75	v	0.95	η	0.85
λ 2	τ	0.4	ν	-1
ϕ 0.2	δ	0.105	R	1.2 mm
C_0 $6 \cdot 10^{11}$	h_1	$7 \cdot 10^{-4}$	h_2	0.3
T_L 25 min	t_c	0.75 min/piece	t_e	1.5 min/piece
P_U 5 kw	T_U	45 min	F_U	200 kgf
S_C 140	SR_U	10 μ m	Q_U	1000°C
k_0 0.5 \$/min	k_1	108	k_2	132
k_3 1	k_4	2.5	k_5	1
k_t 2.5 \$/edge				

$$V_s \geq k_3 V_r \quad (19)$$

$$f_r \geq k_4 f_s \quad (20)$$

$$d_r \geq k_5 d_s \quad (21)$$

$$n = \frac{(d_t - d_s)}{d_r} \quad (22)$$

$$\frac{(d_t - d_s)}{d_{rU}} \leq n \leq \frac{(d_t - d_s)}{d_{rL}} \quad (23)$$

C. PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU

Bir balık sürüsünde bulunan balığın tehlikeyi fark ettiğinde sürüdeki diğer balıkları haberdar etmesi, kuş sürüsünde bulunan bir kuşun veya arının bir yiyecek bulduğunda sürüdeki diğer bireyleri bu yiyeceğe yönlendirmesi, karıncaların yiyeceğe giden yolu kimyasal bir madde ile işaretleyerek diğer karıncaları bu kısa yola yönlendirmesi gibi hayvan davranışlarını inceleyen bilim adamları bu sürü zekalarından faydalanarak mühendislik problemlerinin çözümü için algoritmalar geliştirmişlerdir [7,14,15]. PSO'da sürü tabanlı bir algoritmadır. Türev bilgisine ihtiyaç duymaması ve hem kendi en iyi konumlarını hem de sürüdeki en iyi konum değerleri hatırlamaları yani hafızalarının iyi olmasından dolayı diğer optimizasyon algoritmalarına göre daha kolay uygulanmaktadır [16].

Yiyecek arama bölgesine rastgele dağılan kuşların yiyecek bulamadığında eş zamanlı olarak yön ve konum değiştirirler. Yeni konum ve yön değişiminden sonra sürü kendi arasında yiyecek ve yiyeceğe en yakın kuşun pozisyonu hakkında bilgi paylaşımı yaparak yiyeceğe ulaşmaya çalışırlar. Arama uzayında her kuş (parçacık) kendi konumu ve hızını yiyeceğe en yakın olan parçacığa göre değiştirir. Her yeni bilgi alış verişinde parçacığın hafızasında 'pbest' ve 'gbest' olmak üzere iki adet değer vardır. Bir parçacığın kendi elde ettiği en iyi değer 'pbest', sürüdeki en iyi 'pbest' değeri ise 'gbest' olur.

$$v_{ij}(t+1) = w(t)v_{ij}(t) + c_1r_1(p_{ij}(t) - x_{ij}(t)) + c_2r_2(g_{best} - x_{ij}(t)) \quad (24)$$

$$x_{ij}(t+1) = x_{ij}(t) + v_{ij}(t+1) \quad (25)$$

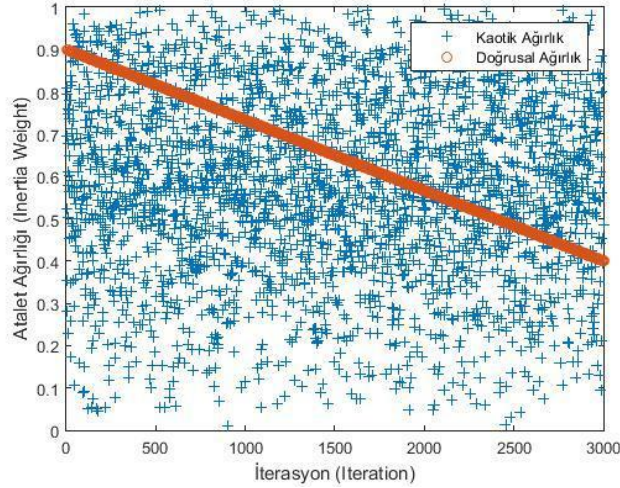
'd' boyutlu arama uzayında i. parçacığın konumu ve hızı başlangıçta sırasıyla $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id}\}$ ve $v_i = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id}\}$, pbest (p_{ij}) ve gbest (g_{best}) değerlerini bulduktan sonra hız ve konum yukarıdaki gibi güncellenir. t: iterasyon sayısı $j=1,2,\dots,d$

