

Depolama Yeri Atama Problemleri İçin Tavlama Benzetimi Simulated Annealing For Storage Location Assignment Problems

Arzu EREN ŞENARAS^a Onur Mesut ŞENARAS^b Şahin İNANÇ^c

^aBursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, arzueren@uludag.edu.tr

^bBursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, onurmesut.senaras@renault.com

^cBursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, sahininanc@uludag.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ	ÖZET
Anahtar Kelimeler: Depolama Yeri Atama Problemi Maliyet Hesaplama Tavlama Benzetimi	Amaç – Bu çalışmada, depo atama problemini çözmek için Tavlama benzetimi yöntemi Matlab R2017a programında gerçekleştirilmiştir. Yöntem – Tavlama benzetimi algoritması, tavlama katılarının simülasyonu ile büyük kombinatoriyal optimizasyon problemlerini çözme problemi arasındaki analogiye dayanmaktadır. Bu nedenle algoritma "Tavlama benzetimi" olarak bilinmektedir. Bulgular – Bu çalışmada, depo atama problemini çözmek için Tavlama benzetimi algoritması Matlab R2017a programında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Tavlama Benzetimi Yöntemi ile 3303,62 metre/saatlik taşıma gerçekleştirilmiştir. Tartışma – Elde edilen sonuçlar, önerilen Tavlama Benzetimi (TB) algoritmasının depolama yeri atama problemi çözmede oldukça etkin olduğunu göstermektedir. Geliştirilen uygulama sayesinde imalat sistemlerinde çok sayıda yarı mamulün ambar adreslerine atanması gibi farklı türlerde problemleri hızlı bir şekilde çözümü bulunabilecektir.
Gönderilme Tarihi 9 Kasım 2022 Revizyon Tarihi 20 Ağustos 2023 Kabul Tarihi 30 Ağustos 2023	
Makale Kategorisi: Araştırma Makalesi	

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Keywords: Storage Location Assignment Problem Cost Calculation Simulation Annealing	Purpose – The annealing simulation was implemented for solving storage location assignment problems in MatlabR2017a. Design/methodology/approach – The annealing simulation algorithm is based on the analogy between the simulation of annealing solids and the problem of solving large combinatorial optimization problems. For this reason, the algorithm is known as "Annealing simulation". Findings – In this study, Annealing simulation algorithm is implemented in Matlab R2017a program to solve the warehouse assignment problem. According to the results obtained, 3303.62 meters/hour transport was carried out with the Annealing Simulation Method. Discussion – The results show that the proposed Annealing Simulation (TB) algorithm is quite effective in solving the storage location assignment problem. Thanks to the developed application, different kinds of problems such as assigning a large number of semi-finished products to warehouse addresses in manufacturing systems will be solved quickly.
Received 9 November 2022 Revised 20 August 2023 Accepted 30 August 2023	
Article Classification: Research Article	

Önerilen Atıf/Suggested Citation

Eren Şenaras, A., Şenaras, O. M., İnanç, Ş. (2023). Depolama Yeri Atama Problemleri İçin Tavlama Benzetimi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 15 (3), 1753-1760.

