

UÇAK GÖVDESİ MONTAJ ALANI İÇİN HÜCRE TASARIMI VE HÜCRE ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Bahar ÖZYÖRÜK*, Gülnur GÜRÜ

Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. End. Müh. Böl. 06570 Maltepe/Ankara

Özet

Geleneksel üretim sistemlerinin işleyişi içinde mevcut durumun etkinliğini artırmak için pek çok arayış vardır. Modern imalat yöntemlerinin çıkış noktası da üretim sistemlerinin yüksek miktarlarda üretim yapma özelliğini kazandırmaya çalışırken değişime ve gelişime kolay adapte olan bir yapılanma oluşturmaya çalışmaktır. Bu çalışmada atölye tipi üretim yaparak uçak gövdesi montajını gerçekleştiren bir firma ele alınmıştır. Bu firmada üretimin etkinliğini artırmak için ROC (Rank Order Clustering Method) Kümeleme Analizi tekniği kullanılarak imalat hücreleri tasarlanmıştır. Mevcut atölye tipi üretim ile oluşturulan hücrelerin karşılaştırılması, Grup Etkinliği değerleri hesaplanarak yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hücresel imalat, grup teknolojisi, grup etkinliği

CELL DESIGN AND DETERMINATION OF CELL ACTIVITY FOR AIRCRAFT BODY ASSEMBLY AREA

Abstract

In the functioning of traditional production systems to increase the effectiveness of the current situation, many are seeking. The emergence of modern manufacturing methods to produce high amounts of production system while trying to win feature adaptable to change and development, which is trying to create a structure. In this study, workshop-type production of the fuselage assembly has taken place in a company. To increase the efficiency of these firms produce in the ROC (Rank Order Clustering Method) Cluster Analysis technique was used to design manufacturing cells. Workshop-type cells induced the production of the current comparison, were calculated for Group Events.

Key words: Cellular manufacturing, group technology, group efficiency,

1.Giriş

Günümüzde tüm dünyada görülen küreselleşme sonucu, işletmelerin ayakta kalabilmesi ve rekabet edebilmesi için müşteri taleplerine kolaylıkla cevap verebilme esnekliğine sahip olması gerekmektedir. Bu da üretim sistemindeki hareket esnekliğine ve üretim çeşitliliğine bağlıdır. Basit süreçlerin yer aldığı sistemlerde, akış tipi üretim ile elde edilen tasarruflara eşdeğer tasarrufu, kesikli ve atölye tipi üretimde sağlamak amacı ile işletmelerde hücresel imalata geçiş yapmak gerekmektedir. Bu çalışmada, yığın üretim ve sipariş tipi üretim alanlarında oldukça önemli olan hücresel imalat ele alınmıştır. Hücresel imalat, belirgin parça ailelerinin işlem gördüğü sistemlerde kullanımı yaygınlaşan bir tekniktir. Bu çalışma, TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayi' nde, bilinen adıyla TAI' de hücresel imalat sistemi oluşturulmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği alan olan BOEING WICHITA montaj alanında hücre oluşturmak amacıyla ilk olarak hücresel imalat fikrinin sisteme uygulanabilirliği incelenmiştir.

* E-posta: bahar@gazi.edu.tr

Bu çalışma kapsamında literatür araştırması yapılarak hücresele imalatın, sisteme uygunluğu araştırılmıştır. Hücresele imalata geçiş için ROC algoritması ile bir başlangıç yapılmış, imalat hücreleri oluşturulmuştur. Farklı sayıda makinelerin yer aldığı üç imalat hücresi için hücrelerin etkinlikleri hesaplanmıştır. Grup etkinliğine önemli bir etkiye sahip olan karar parametresinin değişimi incelenmiştir. Karar parametresinin hangi değerinde hangi tip üretim sisteminin öne çıktığı tespit edilmiştir.

2. Literatür Araştırması

McCormick, Schweitzer ve White tarafından geliştirilen, Bond Enerji Analizi (BEA) yaklaşımında, makine-parça olay matrisinde blok diyagonaller oluşturmak için bond enerjisi değerleri hesaplanarak parça aileleri-makine grupları oluşturulması anlatılmıştır [1].

