

## Machine and Part Cell Formation Using Fuzzy and K-Means Clustering Methods

Tugba TUNACAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sakarya University Enformatik Bölümü , Adapazari

---

**Abstract:** X Group technology and cellular manufacturing are applied in three different types; Forming part families, forming machine cells, forming part families and machine cells simultaneously. Several methods and techniques are improved to achieve problems of group technology. Artificial intelligences technologies are commonly in use in clustering problems as in other manufacturing issues. In this study, fuzzy logic approach is studied in design of part families and machine cells simultaneously. The goal of this study is to compare manufacturing cell design which made of fuzzy logic approach with the K-Means method.

*Keywords:* Group technology, Cellular manufacturing, Fuzzy Clustering

---

## Bulanik Kümelendirme ve K-Means Kümelendirme Yöntemleri ile Makine ve Parça Hücrelerinin Olusturulması

**Özet:** Grup teknolojisi ve hücreyel imalat tasarımı üç değisik şekilde uygulanmaktadır; parça ailelerinin olusturulması, makine hücrelerinin olusturulması, parça ailelerinin ve makine hücrelerinin es zamanli olusturulması. Bunlari yapabilmek için çeşitli algoritma ve teknikler geliştirilmiştir. Yapay zeka teknolojileri de diğer imalat konularında olduğu gibi kümelendirme problemlerinde de yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada da parça aileleri ve makine hücrelerinin es zamanli olarak bulanik mantik yaklaşimi ve K-means ele alınacaktır. Çalışmanın amacı, bulanik mantik yaklaşimi ile yapılan hücre tasariminin K-Means kümelendirmeden ne oranda olumlu veya olumsuz sonuç verdiğini görmektir.

*Anahtar Kelimeler:* Grup Teknolojisi, Hücreyel imalat, Bulanik Kümelendirme, K-Means

---

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):

T. Tunacan , 'Machine and Part Cell Formation Using Fuzzy and K-Means Clustering Methods', Elec Lett Sci Eng , vol. 1(1) , (2005), 33-41

---

### 1. Giriş

Atölye tipi ve akis tipi üretim sistemleri ürün tasarım ve taleplerindeki değişime cevap verecek, sık sık sızayn edilebilen günümüz üretim gereksinimlerini karşılayamamaktadır. Bu nedenle söz konusu problemlere cevap verecek nitelikte Esnek İmalat Sistemleri ortaya çıkmıştır. Bunun sonucunda Grup teknolojisinin uygulamaya geçirilme biçimi olan hücreyel imalat sistemi, bu gereksinimleri karşılamayı sağlayacağını vadeden alternatif bir imalat sistemi olarak ortaya çıktı. GT benzer parçaları tespit edip, onları parça aileleri şeklinde gruplayarak, parçaların tasarım ve imalat benzerliklerinden avantaj elde etmeyi amaçlayan bir imalat felsefesidir. Hücreyel imalat, grup teknoloji üretim sisteminin uygulanış biçimi olarak tanımlanmaktadır. Hücreyel imalat, benzer imalat gereksinimlerine dayanarak olusturulan parça aileleri biçiminde ve bu parça

---

\* Corresponding author; Tel.: +(90) XXX YYYYYYY , E-mail:xxx@yyyyyy.yyy.yy

ailelerinin imalat operasyonlarını gerçekleştirecek tezgahların da hücreler içerisinde gruplanmasına dayanır [1].

Yapılan geniş çaplı araştırmalarda, hücresel imalattan elde edilen faydalar zaman boyutunda gerçekleşmektedir. İmalat süresi ve müşteriye yanıt verme azalmaktadır. Böylece, hücresel imalat, rekabet stratejilerini zaman bazlı yapan firmalar için mantıksal bir seçimi ortaya koyar. 20 yıl içerisinde hücresel imalat, imalatçı firmalar arasında çok popüler hale geldi. Birçok amerikan kökenli imalat firmaları geleneksel atölye tipi üretim sistemini terk edip, hücresel imalat tipini kullanmaya başladı. 1989 yılı sonlarına kadar geçen 5 yıl içerisinde Amerika da hücresel imalat sistemine geçen firmaların sayısı 520' den 8000' lere kadar yükselmiş ve bu yükseliş sürekli olarak artmaya devam etmektedir [9].