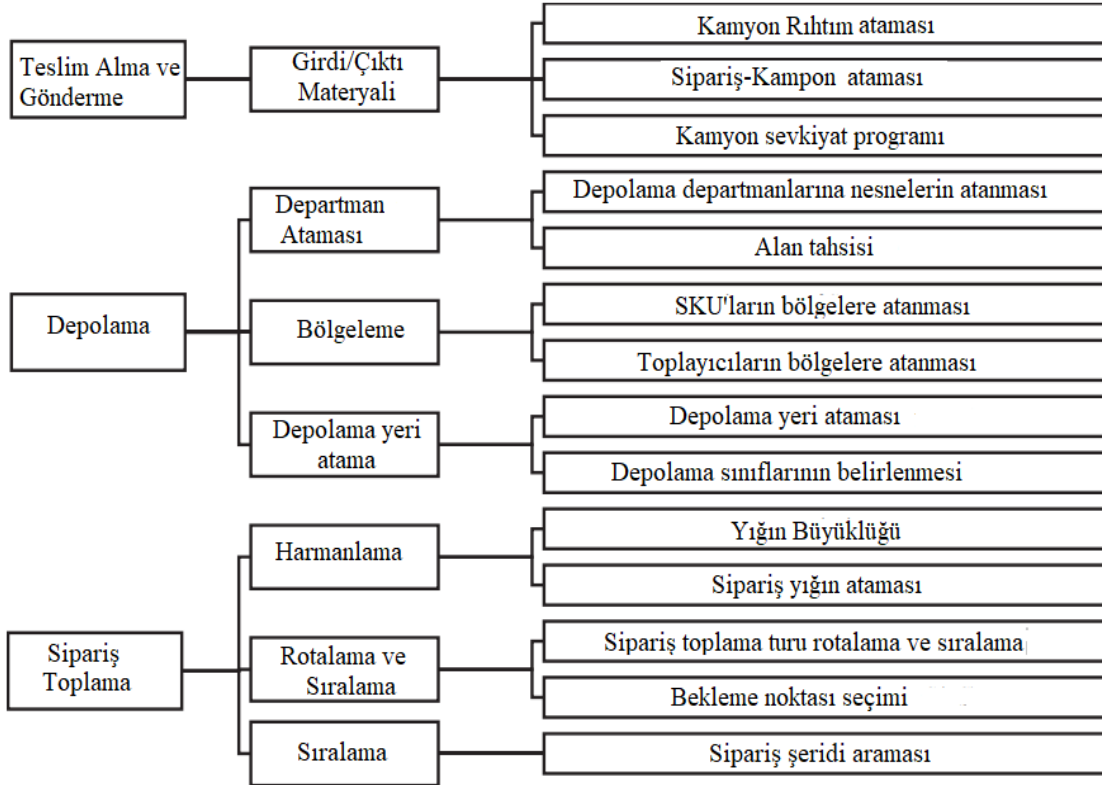
1. GİRİŞ

Atama modelleri, yöneylem araştırması teknikleri içerisinde pratikte uygulanabilirliği olan önemli konulardan birisidir. (Kahveci ve Gidersoy, 2007: 94). Atama modellerinin amacı, etkinliği maksimum kılmak için kaynak kullanımının birebir dağıtımının sağlanmasıdır. Atama problemleri genel doğrusal programlama problemlerinin özel bir durumudur. Atama modelleri çeşitli kaynakların farklı görevlere en uygun şekilde dağıtılmasını amaçlamaktadır. Bu tür modellere işlerin makinelere, işçilerin işlere vb. atama durumları için sıklıkla gereksinim duyulmaktadır. Atama işlemi her bir makineye bir işi atanacak şekilde yapılmaktadır (Öztürk, 2016).

2. DEPOLAMA YERİ ATAMA PROBLEMİ

Depolama Yeri Atama Problemi (SLAP), ürünlerin bir depolama alanına tahsisi ve malzeme işleme maliyetlerinin veya depolama alanı kullanımının optimizasyonu ile ilgilidir. Sorun, depolama alanı tasarımı, depolama alanı kullanılabilirliği, ambar depolama kapasitesi, ürünlerin fiziksel özellikleri, varış süreleri ve talep davranışı gibi parametrelere bağlıdır. Temel optimizasyon yaklaşımları, mevcut depolama kapasitesi, sipariş toplama kaynak kapasiteleri ve sevkiyat politikaları gibi kısıtlamaları dikkate alarak, depo alanı kullanımı ve sipariş hazırlama ve toplama işlemleri için döngü süresi ile ilgilidir (Gu, Goetschalckx ve McGinnis, 2007).

Karmaşıklık açısından Frazelle (1989), SLAP'ı, ürün sayısı ve depolama özelliklerinin neden olduğu farklılıklar nedeniyle NP-Hard olarak sınıflandırır. Ürün sayısı, depolama alanı sayısına eşit olduğunda, sorun kuadratik dağıtım problemi (QAP) olarak tanımlanmaktadır (Kofler, 2015). Dahası, ürün sayısı, depolama alanlarının sayısından fazla ise ve her bir depolama alanı birkaç ürünü depolayabiliyorsa, bu bir sırt çantası problemi (KP) haline gelir (Gu v.d., 2010). Şekil 1 depolama sistemlerini etkileyen temel operasyonel kararları göstermektedir (Gu v.d., 2007).



Şekil 1: Depolama Yönetiminde Operasyonel Kararlar

(Kaynak: Gu et al., 2007; Reyes v.d., 2019: 200)

Doğrusal atama problemi, n işi n kişiye bire bir esasa göre atamayı temel alan bir problemdir. J . işi i 'nci kişiye atamanın maliyeti c_{ij} olsun ($i, j = 1, 2, 3, \dots, n$). Görevlendirme probleminin amacı, işleri kişilere (bir işi yalnızca bir kişiye) en az toplam maliyet veya maksimum toplam kârla tayin etmektir. Dolayısıyla, atama problemi

aşağıda verildiği gibi $n \times n$ maliyet matrisi (c_{ij}) şeklinde temsil edilebilir (Dutta ve Pal, 2015: 451). Maliyet matrisi Şekil 2'deki gibidir.