Eş. 24'te w atalet ağırlığı, v_{ij} i. parçacığın hızı, c_1 ve c_2 değerleri hızlandırma katsayıları ve r_1 ve r_2 [0,1] aralığında üretilmiş rastgele değerlerdir [17].

Kaotik haritalamada kullanılan lojistik haritalama kullanarak atalet ağırlığı değeri (w) Eş.26-27'de ki gibi belirlenir [12]. Şekil 1'de atalet ağırlığının doğrusal ve kaotik grafikleri gösterilmiştir.

$$z = 4 * z * 1 - z \quad (26)$$

$$w = 0.5 * rastgele[0,1] + 0.5 * z \quad (27)$$



Şekil 1. Atalet ağırlıkları değişimi

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, kaotik ağırlıklı PSO algoritması, tormalama işlemlerinde minimum maliyeti sağlayacak parametreleri belirlemede kullanılmıştır. Problemin amacı, Shin ve Joo tarafından tanımlanan çok geçişli tormalama işlemlerine ait matematiksel formülün minimum maliyeti sağlayacak şekilde optimize edilmesidir [13]. Simülasyon sonuçları 30 ayrı çalıştırma üzerinden elde edilmiştir. Tablo 2’de simülasyona ait en kötü, en iyi, ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Simülasyonda iterasyon sayısı=100, $c1= c2=2$, parçacık sayısı = 20 alınmıştır.

Tablo 2. Kaotik haritalı PSO simülasyon sonuçları

Algoritma	En kötü maliyet	Ortalama maliyet	En iyi maliyet	Standart sapma
Kaotik ağırlıklı PSO	2.5056 \$	2.1239 \$	1.9168 \$	0.0997

Tablo 3’de literatürde kaotik ağırlıklı PSO ile Shin ve Joo’nun oluşturduğu model ile yapılan optimizasyon çalışmaları karşılaştırılmıştır. Tablo 3’de görüldüğü gibi en düşük maliyet kaotik ağırlıklı PSO ile sağlanmıştır. İşleme süreci kaba paso ve son paso olarak ikiye ayrılmıştır. Kaba paso ve son paso işlemede, formülde bulunan kesme hızı, ilerleme hızı ve devir sayısı değişkenleri minimum maliyeti sağlayacak şekilde hesaplanmıştır. Bu sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 3. Kaotik ağırlık PSO ve literatürdeki optimum maliyet değerleri

Algoritmalar	DP [18]	SA/PS [19]	FEGA [20]	MGA [21]	PSO [22]	Kaotik ağırlıklı PSO
Maliyet(\$)	2.387	2.2971	2.3065	2.2538	2.2721	2.1239

Tablo 4. Kaotik ağırlıklı PSO optimum kesme parametreleri

Algoritma	Kesme hızı (m/min)		İlerleme (mm/rev)		Kesme derinliği (mm)	
	Kaba paso	Son paso	Kaba paso	Son paso	Kaba paso	Son paso
Kaotik ağırlıklı PSO	<i>V_r</i>	<i>V_s</i>	<i>f_r</i>	<i>f_s</i>	<i>d_r</i>	<i>d_s</i>
	127.1077	140.5887	0.8936	0.3563	2.0835	1.9550

IV. SONUÇ

Bu çalışmada, kaotik ağırlıklı PSO kullanılarak tornalama işlemlerinde minimum maliyet optimizasyonu yapılmıştır. Hesaplama sonuçları literatürde ki diğer sonuçlarla karşılaştırılmış ve kaotik ağırlıklı PSO'nun daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Kesme parametreleri belirtilen kısıtlar altında minimum maliyeti sağlayacak şekilde seçilmektedir. Bu süreçte işlem kaba ve son paso olarak ikiye ayrılmıştır. Sıcaklık, yüzey pürüzlülüğü, güç, takım ömrü, kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği kısıtlarının dikkate alınması elde edilen sonuçların gerçek hayatta uygulanabilirliğini arttırmıştır. Ayrıca kesme parametrelerin optimizasyon sonucu belirlenmesi de operatörün hatalı parametre seçme ihtimalini ortadan kaldırmıştır.