İmalat teknolojilerinde bu değişiklikler yaşanırken, bilgisayar ve bilisim teknolojilerinde de gerçekten hızlı değişimler olmaktadır. Bu hızlı değişim ve dönüşüm, ileri teknolojileri devamlı olarak takip edenlerin dikkatlerini bilgisayar teknolojileri olan yapay zeka tekniklerine çevirmiştir. Yapay zeka teknik ve teknolojileri günlük hayatta pek çok uygulama alanı bulmaktadır. Özellikle imalat ve servis sistemlerinde yapay zekanın en önemli konuları arasında yer alan bulanık mantık yaygın olarak kullanılmaktadır [1].

İmalat sistemlerinde yer alana çizelgeleme, kontrol tasarım, planlama ve optimizasyon gibi çeşitli konularda grup teknolojisinin ve hücresel imalatta bir problem olan hücre tasarımında da bulanık mantık ve kümelenme tekniği kullanılabilir. Bu çalışmada kullanılacak olan teknikler K-Means ve bulanık kümelenme yöntemleridir. Sonuç olarak her iki kümelenme metodunun sonuçları alınacak ve karşılaştırılacaktır.

## **2. Grup Teknolojisi (GT)**

Grup teknolojisi benzer operasyonları olan parçaları ve bu operasyonları gerçekleştirecek olan gerekli tezgahları birlikte gruplamayı amaçlayan bir yönetim stratejisidir. Parça aileleri ve tezgah hücreleri elde edilir [1].

Üretim hacmine bağlı olarak grup teknolojisi üç yerleşim şeklini kapsayabilir. Fonksiyonel yerleştirme, hücre (grup) yerleştirme, hat ürününe göre yerleştirme [5]

- a. Hat tipi yerleşim : Üretim fonksiyonları parçalara göre gruplanır ancak tezgahlar belirli bir parça için çok miktarlarda yüklenmek üzerinde yerleştirilir.
- b. Grup tipi yerleşim : Tezgahlar ve iş görenler gibi üretim fonksiyonları benzer parçalardan oluşan parça ailelerini işleyecek şekilde düzenlenir.
- c. Fonksiyonel yerleşim : Her bir süreç tipi için kullanılan tezgahlar gruplanılarak aynı atölye yada üretim bölümüne yerleştirilir. [7]

### **2.1. Hücre Oluşturma**

Hücresel imalat sistem tasarımı parça ailelerini ve tezgah gruplarını belirlemekle başlar. Her parça ailesi, diğer tezgah grupları ile minimum etkileşimde olması için bir tezgah grubu içerisinde işlenir. Parça aileleri ve tezgah gruplarının belirlenmesi genellikle hücre oluşturma işlemi olarak bilinir [1].

Hücreyel imalat üretim problemleri ürün, süreç ve üretim tasarımı ile yakından ilgilidir. Hücre oluşturma problemi, imalat tezgahının kapasiteleri, sayıları, tipleri ve imal edilecek parçaların sayıları ve rotaları ayrıca her parçaya ait tezgah standartları biliniyorsa bu durumda hangi tezgahlar ve bu tezgahlara ilişkin hangi parçalar, hücreleri oluşturmak için gruplanmalıdır [1]? biçiminde tarif edilir.

Literatürdeki kümelendirme tekniklerinin birçoğu incelendiğinde hücre oluşturma problemi üç ana adıma indirildiği görülmektedir [43].

