



YAEM 2019

39. YÖNEYİM ARAŞTIRMASI
VE ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ULUSAL KONGRESİ

*Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2018/131)*

Üç Boyutlu Baskı Makinelerinde İş Çizelgeleme: Genetik Algoritma Tabanlı Bir Yaklaşım

Ali Demirkaya

alidmrky@gmail.com

İbrahim Küçükkoç

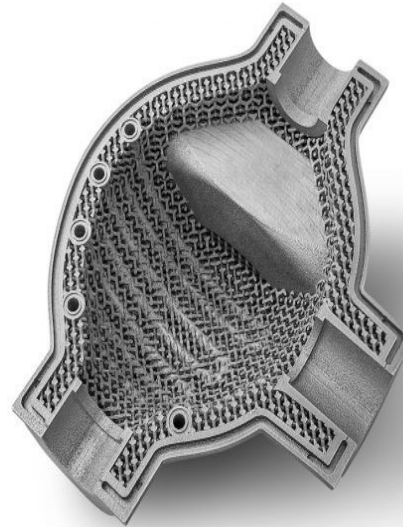
ikucukkoc@balikesir.edu.tr

Balıkesir Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

1

İÇERİK

- Eklemeli Üretim Nedir?
- Problem Tanımı
- Önerilen Metod
- Sayısal Çözümler
- Geliştirilmiş Problem Çözümleri
- Sonuç ve Gelecek Çalışmalar



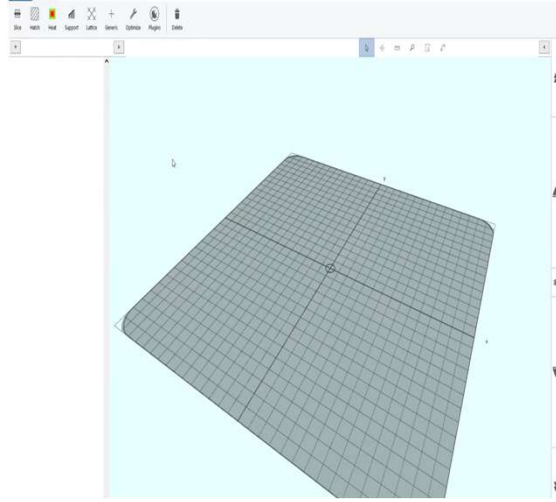
2

EKLEMELİ ÜRETİM NEDİR?

Eklemeli üretim genel olarak üç boyutlu baskı olarak bilinmekle birlikte daha hafif, daha güçlü ve daha ayrıntılı parçaların ve/veya sistemlerin endüstriyel üretime dönüştürülmesini sağlayan bir üretim çeşididir.

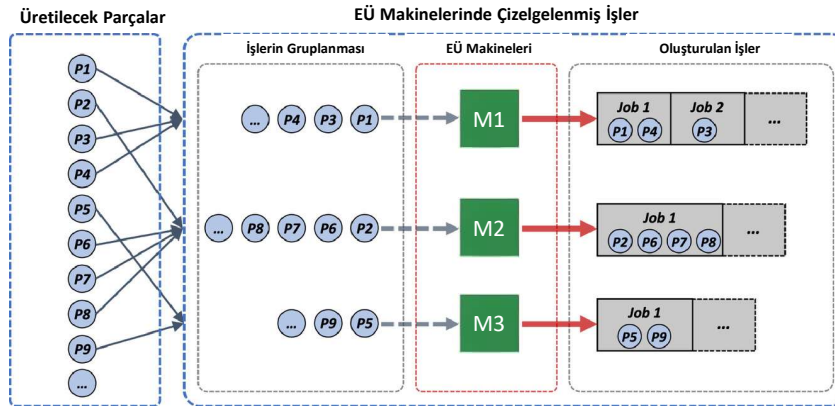
Eklemeli üretim malzemeyi katman üzerine katmanı kusursuz geometrik şekilde ekleyebilmek için bilgisayar destekli tasarım yazılımları (CAD programlarını) veya 3D nesne/obje tarayıcılarını kullanır. Bunun aksine, geleneksel imalat yöntemleri ile bir nesne oluşturulduğunda frezeleme, işleme, oyma, şekillendirme veya diğer yöntemlerin uygulanması gerekmektedir.

Uzun yıllardır varlığını sürdüren eklemeli üretimin uygulamaları son yıllarda oldukça revaçtadır. Doğru uygulamalarda gelişmiş performans, karmaşık geometriler, mükemmel mukavemet ve basitleştirilmiş bir üretim için mükemmel bir birleşim sunar.



3

PROBLEM TANIMI



Eklemeli üretim ve/veya 3D yazıcılarda çizelgeleme problemi, müşteriden alınan siparişleri, belirlenen makinelerle en iyi yerleştirme kararını vermeyi amaçlamaktadır. Her bir parça p_i ($i = 1, 2, \dots, n_i$ and $i \in I$) şeklinde, her bir iş b_j ($j = 1, 2, \dots, n_j$ and $j \in I$) şeklinde, her bir makine ise k_m ($m = 1, 2, \dots, n_m$ and $m \in M$) şeklinde tanımlanmaktadır.

4

PROBLEM TANIMI

Her bir parça farklı özelliklere sahip olabilir: kenar uzunlukları ($k1_i, k2_i$), alan (a_i), yükseklik (h_i), hacim (v_i).

Ekllemeli üretimin yapılacağı makineler de farklı özelliklere sahip olabilirler, x uzunluğu (MX_m), y uzunluğu (MY_m), makinenin desteklediği maksimum yükseklik (MH_m), makinenin alanı (MA_m), makinenin birim hacim başına üretim zamanı (VT_m), birim yükseklik başına gereken zaman üretim zamanı (HT_m), gibi özellikleri bulunmaktadır.

Her bir makinenin desteklediği maksimum yüksekliği aşmayacak şekilde parçaların makinelere yerleştirilmesi gerekmektedir. Amaç fonksiyonu ise yayılma zamanını (C_{max}) minimize etmektir.

Bir işin tamamlanma zamanı (CT_{mj}), γ_{mji} ile karakterize edilir. CT_{mj} işin en erken başlama zamanı (σ_{mj}) ve ürünün o makinedeki üretim zamanının (δ_{mj}) toplamı ile hesaplanır.