		İşler					
		1	2	...	j	...	n
Kişiler	1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1j}	...	c_{1n}
	2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2j}	...	c_{2n}

	i	c_{i1}	c_{i2}	...	c_{ij}	...	c_{in}

	n	c_{n1}	c_{n2}	...	c_{nj}	...	c_{nn}

Şekil 2: Maliyet Matrisi

Bu maliyet matrisi, etkinlik matrisi veya ödeme matrisi olarak da bilinmektedir. Bu makalede maliyet matrisi olarak atıfta bulunulacaktır.

Atama problemini çözmek için kullanılacak yöntemlerden bazıları aşağıdaki gibidir (Dutta ve Pal, 2015: 452):

- Sayım yöntemi
- Simpleks yöntem
- Ulaştırma yöntemi
- Macar yöntemi (HM).

Doğrusal atama probleminin optimal ataması şunlardan oluşur: $n \times n$ maliyet matrisinden n girdi (her satırdan tam olarak bir tane ve her sütundan bir tane) seçmek, böylece seçimin toplam maliyeti minimumdur. Macar yöntemi (HM), doğrusal atama problemini çözmek için iyi bilinen, popüler ve yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, bir maliyet matrisinin (c_{ij}) önceden var olmasını gerektirir ve yöntem, maliyet matrisinin unsurları üzerindeki bazı aritmetik işlemler üzerinde çalışır (Dutta ve Pal, 2015: 452). Ayrıca literatürde depolama yeri atama problemlerinin çözümünde çeşitli sezgisel yaklaşımların kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada, Tavlama Benzetimi ile depolama yeri atama problemlerinin çözümünü ele alınmaktadır.

3. LİTERATÜRE KISA BAKIŞ

Atama problemlerine ilişkin literatürde yer alan çalışmaların bazıları aşağıdaki gibidir.

Brynzér ve Johansson (1996), ilgili çalışmalarında, ürün yapısından (SLASEPS) kaynaklanan bir depolama yeri atama stratejisi önerilmiştir ve bir vaka çalışmasından elde edilen ampirik veriler kullanılarak örneklenmiştir. Bu vaka çalışmasının sonucu, toplama bilgisinde %75'ten daha fazla bir azalma sağlanmıştır.

Şahin (2008), çalışmasında Dinamik Tesis Düzenleme Problemi (DTDP)'ni çözmek için bir Tavlama Benzetimi (TB) sezgiseli geliştirmiştir. Önerilen Tavlama Benzetimi sezgiselinin DTDP'ni çözmede oldukça etkin olduğunu göstermektedir.

Dutta ve Pal (2015), ilgili çalışmalarında, Macar yöntemi, yöntemin hesaplama maliyetini azaltan bir atama probleminin optimal çözümünü bulmak için değiştirilmiştir.

Chopra, Notarstefano, Rice ve Egerstedt (2017), çalışmalarında, iyi bilinen atama problemini çözmek için Macar yönteminin dağıtılmış bir versiyonunu önermişlerdir. Çoklu robot uygulamaları bağlamında, tüm robotlar, bir uçtan uca ağ üzerinden sınırlı bir yerel hesaplama ve iletişim kümesi içinde belirli bir küresel kriteri (örneğin, kat edilen toplam mesafe) optimize eden ortak bir atamayı işbirliği içinde hesaplar.

Kutucu ve Durgut (2018), ilgili çalışmalarında, silah hedef atama problemine etkili bir çözüm sağlama amacı ile tavlama benzetimi algoritması kullanarak hibrit bir yapay arı kolonisi algoritması önermektedirler.

Önerilen algoritma problem örnekleri ile test edilerek diğer meta-sezgisel yöntemler ile karşılaştırılmıştır. Önerilen algoritmanın tatmin edici olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Elsisy (2020), ilgili makalede, değiştirilmiş Macar yöntemini kullanarak bulanık AP'nin optimum çözümünü bulmanın bir algoritmasını sunmaktadır. Bu yöntem, bulanık bir AP için bulanık ortamda minimum atama maliyeti elde etmek için kullanılmaktadır.

Dhanasekar, Parthiban, ve Gururaj, (2020), ilgili çalışmada, bulanık atama problemini çözmek için geliştirilmiş bir Macar yöntemi kullanmışlardır. Bulanık atama problemini çözmek için Macar yöntemini uyguladıklarında, bulanık sıfırları kesen minimum çizgi sayısı bulanık maliyet matrisinin sırasına eşit değilse, bu yöntem daha az hesaplama çalışmasıyla en uygun çözümü elde etmek için kullanılmaktadır.

Solaja, Abiodun, Ekpudu, Abioro, ve Akinbola, (2020), çalışmada, öğretim görevlilerinin etkililiğini maksimize etmek için Nijerya yükseköğretim kurumundaki ders tahsis problemine atama modelini uygulamaktadır. Öğretim elemanlarından veri elde etmek için iyi yapılandırılmış bir anket kullanılmış ve Macar yöntemi ile çözülmüştür.