King ve Nakornchai tarafından geliştirilen “Sıralı Kümeleme Analizi” (Rank Order Clustering) makine ailelerini ve kümelerini ifade eden blok diyagonal yapılar oluşturulmaya çalışılarak bir uygun çözüm bulmayı amaçlar [2].

Chandrasekharan ve Rajagopalan’ın geliştirdiği, Düzeltilmiş Sıralı Kümeleme Analizi tekniği, gruplama analizinde gruplama etkinliğinin yalnızca makine-parçadan oluşan olay matrisinin, çok iyi bir seviyede blok diyagonal yapıda olmasına bağlı olmadığını, belirli bir grup bilgisini diğer bilgilerden ayırt edebilme derecesine de bağlı olduğunu göstermişlerdir [3].

Chan ve Miller, Doğrudan Kümeleme Analizi, yöntemini geliştirmişlerdir. Ortak makine ihtiyaçlarına ve operasyon sıralarına dayanan benzerlik ölçütleri ise Wei ve Kern tarafından ele alınarak incelenmiştir [4].

Singh ve Divakar’ın 1996’da yayınlanan çalışmalarında grup teknolojisinin imalattaki uygulaması olan hücresele imalatın yüksek hacimlerde üretim yapılan ve sürekli benzer iş akışlarından oluşan üretim sistemlerine uygulanarak sistemin verimliliğini arttırmayı amaçlandığı belirtilmiştir [5].

Karimi, Fatemi, Ghomi ve Wilson yaptıkları çalışmada, işletmelerde uzun, orta ve kısa dönemli olarak üç tip üretim planlama ufkunun varlığını vurgulamışlardır. Uzun dönemli planlama; ürün, ekipman, tesis yerleşimi, süreç seçimi gibi kararları içeren stratejik yaklaşımlardan oluşur. Orta dönemli planlama; genellikle MRP düzeyindeki planlama faaliyetlerini içererek, çeşitli maliyetleri minimize eden ve talebin karşılanmasını hedefleyen kafiye büyüklüklerinin belirlenmesine yönelik planlama faaliyetlerini içermektedir [6].

Techawiboonwong ve Yenraade, yaptıkları çalışmada birleştirilmiş bütünleşik üretim planlaması (Integrated APP) yani (IAPP-II) yaklaşımıyla çok ürünle imalat merkezlerinde işçi transferiyle Optimal Bütünleşik Üretim Planı’nın geliştirilmesi gerektiğini söylemişlerdir. “Spread-Sheet Solver” tekniğiyle gerçek durum üzerinde nasıl bir model geliştirilebileceği ortaya konulmuştur. Aynı zamanda optimal işgücü transferi sağlanmıştır [7].

Hyer ve Brown’de hücresele imalat sistemini oluşturan hücreleri belirli bir parça ailesine ait parçalara işlem uygulanmak üzere birbirine yakın uzaklıklara getirilmiş makine kümeleri olarak tanımlarken, bu hücrelerde yer alan hücrelerin üretim toleransları ve makine kapasiteleri gibi niteliklerin benzer olduklarını ifade etmişlerdir. Hücresele imalat tasarımı sürecinde yapılacak işleri, yapısal ve operasyonel kararlar olmak üzere ikiye ayırıp bu işleri tanımlamışlardır [8].

3. Hücresele İmalat ve Üretim Sisteminin Değerlendirilmesi

Hücresele imalat, çeşitlilik gösteren ürünleri mümkün olan en kısa sürede ve en az maliyetle üretmeye çalışan bir yaklaşımdır. Her bir hücre; iş istasyonlarının, makinelerin veya ekipmanların bir ürün veya birbirine benzer parça ailesinin üretilebilmesi için bir araya getirildiği, bekleme ve taşımayı minimize eden bir yapıdadır. Hücreler bir süreci, bir parçayı, tüm bir ürünü veya bir parça grubunu imal etmek için tasarlanabilir [9].

Birçok karmaşık veri arasından hücre oluşturmaya uygun spesifik bir yapı araştırılırken, hücre oluşturma probleminin çözümünde kullanılan genel yaklaşımlar kullanılabilir. Bu yaklaşımlar; Tanımlayıcı Teknikler, Kümeleme Analizi Teknikleri, Grafik Parçalama Teknikleri, Yapay Zeka Teknikleri, Matematiksel Programlama Teknikleri olarak sınıflandırılır.