5

PROBLEM TANIMI

$\sigma_{mj} = \max\{CT_{m(j-1)}, \max_{i \in I_{mj}}\{r_i\}\}$ buradaki ilk ifade ($CT_{m(j-1)}$) aynı makinedeki bir önceki işin tamamlanma zaman ile toplamı anlamına gelir. Eğer b_j , k_m deki ilk iş ise ($j = 1$) $CT_{m(j-1)}$, b_j 'den önce planlanmış bir iş olmadığı için 0 olarak kabul edilir. I_{mj} , k_m 'e tahsis edilmiş b_j işleridir. Böylelikle üretilecek olan herhangi bir iş öncesinde bitecek olan işten önce başlayamaz.

SET_m , k_m makinesinin yeniden kullanıma hazır olacağı zamanı, VT_m, k_m makinesinin birim hacmi işleme zamanını ve HT_m ise k_m 'deki birim yükseklik başına ayrılmış zamanını temsil eder. Böylece, bir işin üretim süresi, bu iş için atanan parçaların toplam hacmi ve maksimum yüksekliği ile işin planlandığı makinenin kurulum süresi ile ilişkilidir.

$$\delta_{mj} = SET_m + VT_m * \sum_{i \in I_{mj}} v_i + HT_m * \max_{i \in I_{mj}}\{h_i\}$$

6

PROBLEM TANIMI

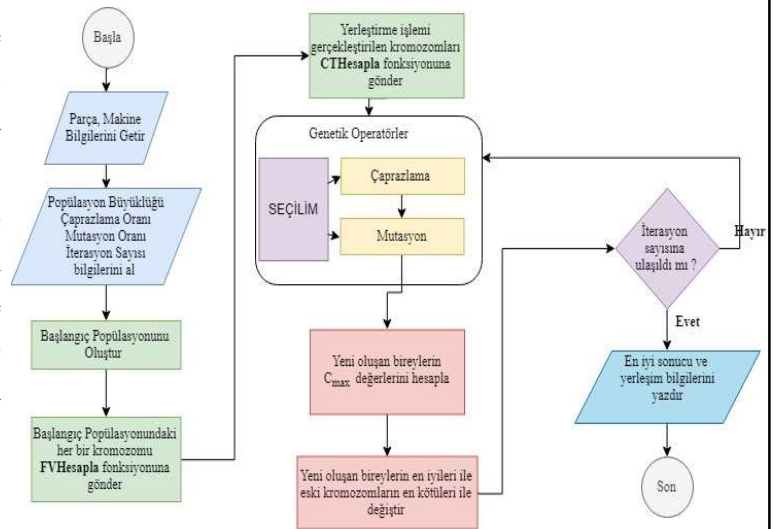
Sorunun temel varsayımlarından biri de, bir iş tamamen tamamlanıncaya kadar işler bölünemez yani herhangi bir süre içerisinde bir işin yerine başka bir iş giremez. Bu nedenle, işin tamamlanmasından önce küçük ve kısa bir parça bile olsa, iş tamamen bitinceye kadar çıkarılamaz. Ayrıca işe başladıktan sonra herhangi bir parça eklemek mümkün değildir. Diğer bir varsayım ise tüm parçaların tek bir işe atanması gerektiğidir. Parçaları veya işleri birden fazla eklemeli üretim makinesine (3D Yazıcılar) bölmek mümkün değildir. Ayrıca tüm eklemeli üretim makinelerinin, diğerlerinden bağımsız olarak paralel bir şekilde çalıştığını belirtmek gerekir. Farklı hızlara sahip olabilirler ve kurulum için farklı süre gerekebilir.

7

ÖNERİLEN METOD

Main fonksiyonu tüm algoritmanın akışını ve işleyişini yöneten temel fonksiyondur. Parça, makine ve parametre bilgileri bu fonksiyonda tutularak gerekli işlemler yapılır.

Tüm kromozomlar, parçaların makinelere yerleşme sırasını temsil etmektedir. Bu yüzden kromozomların sürekli değişmesi neticesinde elde edeceğimiz sonuçlar da değişime uyacak ve en iyi kromozomu bulmak için algoritma çalışmaya devam edecektir.

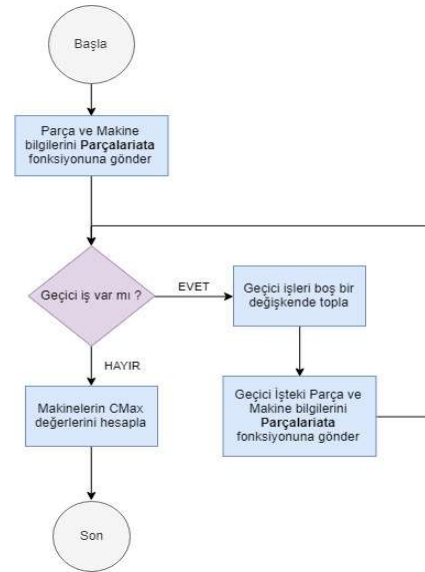


8

ÖNERİLEN METOD

FVHesapla fonksiyonu, Main fonksiyonundan gelen parça, makine ve sıra bilgilerini **Parçalarıata**, fonksiyonuna göndererek, makinelerin ilk işlerinin oluşmasını sağlar.

Herhangi bir makinenin ilk işine atanmamış olan parçalar, geçici olarak açılan işte toplanacaktır. Bir sonraki atamaya da yerleştirilmeyen parçalar tekrar geçici işte toplanacaktır. Bu işlem geçici işte parça kalmayana kadar iş açılmaya ve makinelere parçalar atanmaya devam edecektir.



9

ÖNERİLEN METOD

Seçilen Makine = 1

Parçaların İşlere Atanması



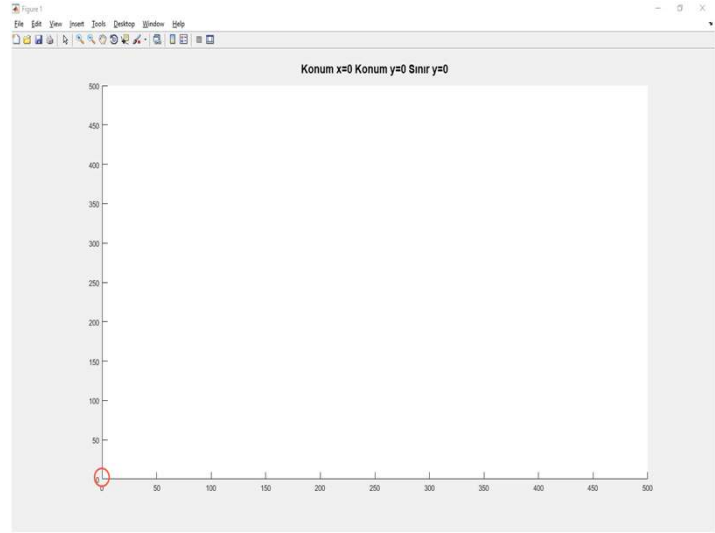
1.Makine 1. İş

2.Makine 1. İş

10

ÖNERİLEN METOD

Yerleştirme fonksiyonu gelen parçayı sol alt noktadan ($x=0$, $y=0$ koordinatlarından) başlayarak yerleştirmeye başlar. Parçalar makinelere yerleştikçe bir sınır çizgisi çizilir. X ekseninde yerleştirilecek yer kalmadığında yerleştirilmeye sınır çizgisinden başlanır. Her bir parça eklendikçe yerleştirme durumu binary (0-1) olarak tutulur. Kullanıcıya yansıtılan sonuçlarda ise yerleşim yapılan parçanın sağ alt noktasının koordinatı gösterilir.