Wang, Su, Wei, Wen, ve Xu (2021), çalışmada otomatik deponun verimliliğini ve güvenliğini artırmak için, yol planlaması, farklı kargo ağırlıkları ve ayrıca gelen ve giden kargoların sıklığı dikkate alınarak alan tahsisi sorununu çözmek için yeni bir model önermişlerdir.

Chargui, Bekrar, Reghioui ve Trentesaux, (2022), çalışmada çok kapılı çapraz yükleme tesisinden alım ve nakliye rıhtımlarında kamyonların depolama, atama ve sıralamasını optimize etmek için bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli önermişlerdir.

Derse, Göçmen, Yılmaz, ve Erol, (2022), yaptıkları çalışmada hidrojen enerji şebekelerinin üretim, depolama, nakliye, güvenlik, konum ve personel atama kararlarını bütünleştiren ve maliyet minimizasyonunu da hesaba katarak bir matematiksel programlama modeli önermişlerdir.

Lim, Norman ve Rajgopal (2022), ilgili çalışmalarında aşı dağıtım zincirini yeniden tasarlamak için bir dizi ara dağıtım merkezinin bulunmasını ve bir veya daha fazla merkez mağazasından (aşuların bir ülkeye alındığı yer) sağlık kliniklerine akış yollarının belirlenmesini içeren bir yaklaşım önermişlerdir.

Jemali (2022), çalışmasında sağlık krizi yönetim komitesinin bir dizi algoritma aracılığıyla tüm acil önlemlerin alınmasını ve en fazla sayıda insanı minimum sürede aşılmasına yardımcı olacak akıllı bir park sistemi sunmuşlardır.

4. YÖNTEM

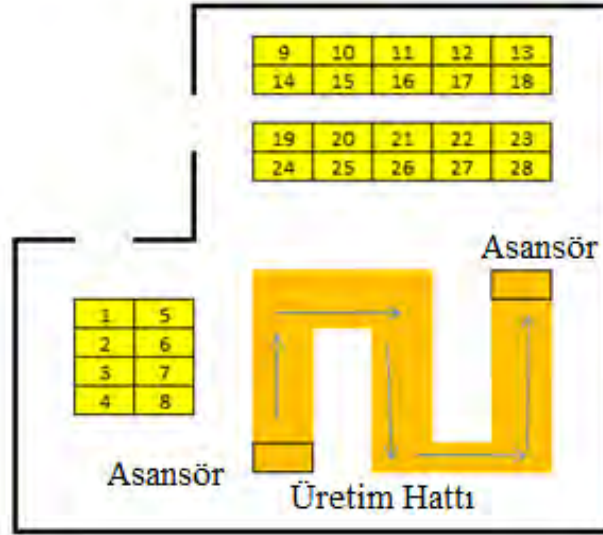
Tavlama benzetimi algoritması, tavlama katılarının simülasyonu ile büyük kombinatoriyal optimizasyon problemlerini çözme problemi arasındaki analogiye dayanmaktadır. Bu nedenle algoritma "Tavlama benzetimi" olarak bilinmektedir. Yoğunlaştırılmış madde fiziğinde, tavlama, bir ısı banyosundaki bir katının, ısı banyosunun sıcaklığını maksimum bir değere yükselterek ısıtıldığı ve katıdaki tüm parçacıkların kendilerini rasgele olarak sıvı fazda düzenlediği fiziksel bir süreci ifade eder. Isı banyosunun sıcaklığını yavaşça düşürerek soğuma sağlanacak şekilde, maksimum sıcaklığın yeterince yüksek olması ve soğutmanın yeterince yavaş yürütülmesi koşuluyla, tüm parçacıklar, karşılık gelen bir kafesin düşük enerjili temel durumunda düzenlenmektedir (Van ve Aarts, 1987).

Tavlama benzetimi, yerel optimumdan kaçabilen yerel bir arama algoritmasıdır. Uygulama kolaylığı ve yakınsama özellikleri ve yerel optimumdan kaçmak için tepe tırmanma hareketlerini kullanması, tavlama benzetimini son yirmi yılda popüler bir teknik haline getirmiştir(Nikolaev ve Jacobson, 2010).

5. DEPO YERİ ATAMA PROBLEMİ İÇİN TAVLAMA BENZETİMİ

Bu çalışmanın amacı, bir imalat atölyesinde var olan ambar yer gözlerine(adreslerine) yarı mamullerin montaj hattına olan taşıma süresini minimum kılacak şekilde atanmasıdır. Bu bağlamda; üretimin kesintisiz devam edebilmesi için birim zamanda (saatte) taşınan mesafeyi(metre) minimize eden depo yerinin atanması amaçlanmaktadır.

Ele alınan imalat atölye probleminin yerleşim şeması Şekil 3'deki gibidir.