1. Parça ailelerinin belirlenmesi : Öncelikle parçaların geometrik benzerliklerine ve üretim benzerliklerine göre parça aileleri oluşturulur. Daha sonra oluşturulan bu parça ailelerinin ihtiyaçlarına göre tezgahlar gruplanır.
2. Tezgah hücrelerinin belirlenmesi : Önce tezgah hücreleri belirlenir. Daha sonra parça operasyon sıralarına göre bu hücrelerden uygun olanına atanır.
3. Parça ailelerinin hücrelere atanması : Tezgah hücreleri ve parça aileleri eş zamanlı olarak oluşturulur.

Grup teknolojisi/hücreyel imalatta pek çok farklı parça ailesi ve hücre oluşturma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en çok kullanılanları;

- a. Görsel Metot : Deneyim temelli bir yaklaşımdır. Parçaların şekilsel özelliklerine göre sınıflandırıldığı yarı simetrik prosedürdür. Üretim sahasında çalışan kişinin tezgah ve parçaları direkt gözlemesi sonucu elde edilir.
- b. Sınıflandırma ve Kodlama : Parça ailelerini oluşturmak için kullanılan tasarıma yönelik araçlardır [3, 9]. Kodlama yönteminde parçalar, geometrik şekil, boyut, malzeme cinsi, hammadde gibi bazı özelliklerine göre sınıflandırılır.
- c. Üretim Akis Analizi : Parça işlem rotasını esas alan üretime yönelik parça ailesi oluşturma tekniğidir. Bu teknik hücreler arasındaki tasınımi minimuma indireyecek, bağımsız tezgah hücreleri elde etmeyi amaçlar [4]. Bu yöntem bir çok kümeleme yaklaşımını içerir. Bunlar;

1. Çizge teorik yaklaşımı
2. Matematiksel programlama yaklaşımı
3. Yapay zeka temelli yaklaşım
4. Hiyerarşik olmayan yöntemler
5. Dizi tabanlı yöntemler
6. Hiyerarşik yöntemler
7. Sezgisel yaklaşım

### **3. Bulanik Kümelendirme ve K-Means Kümelendirme Yöntemleri**

#### **3.1. Bulanik Kümelendirme**

Bulanik kümelendirme, bulanik modellemede amaç kurallarını üretmek için sezgisel bir yaklaşım olarak ele alınır. Temelinde bulanik mantıktaki küme kavramı yatmaktadır. Bulanik kümelendirmede çıktı verisini birbirleriyle çakışan bulanik bölümlere ayırma söz konusudur. Her bir veri her bir gruba yada kümeye  $[0,1]$  aralığında üyelik derecesi ise ile aittir. Kümelendirme metodu küme sayısı, küme merkezleri ve uzaklık mesafeler, bulaniklaştırma derecesini gösteren ağırlık parametresi ve kullanılacak olan yöntemle çalışır.

Bulanik kümeleme yönteminin algoritması aşağıdaki gibidir;

Adım 1. Küme sayısını belirle

Adım 2. Üyelik fonksiyonunu seç

Adım 2. Durma kriteri değerini belirle

Adım 3. Başlangıç matrisini bul ve üyelik değerini hesapla

Adım 4. Grup merkezlerinin başlangıç konumlarını hesapla

Adım 5. Başlangıç konumlarına göre üyelik değerini güncelle

Adım 6. En son hesaplanan üyelik değeri ve bir önceki üyelik değeri arasındaki fark durma kriterinden küçük oluncaya kadar devam et.

Bulanik kümelendirme algoritması belirli bir problemi sezgisel olarak ele alması nedeniyle üç ana problemle karşılaşır [2];

1. Grup sayılarını önceden belirleyerek atama
2. Üstel ağırlığın seçimi için optimal seçimi herhangi bir teorik temelin ortaya atılmaması
3. Grup merkezlerinin uygun başlangıç konumlarının önceden belirlenmesi gerekir.

GT modern üretim sistemlerine başarılı bir şekilde uygulanabilen, temelinde teknolojik ve geometrik karakteristiklerle parçaların veya tezgahların gruplanması olarak ifade edilen bir teknolojidir. Çoğu araştırmacının parça-tezgah matrisini kullandığı GT ve hücreli imalat pek çok sezgisel ve analitik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Analitik yaklaşımların birçoğu bulanık matematikleri esas alan teknikleri kullanmışlardır. Bulanık kümelendirme algoritması da hücre oluşturma problemlerine uygulanabilen özelliği olan ve diğer kümelendirme teknikleri ile bütünlük olarak kullanılabilen bir tekniktir.