11

Parça ve Makine Bilgilerinin Getirilmesi

Parça ve makine bilgileri MS Excel ortamında tutulmaktadır. Algoritma çalışmaya başladığında ilk olarak parça ve parçaların yerleştirileceği makine bilgileri getirilir.

Parçaların koordinatsal olarak yerleşmesinde kenar uzunlukları, Cmax değerlerinin hesaplamasında volüm değerleri, makinelerin alan kullanım oranlarının hesaplanmasında parça alanları kullanılmaktadır.

12

Başlangıç Popülasyonun Oluşturulması

Parça bilgileri kaydedildikten sonra popülasyon büyüklüğüne kromozomlar oluşturulur. Oluşturulan kromozomların tekrarsız olması genetik algoritmanın en önemli kurallarından biridir.

Kromozomların sıra bilgisi `FitnesHesapla` fonksiyonuna gönderilerek başlangıç popülasyonunun çözümlerini elde ederiz.

13

Genetik Operatörler

Başlangıç çözümünden elde edilen sonuçlardaki kromozomlar rulet tekeri yöntemi ile seçilerek çaprazlama ve mutasyon işlemleri ile yeni bireyler oluşturulur. Oluşturulan yeni bireylerin `Cmax` değerlerinin hesaplanması için `FitnesHesapla` fonksiyonuna gönderilir.

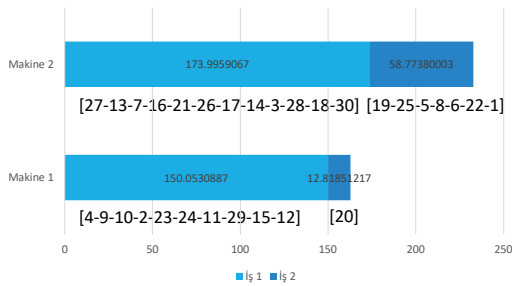
Elde edilen sonuçlar neticesinde daha iyi bir kromozom elde etmişsek popülasyondaki kötü kromozomlar ile yerlerini değiştiririz.

Bu işlemler iterasyon sayısınca tekrar eder. Tekrarlar bittiği takdirde kullanıcıya en iyi `Cmax` değeri ve yerleşimler gösterilir.

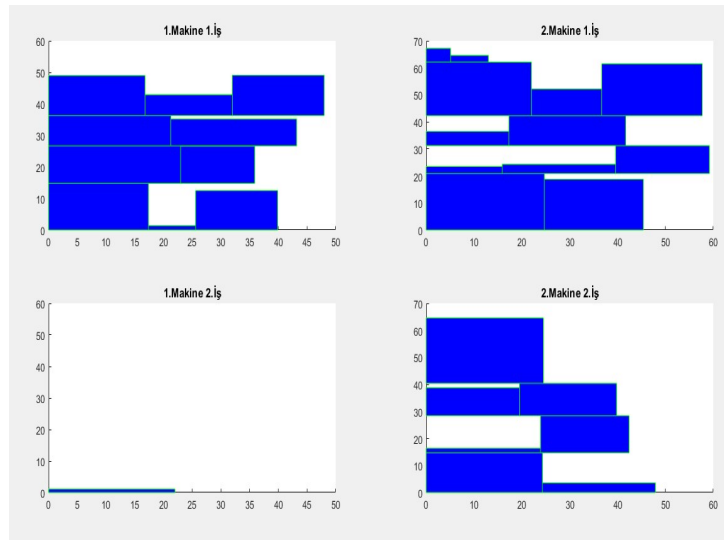
Kromozom 1 122.386889	Kromozom 2 129.7466172	Kromozom 3 131.8265909	Kromozom 4 112.9429235	Kromozom 5 133.4859021
Kromozom 6 124.5769194	Kromozom 7 137.6446255	Kromozom 8 143.6926795	Kromozom 9 147.9991889	Kromozom 10 151.5012891
Kromozom 11 159.4595777	Kromozom 12 161.6382345	Kromozom 13 164.8790335	Kromozom 14 165.254129	Kromozom 15 165.8956535
Kromozom 16 167.6754719	Kromozom 17 170.9879336	Kromozom 18 172.2633666	Kromozom 19 180.9644316	Kromozom 20 183.6547619

14

Başlangıç Popülasyonunun Çözümlerinin Grafikselleştirilmesi



4. Kromozomun Yerleşim Planı



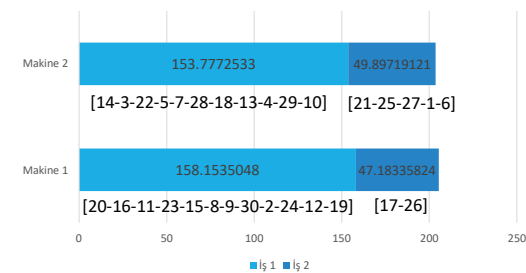
ALİ DEMİRKAYA, İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ

ÜÇ BOYUTLU BASKI MAKİNELERİNDE İŞ ÇİZELGELEME: GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

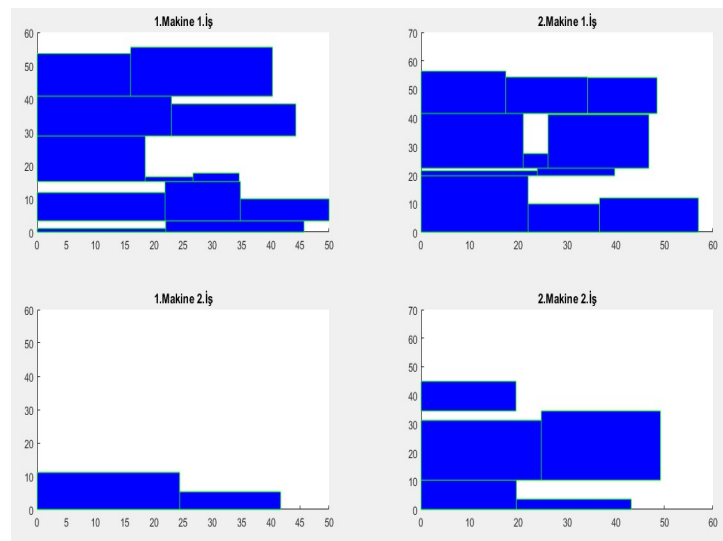
17

17

Başlangıç Popülasyonunun Çözümlerinin Grafikselleştirilmesi



19. Kromozomun Yerleşim Planı



ALİ DEMİRKAYA, İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ

ÜÇ BOYUTLU BASKI MAKİNELERİNDE İŞ ÇİZELGELEME: GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

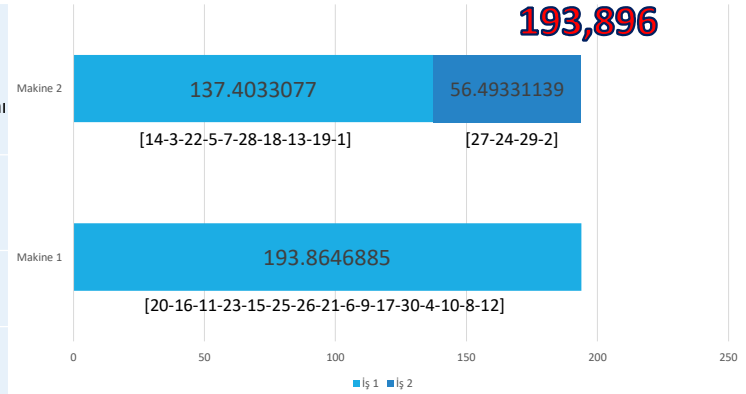
18

18

Optimum Çözüm

Cmax Değeri : 193,896 saat

	Yerleşen Parça Sayısı	Tamamlanma Süresi (saat)	Makine Alanının Kullanım Oranı
1. Makine 1.İş	16	193,8647	77,40%
2. Makine 1.İş	10	137,4033	63,69%
2. Makine 2.İş	4	56.4933	28,75%



Kromozom : 14 -3- 22- 5- 7- 28- 20- 16- 11- 18- 13- 23- 15- 19- 25- 26- 21- 1- 6- 9- 17- 30- 27- 4- 24- 10- 8- 12- 29- 2

ALİ DEMİRKAYA, İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ

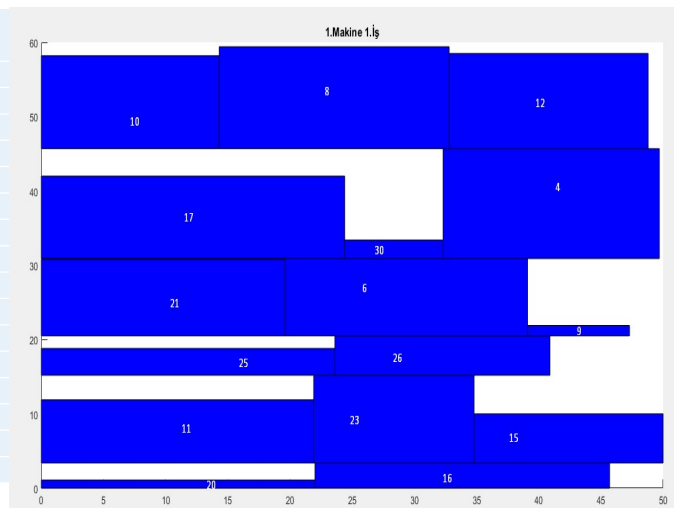
ÜÇ BOYUTLU BASKI MAKİNELERİNDE İŞ ÇİZELGELEME: GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

19

19

Optimum Çözüm – 1.Makine 1.İş

Parça Numarası	Kenar 1	Kenar 2	Yükseklik	x Koord.	y Koord.	Volume	Alan
20	22	1,1	9,6	22	0	132,7926	24,2
16	23,7	3,4	28,9	45,7	0	102,4833	80,58
11	21,9	8,5	12,4	21,9	3,4	993,0906	186,15
23	12,9	11,8	31,1	34,8	3,4	375,5398	152,22
15	15,2	6,6	31,5	50	3,4	109,6377	100,32
25	23,6	3,6	28	23,6	15,2	130,3003	84,96
26	17,3	5,3	10,7	40,9	15,2	517,7034	91,69
21	19,6	10,3	32,2	19,6	20,5	437,6132	201,88
6	19,5	10,4	4,6	39,1	20,5	63,95105	202,8
9	8,2	1,4	12,7	47,3	20,5	950,2799	11,48
17	24,4	11,1	27,7	24,4	30,9	318,0068	270,84
30	7,9	2,5	8,8	32,3	30,9	572,106	19,75
4	17,4	14,8	18,9	49,7	30,9	262,8404	257,52
10	14,3	12,5	22,7	14,3	45,7	230,6154	178,75
8	18,5	13,7	7,5	32,8	45,7	96,82093	253,45
12	16	12,8	12,7	48,8	45,7	192,3737	204,8



ALİ DEMİRKAYA, İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ

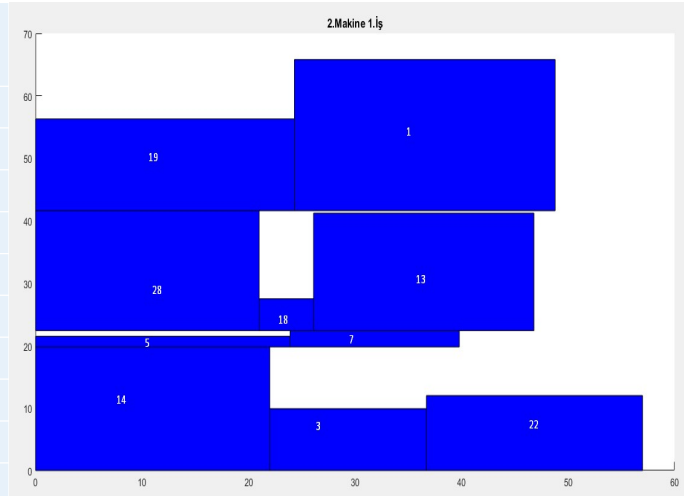
ÜÇ BOYUTLU BASKI MAKİNELERİNDE İŞ ÇİZELGELEME: GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