Şekil 3: Atölye Yerleşim Şeması

Şekil 3'te 1-28 arasında numaralandırılan ambar depolama yer adreslerini gösterilmektedir. Atölye yerleşim şeması incelendiğinde, üretim hattı, giriş ve çıkış asansörü görülmektedir. Beyaz olan bölümler ise yolları göstermektedir.

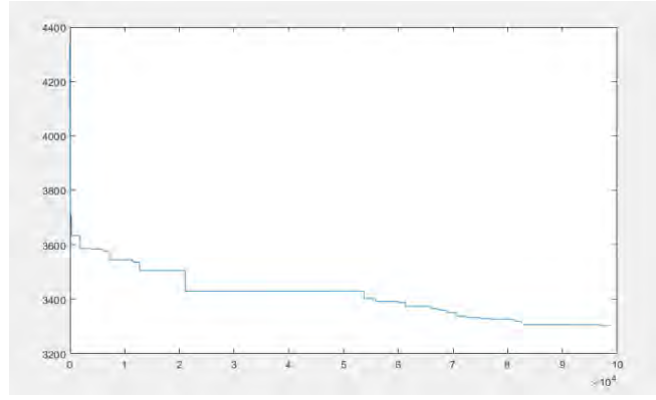
İncelenen imalat atölyesinde ürünler ile adres numaraları arasındaki mesafeler hesaplanmıştır. Şekil 4'te yer alan değerler birim zamanda (saatte) ürünlerin depolardan taşınma mesafesini ifade etmektedir.