Bu uygulamada kümeleme analizi tekniklerinden sıralı kümeleme analizi (ROC) uygulanmıştır. İlk olarak 1980 de King tarafından grup teknolojisinin uygulamalarında en çok kullanılan yöntemlerinden ürün akış analiziyle birlikte üretim planlama alanında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu yöntem, makine-parça ilişki matrisinin kurulmasından sonra matrisin ana köşegeni içerisinde, parça aileleri ve makine hücrelerini oluşturma ilkesine dayanır [10].

Makine-parça ilişki matrisinin satırlarını ve sütunlarını 2^n ile hesaplanan pozisyon ağırlıkları atanarak, her makine ve parça için, buldukları satır veya sütuna bağlı olarak, ağırlık dereceleri bulunur. Satırlar ve sütunlar için hesaplanan bu ağırlık dereceleri büyükten küçüğe sıralanarak, matrisin ana köşegeni üzerinde parça aileleri ve makine hücreleri elde edilir. Sıralı kümeleme analizi uygulanması için gereken işlem sırası aşağıda verilmiştir [10].

Adım-1: Parça rota kartlarının yardımıyla makine-parça ilişki matrisi oluşturulur. $X_{(i,j)}$ olarak tanımlanan matrisin satırlarında makineler, sütunlarda parçalar yer alır. Matris değerleri 0 ve 1'lerden oluşur. Eğer i. makede j. parça işleniyorsa $X_{(i,j)} = 1$, işlenmiyorsa $X_{(i,j)} = 0$ değerini alır.

Adım-2: Makine-parça ilişki matrisinde, her satıra sağdan sola doğru, her sütuna ise aşağıdan yukarı doğru, ikili düzende pozisyon ağırlığı verilir. Pozisyon ağırlığı 2^n şeklinde hesaplanır.

Adım-3: Her satır elemanı için, sütunların pozisyon ağırlıkları ile satırın atanan değeri (0 ya da 1) çarpılarak, satır ağırlık dereceleri bulunur.

Adım-4: Satırlar ağırlık derecelerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanırlar.

Adım-5: Elde edilen düzenleme, bir önceki düzenleme ile aynı ise Adım-9'dan, değilse Adım-6'dan devam edilir.

Adım-6: Her sütun elemanı için, satırların pozisyon ağırlıkları ile sütunun atanan değerleri (0 ya da 1) çarpılarak sütunun ağırlık dereceleri hesaplanır.

Adım-7: Sütunlar büyüklük derecelerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanırlar.

Adım-8: Elde edilen düzenleme, bir önceki düzenleme ile aynı ise işleme Adım-9'dan, değilse Adım-3'den devam edilir.

Adım-9: Parça aileleri ve makine hücreleri oluşturulur.

4. Veri Toplama ve Uygulama Çalışması

Çalışmanın ilk adımında hücresel imalatın sisteme uygulanabilirliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu açıdan, parçaların üretim sıraları ve çizimleri incelenerek, parça aileleri oluşturabilme olanakları araştırılmıştır. İşletmenin, Boeing Wichita üretim alanında ayrıntılı inceleme yapılmıştır. Bu alanda üretilen ürünlerin işlem sıraları ve süreleri öğrenilmiştir. Makinelerin listesi çıkarılmış, özellik ve fonksiyonları belirlenmiştir. Firmanın bu kısmında atölye tipi üretim yapılmaktadır. Yapılacak değişiklikler sonucunda, yeni hücrelerle hücresel imalatın avantajlarından yararlanılması hedeflenmiştir. Tasarlanan hücrelerle atölye tipinin esnekliği ve seri üretimin etkinliği birleştirilmeye çalışılmıştır.

İkinci adımda üretim akış analizi ile parça ailelerinin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Seçilen yöntemle göre parça bilgileri toplanır ve seçilen yöntemin ölçütüne göre (büyüklük, şekil, işlem sırası, teknolojik benzerlik vs.) benzer özellikleri gösteren parçalar aynı grupta olacak şekilde, parça aileleri oluşturulur. Seçilen yöntem olan üretim akış analizi aşağıda adım adım uygulanmıştır. Üretim Akış Analizi yöntemi uygulanmak istendiğinde temel olarak iki veriye ihtiyaç vardır. Bunlar parça rotaları ve makine listeleridir. Oluşturulan ürün ve izledikleri rota Tablo.1' de verilmiştir.