20

20

Optimum Çözüm – 2.Makine 1.İş

Parça Numarası	Kenar 1	Kenar 2	Yükseklik	x Koord.	y Koord.	Volume	Alan
14	22	19,8	13,1	22	0	222,7945	435,6
3	14,7	9,9	3,1	36,7	0	274,5615	145,53
22	20,3	12	25,8	57	0	494,7975	243,6
5	23,9	1,7	11,2	23,9	19,8	206,8748	40,63
7	15,9	2,6	23,4	39,8	19,8	431,5234	41,34
28	21	19,2	29	21	22,4	804,0304	403,2
18	5,1	5,1	26,4	26,1	22,4	471,0113	26,01
13	20,7	18,8	24,6	46,8	22,4	612,0834	389,16
19	24,3	14,7	5,3	24,3	41,6	132,8659	357,21
1	24,5	24,2	24,5	48,8	41,6	111,2285	592,9



ALİ DEMİRKAYA, İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ

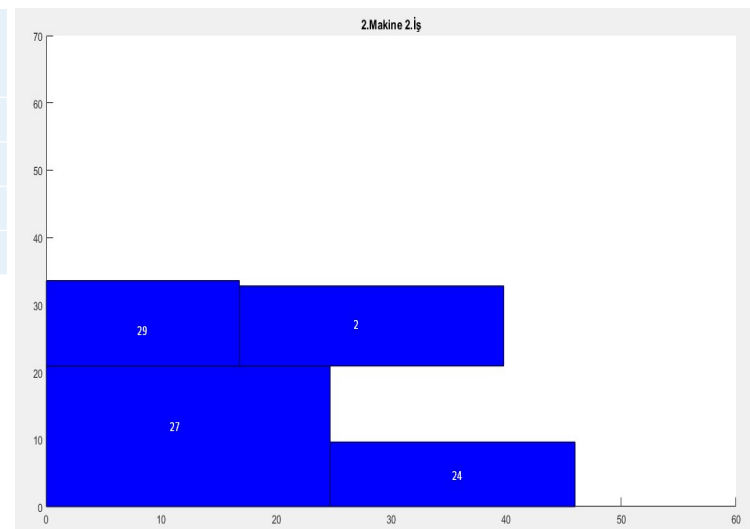
ÜÇ BOYUTLU BASKI MAKİNELERİNDE İŞ ÇİZELGELEME: GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

21

21

Optimum Çözüm – 2.Makine 2.İş

Parça Numarası	Kenar 1	Kenar 2	Yükseklik	x Koord.	y Koord.	Volume	Alan
27	24,7	20,9	31,7	24,7	0	110,8854	516,23
24	21,3	9,6	24	46	0	163,5773	204,48
29	16,8	12,7	23,7	16,8	20,9	281,1579	213,36
2	23	11,9	30,6	39,8	20,9	523,4136	273,7



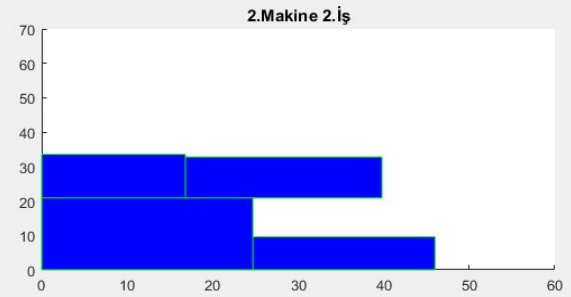
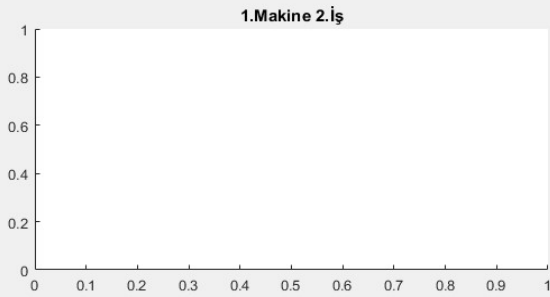
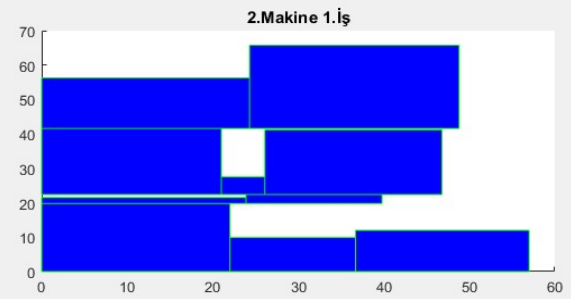
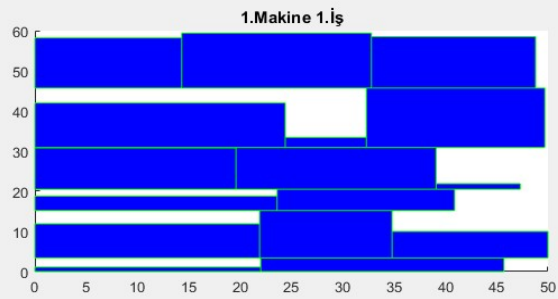
ALİ DEMİRKAYA, İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ

ÜÇ BOYUTLU BASKI MAKİNELERİNDE İŞ ÇİZELGELEME: GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

22

22

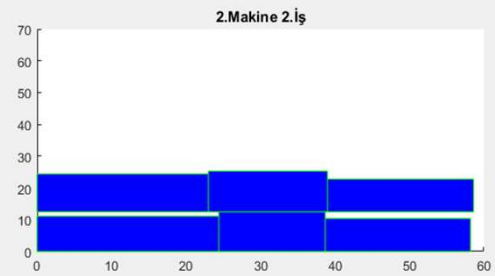
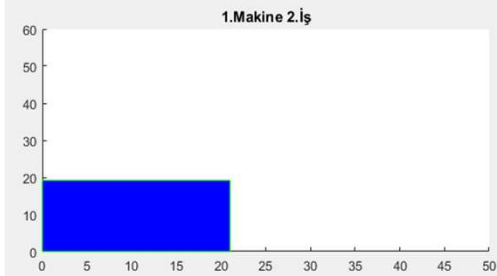
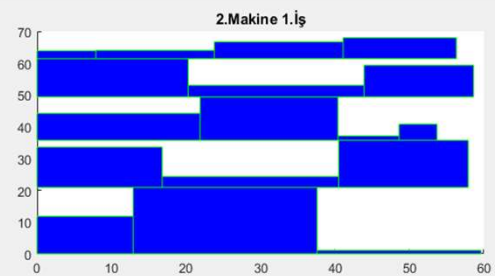
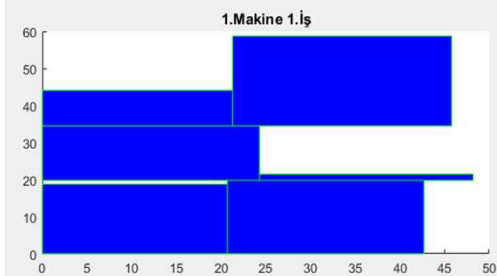
Optimum Çözüm İçin Yerleşim Planları