		ADRES NUMARASI																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
ÜRÜNLER	1	465.00	456.00	462.00	471.00	444.00	435.00	441.00	450.00	612.00	606.00	600.00	606.00	612.00	591.00	585.00	579.00	585.00	591.00	585.00	579.00	573.00	579.00	585.00	570.00	564.00	558.00	564.00	570.00
	2	33.50	32.00	33.00	34.50	30.00	28.50	29.50	31.00	35.00	34.00	33.00	34.00	35.00	31.50	30.50	29.50	30.50	31.50	30.50	29.50	28.50	29.50	30.50	28.00	27.00	26.00	27.00	28.00
	3	208.13	203.91	206.72	210.94	198.28	194.06	196.88	201.09	206.72	203.91	201.09	203.91	206.72	196.88	194.06	191.25	194.06	196.88	194.06	191.25	188.44	191.25	194.06	187.03	184.22	181.41	184.22	187.03
	4	375.75	369.00	373.50	380.25	360.00	353.25	357.75	364.50	364.50	360.00	355.50	360.00	364.50	348.75	344.25	339.75	344.25	348.75	344.25	339.75	335.25	339.75	344.25	333.00	328.50	324.00	328.50	333.00
	5	792.00	778.50	787.50	801.00	760.50	747.00	756.00	769.50	351.00	342.00	333.00	342.00	351.00	319.50	310.50	301.50	310.50	319.50	310.50	301.50	292.50	301.50	310.50	288.00	279.00	270.00	279.00	288.00
	6	186.00	177.00	183.00	192.00	165.00	156.00	162.00	171.00	282.00	276.00	270.00	276.00	282.00	261.00	255.00	249.00	255.00	261.00	255.00	249.00	243.00	249.00	255.00	240.00	234.00	228.00	234.00	240.00
	7	20.48	19.80	20.25	20.93	18.90	18.23	18.68	19.35	31.05	30.60	30.15	30.60	31.05	29.48	29.03	28.58	29.03	29.48	29.03	28.58	28.13	28.58	29.03	27.90	27.45	27.00	27.45	27.90
	8	142.71	138.86	141.43	145.29	133.71	129.86	132.43	136.29	93.86	91.29	88.71	91.29	93.86	84.86	82.29	79.71	82.29	84.86	82.29	79.71	77.14	79.71	82.29	75.86	73.29	70.71	73.29	75.86
	9	96.43	93.21	95.36	98.57	88.93	85.71	87.86	91.07	53.57	51.43	49.29	51.43	53.57	46.07	43.93	41.79	43.93	46.07	43.93	41.79	39.64	41.79	43.93	38.57	36.43	34.29	36.43	38.57
	10	254.42	249.23	252.69	257.88	242.31	237.12	240.58	245.77	344.42	340.96	337.50	340.96	344.42	332.31	328.85	325.38	328.85	332.31	328.85	325.38	321.92	325.38	328.85	320.19	316.73	313.27	316.73	320.19
	11	87.00	84.75	86.25	88.50	81.75	79.50	81.00	83.25	148.50	147.00	145.50	147.00	148.50	143.25	141.75	140.25	141.75	143.25	141.75	140.25	138.75	140.25	141.75	138.00	136.50	135.00	136.50	138.00
	12	54.00	52.50	53.50	55.00	50.50	49.00	51.00	51.50	90.50	89.50	88.50	89.50	90.50	87.00	86.00	85.00	86.00	87.00	86.00	85.00	84.00	85.00	86.00	83.50	82.50	81.50	82.50	83.50
	13	26.25	25.13	25.88	27.00	23.63	22.50	23.25	24.38	79.88	79.13	78.38	79.13	79.88	77.25	76.50	75.75	76.50	77.25	76.50	75.75	75.00	75.75	76.50	74.63	73.88	73.13	73.88	74.63
	14	78.30	75.60	77.40	80.10	72.00	69.30	71.10	73.80	171.90	170.10	168.30	170.10	171.90	165.60	163.80	162.00	163.80	165.60	163.80	162.00	160.20	162.00	163.80	159.30	157.50	155.70	157.50	159.30
	15	207.00	202.50	205.50	210.00	196.50	192.00	195.00	199.50	126.00	123.00	120.00	123.00	126.00	115.50	112.50	109.50	112.50	115.50	112.50	109.50	106.50	109.50	112.50	105.00	102.00	99.00	102.00	105.00
	16	41.73	39.27	40.91	43.36	36.00	33.55	35.18	37.64	73.64	72.00	70.36	72.00	73.64	67.91	66.27	64.64	66.27	67.91	66.27	64.64	63.00	64.64	66.27	62.18	60.55	58.91	60.55	62.18
	17	137.81	135.00	136.88	139.69	131.25	128.44	130.31	133.13	153.75	151.88	150.00	151.88	153.75	147.19	145.31	143.44	145.31	147.19	145.31	143.44	141.56	143.44	145.31	140.63	138.75	136.88	138.75	140.63
	18	79.02	77.38	78.48	80.12	75.18	73.54	74.63	76.28	77.38	76.28	75.18	76.28	77.38	73.54	72.44	71.34	72.44	73.54	72.44	71.34	70.24	71.34	72.44	69.70	68.60	67.50	68.60	69.70
	19	18.47	17.05	18.00	19.42	15.16	13.74	14.68	16.11	27.47	26.53	25.58	26.53	27.47	24.16	23.21	22.26	23.21	24.16	23.21	22.26	21.32	22.26	23.21	20.84	19.89	18.95	19.89	20.84
	20	211.15	205.96	209.42	214.62	199.04	193.85	197.31	202.50	122.88	119.42	115.96	119.42	122.88	110.77	107.31	103.85	107.31	110.77	107.31	103.85	100.38	103.85	107.31	98.65	95.19	91.73	95.19	98.65
	21	200.00	192.50	197.50	205.00	182.50	175.00	180.00	187.50	502.50	497.50	492.50	497.50	502.50	485.00	480.00	475.00	480.00	485.00	480.00	475.00	470.00	475.00	480.00	467.50	462.50	457.50	462.50	467.50
	22	183.46	180.00	182.31	185.77	175.38	171.92	174.23	177.69	118.85	116.54	114.23	116.54	118.85	110.77	108.46	106.15	108.46	110.77	108.46	106.15	103.85	106.15	108.46	102.69	100.38	98.08	100.38	102.69
	23	72.39	70.92	71.90	73.37	68.97	67.50	68.48	69.95	88.53	87.55	86.58	87.55	88.53	85.11	84.13	83.15	84.13	85.11	84.13	83.15	82.17	83.15	84.13	81.68	80.71	79.73	80.71	81.68
	24	23.82	22.24	23.29	24.88	20.12	18.53	19.59	21.18	50.29	49.24	48.18	49.24	50.29	46.59	45.53	44.47	45.53	46.59	45.53	44.47	43.41	44.47	45.53	42.88	41.82	40.76	41.82	42.88
	25	110.63	108.75	110.00	111.88	106.25	104.38	105.63	107.50	90.63	89.38	88.13	89.38	90.63	86.25	85.00	83.75	85.00	86.25	85.00	83.75	82.50	83.75	85.00	81.88	80.63	79.38	80.63	81.88
	26	130.85	128.77	130.15	132.23	126.00	123.92	125.31	127.38	64.38	63.00	61.62	63.00	64.38	59.54	58.15	56.77	58.15	59.54	58.15	56.77	55.38	56.77	58.15	54.69	53.31	51.92	53.31	54.69
	27	56.01	54.57	55.53	56.97	52.66	51.22	52.18	53.62	40.69	39.73	38.78	39.73	40.69	37.34	36.38	35.43	36.38	37.34	36.38	35.43	34.47	35.43	36.38	33.99	33.03	32.07	33.03	33.99
	28	100.00	97.50	99.17	101.67	94.17	91.67	93.33	95.83	141.67	140.00	138.33	140.00	141.67	135.83	134.17	132.50	134.17	135.83	134.17	132.50	130.83	132.50	134.17	130.00	128.33	126.67	128.33	130.00

Şekil 4: Ürün No- Adres Numarası Mesafe Matrisi

6. TAVLAMA BENZETİMİ YÖNTEMİ İLE ELDE EDİLEN BULGULAR

Tavlama benzetimi Matlab R2017a programında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan parametreler; başlangıç sıcaklığı değeri olan $T=20.000$, soğutma katsayısı $sk=0.999$, $t_{son}=1$ olarak ele alınmıştır. Tavlama benzetimi algoritması ile iterasyon bazında elde edilen çözüm değerleri grafiği Şekil 5'teki gibidir.