Üçüncü adım işlemlerin gruplanmasıdır. 32 farklı ürünün sırasıyla hangi makinelerden geçtiğini gösteren tablo EXCEL sayfasına aktarıldığında, satırlar makineleri, sütunlar ise ürünleri ifade edecektir. İçi boş olan hücreler ilgili sütundaki ürünün ilgili satırdaki makede işlem görmediğini belirtir. "1" değerini alan hücreler ise ilgili ürünün o makede işlem gördüğünü göstermektedir. Bu matris ürün-makine ilişkisini gösteren ilişki matrisinin başlangıç atamasıdır.

Bu adımlara göre çözüm MICROSOFT EXCEL' de gerçekleştirilmiştir. Parça-makine ilişki matrisinde, her satıra ve sütuna sağdan sola ve yukarıdan aşağıya doğru, ikili düzende pozisyon ağırlığı verilir. Pozisyon ağırlığı 2ⁿ şeklinde hesaplanmıştır. Daha sonra, hesaplanan pozisyon ağırlıkları matrisin her satırı için 1 değerleri ile çarpımlarının toplamı alınarak toplam değerler bulunur. Bu değerler azalan sıraya göre sıralanır. Satırları düzenlenmiş olan bu tablonun bütün sütunlarının ilgili 1 değerleriyle çarpımlarının toplamı alınarak her sütun için toplam değerler bulunur. Sütunlar, bu değerlerin azalan sırasına göre sıralanır. Tekrar bir satır, bir sütun sıralama şeklinde ard arda işlemler büyükten küçüğe olan sıralamalar değişmeyinceye kadar devam eder. İşlemlere her satır ve sütun için, her elemanın pozisyonunda bir değişiklik olmayana kadar devam edilmiştir.