23

Genel Çözüm İncelemeleri

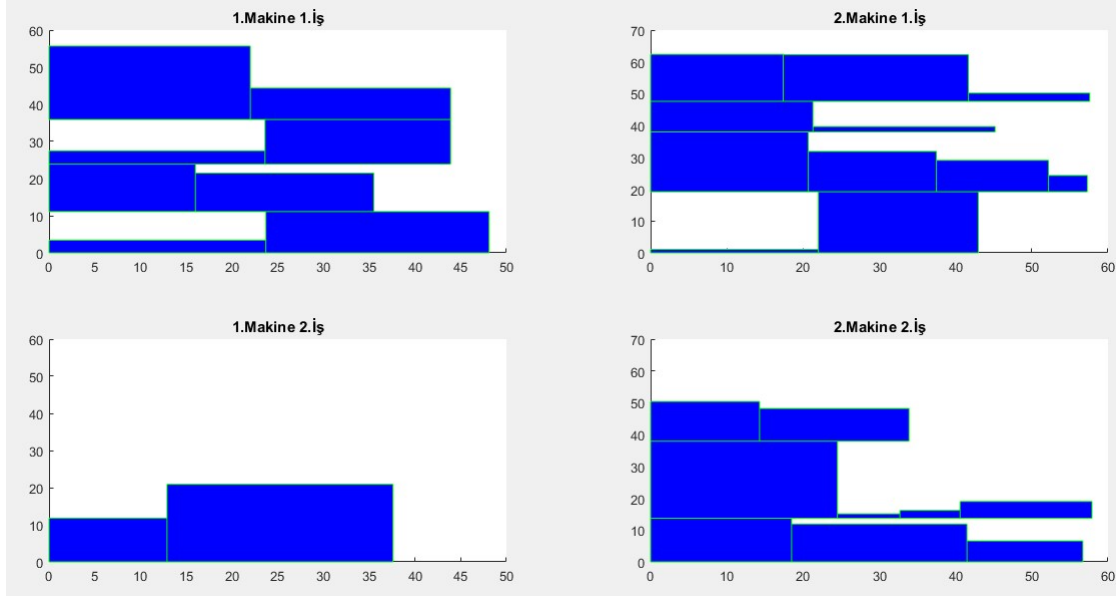
Cmax= 295,9106 saat



24

Genel Çözüm İncelemeleri

Cmax= 270,849 saat



ALİ DEMİRKAYA, İBRAHİM KÜÇÜKÇÖZ

ÜÇ BOYUTLU BASKI MAKİNELERİNDE İŞ ÇİZELGELEME: GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

25

25

Çözülen Problemler

Problem No	Aralık	Kullanılan Parça Sayısı	Kullanılan Makineler	AD Method		Random Search		Parameters			
				Cmax	CPU (second)	Cmax	CPU (second)	Population Size	Mutation Rate	Crossover Rate	Iteration
1	[1-20]	20	M1[1] M2[1]	447,3515397	161,471	447,4329888	181,108	20	0.2	0.6	1000
2	[21-40]	20	M1[1] M2[1]	130,4912746	184,21	130,6360299	154,906	20	0.2	0.6	1000
3	[51-70]	20	M1[1] M2[1]	134,1057356	175,512	131,5588199	201,056	20	0.2	0.6	1000
4	[81-100]	20	M1[1] M2[1]	119,0186153	214,36	116,668536	151,306	20	0.2	0.6	1000
5	[1-25]	25	M1[1] M2[1]	480,1582336	195,04	478,1337872	185,05	20	0.2	0.6	1000
6	[26-50]	25	M1[2] M2[1]	154,9245927	198,845	106,2885584	211,602	20	0.2	0.6	1000
7	[51-75]	25	M1[1] M2[2]	107,8166498	215,678	106,8108176	188,948	20	0.2	0.6	1000
8	[76-100]	25	M1[1] M2[2]	110,4890703	153,408	107,9204758	178,974	20	0.2	0.6	1000
9	[1-30]	30	M1[1] M2[1]	509,4814943	285,47	507,3040443	367,148	20	0.2	0.6	1000
10	[41-70]	30	M1[1] M2[2]	130,6860434	455,472	129,3394949	418,902	20	0.2	0.6	1000
11	[71-100]	30	M1[2] M2[2]	97,61318493	324,411	96,38114482	304,98	20	0.2	0.6	1000
12	[31-60]	30	M1[1] M2[1]	194,4719309	398,043	182,0147642	313,044	20	0.2	0.6	1000
13	[1-35]	35	M1[1] M2[1]	543,1461235	371,624	534,2039375	335,61	30	0.2	0.6	1200
14	[51-85]	35	M1[1] M2[2]	145,7003215	214,56	142,1712435	175,688	30	0.2	0.6	1200
15	[21-55]	35	M1[2] M2[2]	116,7979252	431,624	114,8958005	376,802	30	0.2	0.6	1200
16	[65-100]	35	M1[2] M2[2]	117,916711	387,902	117,5372789	351,376	30	0.2	0.6	1200
17	[21-60]	40	M1[2] M2[1]	180,3547263	954,695	170,5292349	1004,21	30	0.2	0.6	1200
18	[31-70]	40	M1[1] M2[2]	165,9106255	1145,214	166,9174412	976,61	30	0.2	0.6	1200
19	[61-100]	40	M1[2] M2[2]	123,6145185	821,674	122,7936123	741,434	30	0.2	0.6	1200
20	[11-50]	40	M1[2] M2[2]	252,0883009	795,324	263,4903979	851,671	30	0.2	0.6	1200