Şekil 5: Tavlama Benzetimi Algoritması ile İterasyon Bazında Elde Edilen Çözüm Değerleri Grafiği

Tavlama benzetimi algoritması ile iterasyon bazında elde edilen çözüm değerleri grafiği Şekil 6'daki gibidir. Özellikle 8000-10.000 arasındaki iterasyonlarda iyileşme görülmediği için iterasyon sayısının yeterli olduğu kabul edilmiştir.

Tavlama benzetimi yöntemi ile elde edilen sonuçlar Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1: Tavlama Benzetimi Yöntemi Sonuçları

Adres No	Ürün No	Mesafe (Metre/ Saat)
1	14	78.30
2	28	97.50
3	11	86.25
4	13	27.00
5	6	165.00
6	1	435.00
7	21	180.00
8	10	245.77
9	2	35.00
10	19	26.53
11	24	48.18
12	27	39.73
13	7	31.05
14	23	85.11
15	12	86.00
16	17	143.44
17	25	85.00
18	18	73.54
19	16	66.27
20	9	41.79
21	8	77.14
22	22	106.15
23	26	58.15
24	3	187.03
25	20	95.19
26	5	270.00
27	4	328.50
28	15	105.00

Toplam 3303.62

Tavlama benzetimi yöntemine göre, adres no 1, 14 no'lu ürüne; adres no 2, 28 no'lu ürüne; adres no 3, 11 no'lu ürüne; adres no 4, 13 no'lu ürüne; adres no 5, 6 no'lu ürüne; adres no 6, 1 no'lu ürüne; adres no 7, 21 no'lu ürüne; adres no 8, 10 no'lu ürüne; adres no 9, 2 no'lu ürüne; adres no 10, 19 no'lu ürüne; adres no 11, 24 no'lu

ürüne; adres no 12, 27 no'lu ürüne; adres no 13, 7 no'lu ürüne; adres no 14, 23 no'lu ürüne; adres no 15, 12 no'lu ürüne; adres no 16, 17 no'lu ürüne; adres no 17, 25 no'lu ürüne; adres no 18, 18 no'lu ürüne; adres no 19, 16 no'lu ürüne; adres no 20, 9 no'lu ürüne; adres no 21, 8 no'lu ürüne; adres no 22, 22 no'lu ürüne; adres no 23, 26 no'lu ürüne; adres no 24, 3 no'lu ürüne; adres no 25, 20 no'lu ürüne; adres no 26, 5 no'lu ürüne; adres no 27, 4 no'lu ürüne; adres no 28, 15 no'lu ürüne atanmıştır.

Bu atama ile elde edilen sonuç 3303,62 metre/saat'tir. Bu değer, birim zamanda (saatte) ürünlerin depolardan minimum taşınma mesafesini ifade etmektedir.

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Depo yeri atama problemlerinin optimal çözümlerinin edilmesi etkin imalat planlaması için önem arz etmektedir. İmalat atölyesinde direkt giderleri oluşturan taşıma araçlarının yakıt masraflarını azaltmak, işgücü kullanımını azaltmak, üretimi aksatmayacak şekilde malzeme taşınması sağlamak açısından depo yeri atamalarının optimal şekilde planlanması oldukça önemlidir. Bu çalışmada bir imalat atölyesi için depo yeri ataması problemine ilişkin Tavlama Benzetimi Algoritması uygulanmıştır. Bu çalışmada, depo atama problemini çözmek için Tavlama benzetimi algoritması Matlab R2017a programında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Tavlama Benzetimi Yöntemi ile 3303,62 metre/saatlik taşıma gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda depo yeri atama problemlerinin çözümünde Tavlama Benzetimi yöntemini kullanılabileceği ifade edilebilir. Ancak problemin boyutu arttıkça en iyi sonuçların bulunması da zorlaşacaktır. Ele alınan problemin farklı yöntemler ile çözülmesi sonuçların karşılaştırılması sonraki çalışmaların konusunu oluşturacaktır.