Ürün	Rota
S180	747 - 239 - 109 - 551 - 864 - 422 - 407 - 747 - 645 - 022 - 230 - 117 - 220 - 003 - 127 - 133 - 004 - 194
V024	747 - 239 - 004 - 211 - 420 - 270 - 422 - 407 - 747 - 645 - 022 - 230 - 117 - 220 - 003 - 864 - 127 - 133
V025-A	747 - 239 - 109 - 102 - 420 - 551 - 211 - 270 - 423 - 407 - 747 - 645 - 022 - 230 - 117 - 220 - 003 - 864
V025-B	239 - 109 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 230 - 117 - 220
V083-A	747 - 239 - 005 - 251 - 211 - 660 - 103 - 240 - 211 - 660 - 420 - 194 - 422 - 407 - 747 - 645 - 022 - 003 - 864 - 127 - 240 - 2
V083-B	747 - 239 - 005 - 211 - 211 - 270 - 420 - 194 - 422 - 407 - 747 - 645 - 022 - 003 - 864 - 109 - 270 - 111 - 235
V084-A	748 - 239 - 005 - 251 - 211 - 660 - 103 - 240 - 211 - 211 - 420 - 660 - 194 - 422 - 407 - 748 - 230 - 117 - 003 - 022 - 109 - 194 - 648 -
V084-B	747 - 239 - 005 - 211 - 211 - 420 - 194 - 422 - 407 - 747 - 645 - 022 - 230 - 133 - 109 - 111
V085-A	747 - 239 - 211 - 270 - 422 - 407 - 747 - 645 - 022 - 230 - 003 - 109
V085-B	239 - 004 - 003 - 127 - 235 - 248 - 211 - 211 - 420 - 270 - 422 - 407 - 748 - 648 - 022 - 003 - 864 - 127 - 109 - 270
V085-C	747 - 239 - 102 - 211 - 270 - 420 - 194 - 422 - 407 - 747 - 747 - 645 - 022 - 003 - 864 - 127 - 109
V090	747 - 239 - 109 - 420 - 423 - 407 - 747 - 747 - 645 - 022 - 003 - 127
V181	747 - 653 - 211 - 422 - 407 - 747 - 645 - 022 - 864 - 653
V212	747 - 239 - 117 - 420 - 270 - 423 - 407 - 747 - 645 - 022 - 117 - 003 - 864 - 270
V226	239 - 407 - 230 - 003 - 747 - 645 - 022 - 133 - 422 - 420 - 211 - 270 - 005 - 248 - 106 -
Y190-A	748 - 239 - 109 - 420 - 551 - 402 - 864 - 422 - 407 - 748 - 748 - 648 - 022 - 003 - 864 - 420 - 653 - 240 - 251
Y190-B	748 - 239 - 109 - 864 - 420 - 551 - 402 - 422 - 407 - 748 - 748 - 648 - 022 - 117 - 003 - 864 - 133 - 420 - 653 - 240 - 251 -
Y179-A	748 - 239 - 109 - 420 - 551 - 402 - 211 - 420 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 230 - 117 - 003 - 133 - 653 - 240 - 251 - 248
Y179-B	748 - 239 - 109 - 420 - 551 - 102 - 420 - 402 - 660 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 117 - 220 - 003 - 127 - 133 - 194 - 653 - 240 - 251 - 248
Y179-C	748 - 239 - 109 - 864 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 230 - 117 - 220 - 003 - 127 - 133 - 420 - 211 - 653 - 240 - 251
Y295	748 - 239 - 109 - 420 - 864 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 230 - 117 - 220 - 003 - 127 - 004 - 194 - 211 - 653 - 240 - 251
Y169	748 - 239 - 109 - 551 - 420 - 402 - 864 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 230 - 117 - 003 - 127 - 133 - 270 - 653 - 240 - 005 -
Y136	748 - 239 - 109 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 230 - 003 - 133 - 004 - 653 - 240 - 251 - 660
V019	748 - 239 - 211 - 270 - 420 - 551 - 402 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 220 - 003 - 133 - 004 - 109 - 653 - 251 - 103 - 660
W204	748 - 239 - 109 - 420 - 551 - 402 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 747 - 133 - 004 - 102 - 653 - 251 - 005 - 106
W246	748 - 239 - 109 - 420 - 551 - 420 - 402 - 422 - 407 - 748 - 648 - 022 - 003 - 422 - 653 - 251
W291-A	748 - 239 - 109 - 864 - 420 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 864 - 004 - 653 - 106
Y520	748 - 239 - 211 - 270 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 003 - 004 - 653 - 005
Y395	748 - 239 - 109 - 111 - 420 - 551 - 402 - 211 - 270 - 423 - 407 - 748 - 648 - 022 - 003 - 004 - 653 - 005 - 103 - 248
W291-B	748 - 239 - 109 - 420 - 551 - 402 - 422 - 407 - 748 - 648 - 022 - 230 - 220 - 003 - 127 - 133 - 004 - 653 - 240 - 251 - 005 - 103 - 248
Y190-C	239 - 004 - 220 - 211 - 211 - 420 - 660 - 423 - 407 - 747 - 747 - 747 - 645 - 022 - 230 - 003 - 109 - 653 - 240 - 251 - 648 - 402 - 005 - 103 - 248 - 106
Y190-D	239 - 407 - 230 - 220 - 003 - 022 - 004 - 422 - 211 - 102 - 748 - 653 - 240 - 251 - 402 - 005 - 248 - 106

Tablo1: Ürünler ve izledikleri rotalar

Daha sonra Diyagonal seçimlerle makineler birleştirilerek iki farklı çözüm yapılmıştır. Yapılan çözümlerin her bir çözümde 3 adet hücre oluşturulmuştur. İlk çözüm için bu 3 hücrede bulunması gereken makineler ve işlenmesi gereken ürünler sırasıyla Tablo.2a, 2b, 2c 'de, verilmiştir.