ALİ DEMİRKAYA, İBRAHİM KÜÇÜKÇÖZ

26

26

Çözülen Problemler

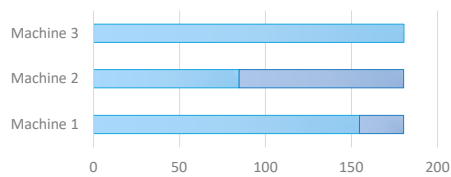
21	[46-90]	45	M1[2] M2[1]	182,5030701	1324,871	170,7515289	1539,13	30	0.2	0.6	1200
22	[56-100]	45	M1[1] M2[2]	190,5499327	2031,978	181,8084613	1847,63	30	0.2	0.6	1200
23	[21-70]	50	M1[2] M2[2]	163,500409	1945,651	157,8168987	2192,255	40	0.2	0.6	1400
24	[41-90]	50	M1[3] M2[1]	161,0767034	2451,638	155,8862033	1854,43	40	0.2	0.6	1400
25	[41-95]	55	M1[2] M2[2]	170,6369187	3541,741	171,3321507	3751,256	40	0.2	0.6	1400
26	[11-65]	55	M1[3] M2[1]	296,3460786	3674,327	300,4371946	3326,955	40	0.2	0.6	1400
27	[21-80]	60	M1[2] M2[2]	193,015565	5213,652	194,5666885	5428,944	50	0.2	0.6	1600
28	[41-100]	60	M1[1] M2[3]	190,6594483	4671,955	188,6939844	4759,256	50	0.2	0.6	1600
29	[11-81]	70	M1[3] M2[2]	271,4021286	5301,214	286,2657507	4907,878	50	0.2	0.6	1600
30	[1-70]	70	M1[2] M2[3]	319,1848384	6712,587	319,480044	6122,328	50	0.2	0.6	1600
31	[21-100]	80	M1[2] M2[2]	251,5129258	13008,154	255,4109988	12281,586	50	0.2	0.6	1800
32	[1-80]	80	M1[1] M2[3]	415,5101009	11245,35	419,3199972	12571,78775	50	0.2	0.6	1800
33	[1-90]	90	M1[2] M2[2]	443,6484003	14731,941	446,6064207	13462,6245	50	0.2	0.6	1800
34	[11-100]	90	M1[2] M2[3]	318,4043809	11002,128	327,9053618	11235,474	50	0.2	0.6	1800
35	[1-100]	100	M1[4] M2[4]	262,8224125	14265,471	274,0045611	13017,26475	50	0.2	0.6	2000
36	[1-100]	100	M1[1] M2[4]	381,9006663	15478,214	388,2997813	16747,556	50	0.2	0.6	2000

27

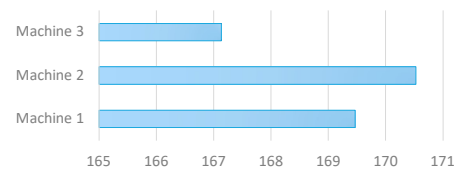
Bazı Problemlerin Karşılaştırılması

Problem 17	Parça Aralığı	Kullanılan Parça Sayısı	Kullanılan Makineler	Popülasyon Büyüklüğü	Mutasyon Oranı	Çaprazlama Oranı	İterasyon Sayısı
	[21-60]	40	M1[2] M2[1]	30	0,2	0,6	1200

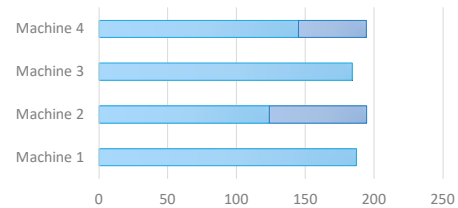
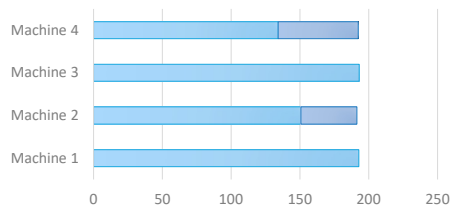
Alana göre seçim



Rastgele seçim



Problem 27	Parça Aralığı	Kullanılan Parça Sayısı	Kullanılan Makineler	Popülasyon Büyüklüğü	Mutasyon Oranı	Çaprazlama Oranı	İterasyon Sayısı
	[21-80]	60	M1[2] M2[2]	50	0,2	0,6	1600

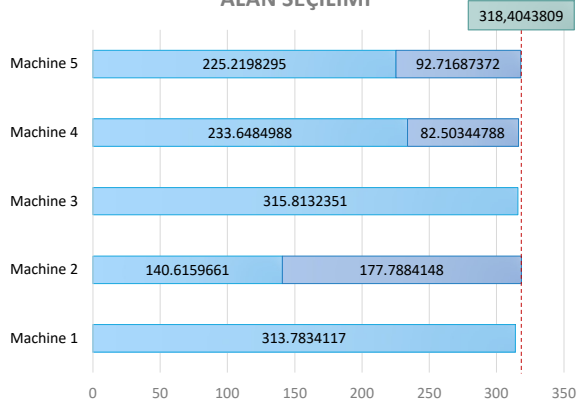


28

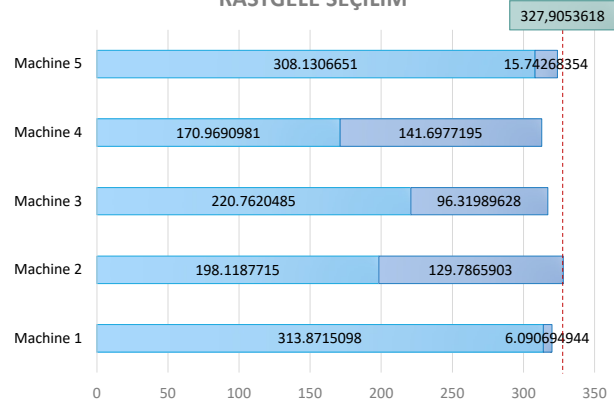
Bazı Problemlerin Karşılaştırılması

Problem 34	Parça Aralığı	Kullanılan Parça Sayısı	Kullanılan Makineler	Popülasyon Büyüklüğü	Mutasyon Oranı	Çaprazlama Oranı	İterasyon Sayısı
	[11-100]	90	M1[2] M2[3]	50	0,2	0,6	1800