Ele alınan değişkenler tek bir amaç fonksiyonunu optimize etmek için kullanılmıştır. Bu çalışmadan yola çıkılarak daha fazla amaç fonksiyonuna sahip problemlerin optimizasyonu içinde kaotik ağırlıklı PSO kullanılabilir. Ayrıca eksen sayısı daha fazla tezgahlarda yine minimum maliyeti sağlayacak optimizasyon çalışmaları kaotik ağırlıklı PSO ile yapılabilir.

V. KAYNAKLAR

- [1] Y. Cantaş, *Parçacık Sürü Optimizasyonu ile Tornalama İşlemlerinde Kesme Koşullarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya-Türkiye, (2014).
- [2] Y. Şahin, İmal Usulleri, Gazi Yayinevi, Ankara, (2003).
- [3] M.C. Chen *Int J Prod Res* **42(13)** (2004) 2611.
- [4] K. Vijayakumar, G. Prabhakaran, P. Asokan, R. Saravanan *International Journal of Machine Tools & Manufacture* **43** (2003) 1633.
- [5] M.C. Chen, D.M. Tsai *International Journal of Production Research* **34(10)** (1996) 2803.
- [6] S. Xie, Y. Guo *Journal of Computational Information Systems* **7(5)** (2011) 1714.
- [7] J. Kennedy, R. Eberhart, *Particle swarm optimization*, **Proc. IEEE International Conference on Neural Networks**, Piscataway, NJ, (1995), 1942.
- [8] Y. Shi, R. Eberhart, *A modified particle swarm optimizer*, **Proceedings of the IEEE International Conference on Evolutionary Computation**, Piscataway, (1998), 69.
- [9] M. Clerc, *The Swarm and the Queen: Towards a Deterministic and Adaptive Particle Swarm Optimization*, **Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation (CEC99)**, (1999), 1951.

- [10] Y. Shi, R.C. Eberhart, *Empirical study of particle swarm optimization*, **Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation**, Piscataway, NJ: IEEE Service Center, (1999), 1945.
- [11] Y. Shi, R. Eberhart, *Fuzzy Adaptive Particle Swarm Optimization*, **Proc. Congress on Evolutionary Computation**, Seoul, Korea. Piscataway, NJ: IEEE Service Center, (2001), 101.
- [12] Y. Feng, G. F. Teng, A. X. Wang, Y. M. Yao, *Chaotic inertia weight in particle swarm optimization*. In Innovative Computing, **Information and Control, 2007. ICIC'07. Second International Conference on IEEE**, (2007), 475.
- [13] Y.C. Shin, Y.S. Joo *International Journal of Production Research* **30(12)** (1992) 2907.
- [14] M. Dorigo, V. Maniezzo A. Colomi *Techreport, Politecnico di Milano* (1999) 91.
- [15] D. Karaboğa, *An idea based honey bee swarm for numerical optimization*, Technical Report-TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department, (2005).
- [16] F. Zhao, Z. Ren, D. Yu, Y. Yang, *Application of An Improved Particle Swarm Optimization Algorithm for Neural Network Training*, **In: Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks and Brain**, Beijing, China, (2005), 1693.
- [17] X. Hu, Y. Shi, R. Eberhart, *Recent advances in particle swarm*, **Evolutionary Computation**, Portland, (2004) 90.
- [18] Y. C. Shin, Y. S. Joo *The International Journal of Production Research* **30(12)** (1992) 2907.
- [19] M.C. Chen, D.M. Tsai *International Journal of Production Research* **34(10)** (1996) 2803.
- [20] M.C. Chen, K.Y. Chen *International Journal of Production Research* **41** (2003) 3385.
- [21] R.S. Sankar, P. Asokan, R. Saravanan, S. Kumanan, G. Prabhakaran *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* **32** (2007) 892.
- [22] J. Srinivas, R. Giri, S. H. Yang *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* **40(1-2)** (2009) 56.