Tablo 2.a. İlk çözüm için Hücre-1’de bulunması gereken makine ve ürünler

Makineler	Ürünler
239	S180
407	V024
230	V025-A
117	Y179-C
220	Y295
003	V025-B
864	Y169
747	Y179-A
645	Y190-C
022	W291-B

Tablo.2.b. İlk çözüm için Hücre-2’de bulunması gereken makine ve ürünler

Makineler	Ürünler	
551	V019	Y190-D
194	V085-C	V226
420	V083-A	V085-A
211	V083-B	Y136
270	V085-B	V084-B
423	Y190-A	Y179-B
102	V090	V212
748	Y395	Y190-B
	Y520	W246
	W291-A	

Tablo 2.c. İlk çözüm için Hücre-3’te bulunması gereken makine ve ürünler

Ürünler	Makineler			
W204	653	402	106	648
V084-A	240	5	660	248
V181	251	103	111	235

Yapılan ikinci çözümde 3 hücrede bulunması gereken makineler ve ürünler belirlenerek sırasıyla Tablo.3a, 3b ve 3c’de verilmiştir

Tablo 3a. İkinci çözüm için Hücre-1’de bulunması gereken makine ve ürünler

Makineler			Ürünler	
747	109	220	S180	Y179-A
645	551	3	V024	Y190-C
22	194	864	V025-A	W291-B
127	239		Y179-C	
133	407		Y295	
4	230		V025-B	
422	117		Y169	

Tablo3b. İkinci çözüm için Hücre-2’de bulunması gereken makine ve ürünler

Makineler		Ürünler			
748	420	Y190-D	V085-C	Y179-B	Y395
653	211	V226	V083-A	V212	Y520
240	270	V085-A	V083-B	Y190-B	
251	423	Y136	V085-B	V019	
	102	V084-B	Y190-A	V090	

Tablo 3c. İkinci çözüm için Hücre-3’te bulunması gereken makine ve ürünler

Makineler			Ürünler	
248	106	648	W246	V181
235	660	402	W291-A	V084-A
103	111	5	W204	

5.Hücre Ekinliklerinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi

Uygulama yapılan işletmede hücrenel üretime geçilmesi durumundaki parça ailelerini ve makine gruplarını gösteren çözümler elde edilerek daha önceki bölümde sunulmuştur. İşletmenin hangi üretim sistemi yapısında daha etkin çalışacağı, grup etkinliği ölçümü ile ortaya konmaktadır. Burada amaç, değişik α (karar parametresi) değerleri için grup etkinliği değerlerini karşılaştırmak ve hangi α değerinde, hangi üretim sistemi yapısının öne çıktığını belirlemektir. Uygulama işletmesinde hücrenel imalat sistemi ve atölye tarzı üretim sistemine ilişkin grup etkinliği ölçümleri μ_1 (hücreler arası akış etkinliği), μ_2 (hücre içi akış etkinliği), μ (grup etkinliği) hesaplanmıştır. Çözümlerde ilişki matrisinden elde edilen veriler Tablo 4 ve Tablo 5’ de sunulmuştur.

Tablo 4. Birinci Çözüm Grup etkinliği için ilişki matrisinden elde edilen veriler

Hücre No	Tezgah Sayısı	Diyagonal Blok Alanı	Diyagonal Bloktaki '1'ler	Diyagonal Bloktaki 0'lar
1	15	150	107	43
2	8	152	68	84
3	12	36	12	24
Toplam		338	187	151

Birinci çözümde, Hücrelerin grup etkinliği için;

Toplam '1' sayısı = **503**

İstisnai elemanların sayısı = $503 - 187 = 316$

$\mu_1 = 1 - (316 / 503) = 0.371769 = \% 37.1769$

$\mu_2 = 187 / 338 = 0.553254 = \% 55.3254$

Tablo 5. İkinci Çözüm Grup etkinliği için ilişki matrisinden elde edilen veriler

Hücre No	Tezgah Sayısı	Diyagonal Blok Alanı	Diyagonal Bloktaki '1'ler	Diyagonal Bloktaki 0'lar
1	17	170	114	56
2	9	153	73	80
3	9	45	9	36
Toplam		368	196	172

İkinci çözümde Hücrelerin grup etkinliği için;

Toplam '1' sayısı = 503

İstisnai elemanların sayısı = 503 – 196 = 307

$\mu_1 = 1 - (307 / 503) = 0.371769 = \% 38.96$

$\mu_2 = 196 / 368 = 0.532608 = \% 53.2608$

Uygulama işletmesinin atölye tarzı üretim sistemi için grup etkinliği ölçümü de, atölyenin tek bir hücreye sahip olduğu varsayımıyla belirlenir.