ALAN SEÇİMİ



RASTGELE SEÇİM

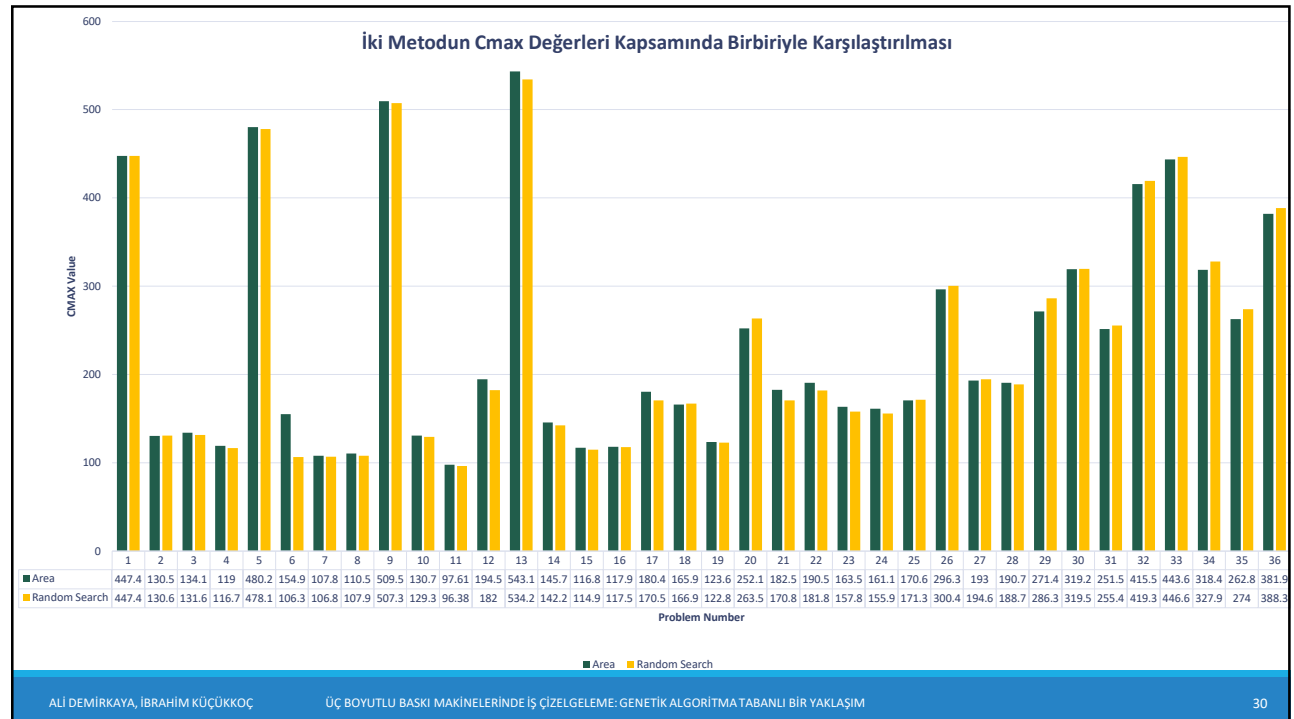


ALİ DEMİRKAYA, İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ

ÜÇ BOYUTLU BASKI MAKİNELERİNDE İŞ ÇİZELGELEME: GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

29

29



ALİ DEMİRKAYA, İBRAHİM KÜÇÜKKOÇ

ÜÇ BOYUTLU BASKI MAKİNELERİNDE İŞ ÇİZELGELEME: GENETİK ALGORİTMA TABANLI BİR YAKLAŞIM

30

30

Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Bu çalışmada geliştirilmiş olan iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden biri makine yerleşimi sırasında kalan alanı büyük olan makineyi seçmek, bir diğeri ise parçanın yerleşeceği makinenin seçiminin rastgele yapılmasıdır.

İki yöntemin sonuçları bir önceki slaytta karşılaştırılmıştır. Buna karşılık elde edilen sonuçlar birbirine yakın olmakla birlikte iki yöntemin de birbirine göre eksileri veya artıları bulunmaktadır. Sıralamalar rastgele geleceğinden dolayı elbette düşük olasılıkla da olsa aynı sıralamayı veya aynı yerleşimi bulmaları da kaçınılmazdır.

Her bir problemin birbirinden farklı çözüm süreleri bulunmaktadır. Bu çözüm sonuçlarına parametreler de etki etmektedir. Daha nitelikli bir bilgisayarda çözüldüğünde sonuçlar daha kısa sürede elde edilecektir.

Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Bu öneri ve sonuçlar baz alındığında çok kısa bir süre içerisinde kullanıcıya istenilen performansı sunabilecek bir algoritma geliştirildiği ortadadır. Bunun tam olarak kanıtlanabilmesi ise burada elde edilen çözümlerin hem yerleştirme hem de çizelgeleme problemini dikkate alan kesin çözüm yöntemleriyle kıyaslamasının yapılmasıyla mümkündür.

Her ne kadar bir çizelgeleme problemi olarak görülse de ele alınan bu problem karmaşık yerleştirme problemini de içermektedir. Bunun sebebi ise farklı makinelerle gönderilen birbirinden farklı sıralamalar ile elde edilen farklı yerleşimlerin, çizelgeleme problemi olarak bakıldığında makinelerdeki işlem sürelerini etkileyerek farklı yayılma zamanına sahip çözümler getirebilmesidir. Bu algoritmada geliştirilmesi gereken noktalardan biri de parçaların belirlenen makineye optimum yerleşimini sağlamak olacaktır. Elde edilen sonuçlar neticesinde her ne kadar parametreler sonuçları etkilese de sıralamalar rastgele geldiğinden dolayı her çalıştırmada farklı sonuçlar elde etmemiz kaçınılmazdır.

Kaynakça

- Li, Q., Kucukkoc, I., Zhang, D. Z., (2017), Production Planning in Additive Manufacturing and 3D Printing, Computers & Operations Research, 83C, pp. 157-172, DOI: 10.1016/j.cor.2017.01.013.
- Ibrahim Kucukkoc (2019), MILP models to minimise makespan in additive manufacturing machine scheduling problems, Computers and Operations Research, 105C, pp. 58-67, DOI: 10.1016/j.cor.2019.01.006.
- Kucukkoc, I., Li, Q., He, N., Zhang, D. (2018), Scheduling of Multiple Additive Manufacturing and 3D Printing Machines to Minimise Maximum Lateness, In Grubbström, R.W, Hinterhuber, H.H., (Eds), PrePrints, 20th International Working Seminar on Production Economics, Innsbruck, Austria, February 19-23, vol. 1, pages 237-247.
- Kucukkoc, I., Li, Q., Zhang, D. Z. (2016), Increasing the utilisation of additive manufacturing and 3D printing machines considering order delivery times, In Grubbström, R.W, Hinterhuber, H.H., (Eds), PrePrints, 19th International Working Seminar on Production Economics, Innsbruck, Austria, February 22-26, vol. 3, 195-201.

Dinlediğiniz için Teşekkürler!