### **3.2. K-Means Kümelendirme Yöntemi**

K-Means kümeleme mobil küme merkezleri olarak bilinir. K-Means algoritması iki kısma ayrılır. Bunlardan ilki K bağımsız küme içindeki veri dosyasını meydana getirmek amacıyla gözlemleri ele alma, ikincisi ise her bir gözlemin hangi kümeye atanacağını gösterecek olan özellikleridir. Her bir veri dosyasına ait gözlem uzayda yerleştirilmiş bir nesne olarak düşünülmektedir. Algoritma, kümeye ait olan uzaklığın nesnelerin mümkün olduğu kadar yakın ve birbirlerinden mümkün olduğu kadar uzak olması gerektiği temeline dayanır. Kullanılan uzaklık parametresi kareli öklid uzaklık parametresidir.

Her bir küme nesnelere ve sentroid veya küme merkezleri tarafından tanımlanır. Küme merkezi, sentroid ve nesne arasındaki toplam uzaklığın minimum olduğu noktadır. Algoritmanın çalışabilmesi için küme sayısının önceden bilinmesi gerekmektedir ve temel olarak üç aşamadan oluşur;

- Merkezi random olarak belirlemek için başlangıç aşaması
- En yakın olan merkeze her bir gözlemi atamak için gerekli olan yeniden yerleşim aşaması
- Ağırlık merkezleri tarafından nesnelere yerleştirmek için merkezleşme aşaması

Bu aşamalar en iyi yakınsamanın elde edilmesi için tekrar edilir. Algoritma iteratiftir ve her bir nesne ve merkezi arasındaki toplam uzaklık minimize edilir. Algoritmanın çalışma şekli aşağıdaki gibidir; O nesnenin var olduğu ve ağırlık merkezine yakınlığı hesaplanmaya çalışılır.

- Adim 1. K içindeki veriyi P1, ..., Pk alt kümelerine ayır.  
 Adim 2. Her bir alt küme için C1,...Ck ağırlık merkezini hesapla.  
 Adim 3. Oi nesnesini Cj merkezine en yakın nesne ise atama yap.  
 Adim 4. Atanacak olan nesne kalmış ise 2. aşamaya geri dön.

#### 4. Örnek Uygulama

Örnek uygulamaya ilişkin veriler aşağıdaki gibidir. Veri seti, 14 makine ve 24 parçadan oluşmaktadır. M harfi tezgahları P harfi ise parçaları sembolize etmektedir. Matristeki 0-1 parçaların tezgahta işlem görüp görmediğini göstermektedir. 0 parçaların işlem görmediğini 1 ise işlem gördüğünü belirtmektedir (Şekil 1).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24
M1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
M4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
M5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
M6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
M7	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
M9	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
M11	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
M12	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M13	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
M14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 1. Parça-Makine Matrisi

Bulanık kümelendirme yapabilen NCSS DATA adlı bir program aracılığı ile algoritma çalıştırılmıştır. K-Means kümelendirme metodu için SPSS programı kullanılmıştır. Her iki metod içinde hücresele imalata yönelik kümelendirme uygulaması birkaç adımdan oluşmaktadır.

1. Satırlara tezgahlar, sütunlara da parçalar gelecek şekilde tezgah-parça matrisi girilir.
2. Küme sayısı belirlenir.
3. Tezgahlar kendi aralarında gruplanır
4. Satırlara parçalar, sütunlara da tezgahlar gelecek şekilde parça-tezgah matrisi tekrar girilir.
5. Parçalar kendi aralarında gruplanır
6. Tezgah ve parçalara ait gruplar tek bir matriste bir araya getirilir.