Toplam '1' sayısı = 503

Toplam alan = 1120

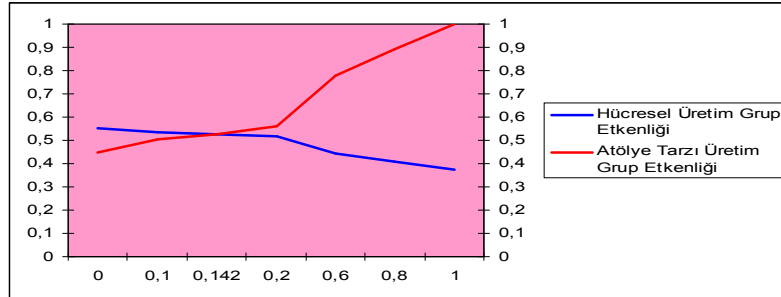
$\mu_1 = 1 - (0 / 893) = 1 = \% 100$

$\mu_2 = 503 / 1120 = 0.4491 = \% 44.91$

İşletmedeki karar verici tarafından belirlenen α 'nın, değişik değerleri için hücrel üretim ve atölye tipi üretime ilişkin grup etkinliği değerleri hesaplanarak Tablo 6 ve Tablo 7 oluşturulmuştur. Elde edilen bu sonuçlara dayalı olarak Şekil.1, ve Şekil 2 de verilen grafikler çizilmiştir.

Tablo 10. Birinci çözümde farklı alpha değerleri için μ değerleri

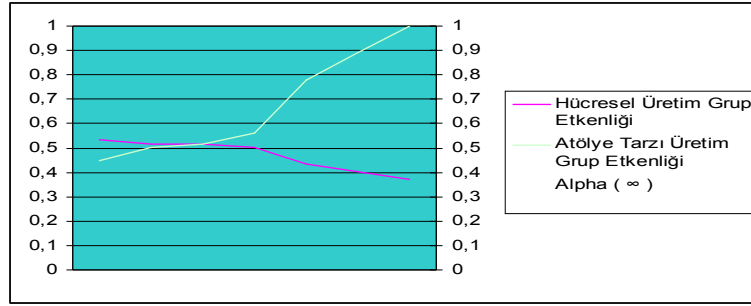
Alpha (α)	Hücrel Üretim Grup Etkenliği	Atölye Tarzı Üretim Grup Etkenliği
0,00	0,553254	0,4491
0,10	0,535106	0,50419
0,142	0,52748313	0,5273278
0,20	0,516957	0,55928
0,60	0,444363	0,77964
0,80	0,408066	0,88982
1,00	0,371769	1



Şekil 1. Birinci çözümde atölye tarzı üretim ve hücrel üretim için μ değerleri karşılaştırılması

Tablo 11. İkinci çözümde farklı alpha değerleri için μ değerleri

Alpha (α)	Hücrel Üretim Grup Etkenliği	Atölye Tarzı Üretim Grup Etkenliği
0	0,532608	0,4491
0,1	0,5165241	0,50419
0,117329527	0,513736836	0,513736836
0,2	0,50044	0,55928
0,6	0,4361046	0,77964
0,8	0,403937	0,88982
1	0,371769	1



Şekil 2. İkinci çözümde atölye tarzı üretim ve hücresele üretim için μ değerleri karşılaştırması

Birinci çözümde α değeri 0,142'den küçük değerleri için hücresele üretimin etkinliğinin daha yüksek olduğu görülmektedir. İkinci çözümde ise 0,117'den küçük α değerleri için hücresele üretimin daha etkin olduğu görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında ilk çözümün etkinlik aralığının daha büyük olduğu görülmektedir. Kısacası ilk çözüm ikinci çözüme göre daha etkindir. Ancak her iki gruba ait etkinlik ölçümlerinin karşılaştırılması sırasında, bazı varsayımların kesinlikle unutulmaması gerekir. Burada karar alıcı kişinin hücrelerarası akış ya da makinelerin daha fazla kullanımı seçeneklerinden herhangi biri yönünde yaptığı tercih α değerini, bu da üretim sistemi yapısını belirler.