Elde edilen sonuçlar, önerilen Tavlama Benzetimi (TB) algoritmasının depolama yeri atama problemi çözmede etkin olduğunu göstermektedir. Geliştirilen uygulama sayesinde imalat sistemlerinde çok sayıda yarı mamulün ambar adreslerine atanması gibi farklı türlerde problemleri hızlı bir şekilde çözümü bulunabilecektir. Geliştirilen uygulama imalat sistemlerinde atama problemlerinin planlamasına ışık tutacaktır.

KAYNAKÇA

- Ben Jouda, S., & Krichen, S. (2022). A genetic algorithm for supplier selection problem under collaboration opportunities. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 34(1), 53-79.
- Brynzér, H., Johansson, M. I. (1996). Storage location assignment: Using the product structure to reduce order picking times. *International Journal of Production Economics*, 46, 595-603.
- Chargui, T., Bekrar, A., Reghioui, M., & Trentesaux, D. (2022). Scheduling trucks and storage operations in a multiple-door cross-docking terminal considering multiple storage zones. *International Journal of Production Research*, 60(4), 1153-1177.
- Chopra, S., Notarstefano, G., Rice, M., & Egerstedt, M., (2017). A distributed version of the Hungarian method for multirobot assignment. *IEEE Transactions on Robotics*, 33(4), 932-947.
- Derse, O., Göçmen, E., Yılmaz, E., & Erol, R. (2022). A mathematical programming model for facility location optimization of hydrogen production from renewable energy sources. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 44(3), 6648-6659.
- Dhanasekar, S., Parthiban, V., & Gururaj, A. D. M., (2020). Improved Hungarian Method To Solve Fuzzy Assignment Problem And Fuzzy Traveling Salesman Problem.
- Dutta, J., & Pal, S. C., (2015). A note on Hungarian method for solving assignment problem. *Journal of Information and Optimization Sciences*, 36(5), 451-459.
- Elsisy, M. A., Elsaadany, A. S., & El Sayed, M. A., (2020). Using interval operations in the Hungarian method to solve the fuzzy assignment problem and its application in the rehabilitation problem of valuable buildings in Egypt. *Complexity*, 2020.
- Frazelle, E., Sojo, R., Esquivel, H., & Álvaro José Hurtado S., (2007). *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*. Grupo Editorial Norma.

- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F., (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1-21. Gu, J.,
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F., (2010). Solving the forward-reserve allocation problem in warehouse order picking systems. *Journal of the Operational Research Society*, 61(6), 1013-1021.
- Jemmali, M. (2022). Intelligent algorithms and complex system for a smart parking for vaccine delivery center of COVID-19. *Complex & Intelligent Systems*, 8(1), 597-609.
- Kahveci, M., & Gidersoy, B., (2007). İşletme Yönetiminde Maliyet-Kar Hedeflerine Yönelik Atama Modelleri Ve Macar Algoritması Tekniğiyle Analitik Bir Yaklaşım. *Sosyal Bilimler Dergisi*, (2).
- Kofler, M., (2014). Optimising the storage location assignment problem under dynamic conditions Optimising the Storage Location Assignment Problem Under Dynamic Conditions, (Doctoral dissertation, Technisch-Naturwissenschaftliche Fakultät).
- Kuhn, H. W., (1955). The Hungarian method for the assignment problem, *Naval Research Logistics, Quarterly*, 2, 83-97.
- Kutucu, H., & Durgut, R., (2018). Silah hedef atama problemi için tavlama benzetimli bir hibrit yapay arı kolonisi algoritması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 263-269.
- Lim, J., Norman, B. A., & Rajgopal, J. (2022). Redesign of vaccine distribution networks. *International Transactions in Operational Research*, 29(1), 200-225.
- Munkres, J., (1957). Algorithms for the assignment and transportation problems, *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 5(1), 32-38.
- Nikolaev, A. G., & Jacobson, S. H. (2010). Simulated annealing. In *Handbook of metaheuristics* (pp. 1-39). Springer, Boston, MA.
- Öner, A., Ülengin, F., (2010). Atama Problemi İçin Yeni Bir Çözüm Yaklaşımı. *İtÜdergisi/D*, 2(1).
- Öztürk, A., (2016). Yöneylem Araştırması, Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa.
- Solaja, O., Abiodun, J., Ekpudu, J., Abioro, M., & Akinbola, O., (2020). Assignment problem and its application in Nigerian institutions: Hungarian method approach. 9-1), 1(10), 1(10). ژورنال اللمى و مش علمى.
- Van Laarhoven, P. J., & Aarts, E. H., (1987). Simulated annealing. In *Simulated annealing: Theory and applications* (pp. 7-15). Springer, Dordrecht.
- Wang, H., Su, M., Wei, J., Wen, S., & Xu, X. (2021). Warehouse scheduling in airport freight station with multi-objective artificial bee colony algorithm. *International Journal of Advanced Mechatronic Systems*, 9(2), 77-84.