Seçilen veri seti için bu adımlardaki işlemler uygulanır. Tezgahları kendi arasında gruplamak için veri seti her iki programa da girilir. Şekil 2 de gösterilen veri setinde tezgahlar gruplanacak satırları, parçalar da bulanık gruplama için gerekli olan karakteristikleri temsil etmektedir.

Programların çalıştırılması sonucunda parça-makinelerin hangi kümeye ait olacağı ve üyelik dereceleri elde edilmiştir. Tablo 1 de. bu değerleri göstermektedir.

**Tablo 1.** Makine-Parça için oluşan kümelendirme degerleri

Makine	Bulanik Kümelendirme Sonuçlari	K-Means Kümelendirme Sonuçlari	Parça	Bulanik Kümelendirme Sonuçlari	K-Means Kümelendirme Sonuçlari
	Küme	Küme		Küme	Küme
M1	3	3	P1	3	1
M2	3	3	P2	3	1
M3	3	3	P3	1	2
M4	1	2	P4	1	2
M5	1	2	P5	2	3
M6	2	1	P6	1	1
M7	1	2	P7	1	1
M8	2	1	P8	1	1
M9	2	1	P9	2	3
M10	3	3	P10	2	3
M11	3	3	P11	2	3
M12	3	3	P12	2	3
M13	3	2	P13	2	3
M14	2	1	P14	2	3
			P15	2	3
			P16	2	3
			P17	3	1
			P18	1	1
			P19	3	1
			P20	3	1
			P21	1	2
			P22	2	3
			P23	3	1
			P24	1	2

Kümelendirme sonucunda elde edilen parça ve makine kümelerini yerlestirdigimizde sekil 2-3 de gösterilen görüntü elde edilir.

	P7	P6	P8	P3	P4	P18	P21	P24	P5	P14	P10	P9	P12	P16	P22	P15	P13	P11	P17	P20	P1	P2	P23	P19
M4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
M5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
M7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
M14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
M9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
M8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
M6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
M2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M11	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M10	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M12	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M13	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

**Sekil 2.** Bulanik Kümeleme ile makine-parça kümeleri sonucu

	P1	P2	P6	P7	P8	P17	P18	P19	P23	P20	P3	P4	P24	P21	P5	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P22
M6															0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
M8															1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
M14															0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
M9															1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
M1			1								0	0	0	0	1									
M2											1	1	0	0										
M3											1	1	0	1										
M10											1	0	1	0										
M11											1	1	1	1										
M12				1	1																			
M4	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1														
M5	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1														
M7	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0														
M13	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0														

Sekil 3. K-Means Kümeleme ile makine-parça kümeleri sonucu

#### 4.1. Kümelendirme Sonuçlarının Karsilastirilmesi

GT literatüründe tezgah hücresi ve parça ailesi oluşturma kriterleri olarak temelde bazı hususlar göz önüne alınmaktadır. İstisnai eleman sayısı, tezgah kullanım oranı, grup içerisindeki malzeme akisi gibi hususlar hücre oluştururken hesaba katılmaktadır. Genel olarak GT ile ilgili çalışmalarda 3 farklı değerlendirme kriteri hesaplanarak hücre oluşturma probleminin amacına ulaşip ulaşmadığını test edilebilmektedir. Bu kriterler;

1. Grup Verimliliği
2. Grup Etkinliği
3. Gruplama ölçüsü

Bu kriterler aşağıda ki gibi hesaplanmaktadır [6];

$$\text{Grup verimliliği} = \eta = q \cdot \eta_1 + (1 - q) \eta_2$$

$$\eta_1 = \frac{e_d}{\sum_{r=1}^k M_r \cdot N_r}, \quad \eta_2 = 1 - \left[ \frac{e_0}{m \cdot n \sum_{r=1}^k M_r \cdot N_r} \right]$$

$$\text{Grup Etkinliği} = r = 1 - \frac{e_0 + e_v}{e + e_v}$$

$$\text{Gruplama Ölçüsü} = \eta_p = \eta_u - \eta_m$$

$$\eta_u = \eta_1, \quad \eta_m = \frac{e_0}{e_d}$$

$e_d$  = Kösegen bloklardaki 1'lerin toplam sayısı

$e_0$  = Kösegen olmayan bloklardaki 1'lerin toplam sayısı

$k$  = Hücre sayısı



m = Tezgah sayısı  
n = Parça sayısı  
 $M_r = r$ . Hücredeki tezgah sayısı  
 $N_r = r$ . Hücredeki parça sayısı  
e = Toplam Operasyon sayısı  
 $e_v =$  Kösegen bloklardaki 1' ler disındaki eleman sayısı

Bulanik kümelendirme metodu elde edilen degerler;

$e_d = 56, e_0 = 3, k = 3, m = 14, n = 24, M_1 = 3, N_1 = 6, M_2 = 4, N_2 = 10, M_3 = 7, N_3 = 8, e = 59$   
 $e_v = 57$

Grup verimliliği =  $0.5 * 0.49 + 0.5 * 0.9934 = 0.7417$   
Grup Etkinliği = 0,483  
Gruplama Ölçüsü =  $0.49 - 0.05357 = 0.4364$

Bulanik kümelendirme metodu için degerler;

$e_d = 55, e_0 = 4, k = 3, m = 14, n = 24, M_1 = 4, N_1 = 10, M_2 = 4, N_2 = 4, M_3 = 6, N_3 = 10, e = 59$   
 $e_v = 45$

Grup verimliliği =  $0.5 * 0.474 + 0.5 * 0.99 = 0.237 + 0.495 = 0.732$   
Grup Etkinliği = 0.48  
Gruplama Ölçüsü =  $0.474 - 0.072 = 0.402$

## **5. Sonuçlar**

Elde edilen degerler ile birlikte K-Means Kümeleme Metodu ile bulanik kümelendirme metodu degerleri asagi yukari ayni çikmistir. Degerleri birbirine yakin oldugu için tam olarak hangi metodun iyi olduguna karar vermek oldukça güçtür. Yalnız yukarıda ki şekiller de görüldüğü gibi bulanik kümelendirme metodu ile kümeleneleyen hiçbir makine yoktur. Ancak K-Means kümeleme metodu ile M1 makinesi ve M12 makinesi tam olarak bir kümeye dahil edilememistir. Bu degerler göz önüne alındığında bu örnek açısından bulanik kümeleme metodunun K-Means kümeleme metoduna göre daha etkin ve daha verimli bir şekilde parça-makine grubu olusturduğu söylenebilir.



**References** (Referanslar)

- [1] A. Kadir Geyik, *Imalat Hücreleri Tasariminda Bulanik Mantik Yaklasimi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 2003
- [2] A. Göleç, *Özellik Tabanlı Bilgisayar Destekli Süreç Planlamada Bulanik Modelleme Yaklasimi*, Doktora Tezi, Sakarya, 2001
- [3] A. Kusiak and S.S. Heragu, *Group Technology*, *Computers Industrial Engineering*, 9:83-91, 1987
- [4] J.L. Burbidge, *Production Flow Analysis*, *Production Engineer*, 42:742-752, 1963
- [5] J.L. Burbidge, *The Introduction of Group Technology*, Heineman, London, 1975
- [6] P.T. Chang, E.S. Lee, *A Multisolution Method for Cell Formation Exploring Practical Alternatives in GT Manufacturing*, *Computer and Mathematics With Applications*, Vol. 40, 1285-1296, 2000
- [7] S. Erol, *Siparis Üzerine Üretim Yapan Bir Sistemde Hücresel Üretim Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2000
- [8] S. Grieu, A. Traore, M. Polit, J. Colprim, *Prediction of parameters characterizing the state of a pollution removal biologic process*, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 18, 559-573, 2005
- [9] U. Wemmerlov and N.L. Hyer, *Cellular Manufacturing in the US. Industry: A Survey of Users*, *IJPR*, 27(9): 1511:1530, 1989