6 . Sonuç

Hücresele üretim, atölye tarzı veya kesikli tip üretimlerde gözlenen en son teknolojik yeniliklerden biridir. İşlevsel olarak birbirinden farklı makinelerin hücre olarak tanımlandığı ve bir grup parçanın üretimi için kullanıldığı hücresele üretim sistemlerinin tasarımında ilk aşama hücre oluşturmaktır. Grup teknolojisi felsefesinin üretim ortamına uygulanması olarak tanımlanan hücresele üretimde, sistem tasarımı yapılırken başta alınan kararlar ve bu kararlar doğrultusunda gerçekleştirilen “hücreler” , diğer tüm kararların bu belirlemelere dayandırılmaları nedeniyle çok önemlidir. Etkin bir üretim sistemi tasarımı, uzun zaman alan bir çalışmadır. Böyle bir çalışmada grup teknolojisi yaklaşımının kullanımı, basit ve etkin bir malzeme akış sisteminin kurulmasını ve bunun üretim sisteminin tüm aşamalarına yayılmasını amaçlamaktadır. Hücresele üretim sisteminin temelinde yatan olgu, küçük bir sistemin etkin ve kontrol edilebilir olma özelliğini büyük sisteme yansıtabilmesidir [11].

Çalışma kapsamında yer alan uygulama örneği, firmanın montaj alanında, hücresele üretim sisteminin ilk basamağını teşkil eden hücre oluşturma aşamasını içermektedir. Bu amaçla parçaların izledikleri rotalara bağlı olarak oluşturulan 0-1 matris, ROC algoritması kullanılarak çözümlenmiş ve sonuçta üretim sistemi 3 farklı hücreye ayrılmıştır. Hücrelerin oluşturulması sırasında tezgah sayılarının artırılması ve istisnai eleman sayısının azaltılması yönünde alınmış olan kararlar, çözüme ilişkin sonuçları etkileyen kararlardır. İşletmenin hangi üretim sistemi yapısında daha etkin çalışacağı, grup etkinliği ölçümü ile hem hücresele, hem de atölye tipi üretim için hesaplanmıştır. Elde edilen çözüm sonucunda, işletmede bulunan karar verici tarafından hangi üretime geçileceğine karar verilebilir.

Hücresele üretim sisteminin uygulanacağı işlemlerin atölye tarzı üretim yapan, oldukça fazla ürün çeşitliliğine sahip ve paralel tezgahları bulunan, teknolojik açıdan en azından bir miktar gelişmiş, ortamın üstünde bir ölçüğe sahip işletmeler olması, alınacak sonuçların uygulanabilir olması açısından önemlidir. Uygulamanın yapıldığı işletme tüm bu özellikleri bünyesinde barındıran bir işletmedir. Az iş üreten, paralel tezgahlara sahip olmayan işletmelerde bu tür bir uygulamaya geçilmesi hiçbir anlam ifade etmeyecektir.

Yönetim kademesi, hücresele üretim sistemi uygulamasında, işlevsel, örgütsel ve stratejik alanlardaki kararları alırken sistemi etkileyecek faktörleri değerlendirmelidir.

Kaynaklar

- [1] McCormick, W. T., Schweitzer, P. J., White, “Problem decomposition and data reorganization by a cluster technique”, *European Journal of Operations Research*, 20: 993-1009 (1972)
- [2] King, J. R., Nakornchai, V. , “Machine-component group formation in group technology: review and extension”, *International Journal of Production Research*, 20:117-133 (1982).

- [3] Chandrasekharan, M. P., Rajagopalan, R., “MODROC: an extension of rank order clustering for group technology”, *International Journal of Production Research*, 24: 1221-1233 (1986).
- [4] Chan, H. M., Miller, D. A., “Direct clustering algorithm for group formation in cellular manufacturing” *Journal of Manufacturing Systems*, 1:65-74 (1982).
- [5] Singh N., Divakar R., “**Group Technology Systems Design, Planning and Control**”, Chapman & Hall London, UK (1996)
- [6] Karimi B., Fatemi Ghomi S. M. T. and Wilson J. M., “The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms,” *Omega* 3, 5 , 365-378 (2003)
- [7] Techawiboonwong A., Yenraade P., “Aggregate Production Planning with Workforce Transferring Plan for Multiple Production Types”, *Production Planning & Control*” Vol.14, 5: 447–458 (2003)
- [8] Hyer, N. L, Brown, K. A., “The Discipline of Real Cells”, *Journal Of Operations Management*, 17:557-574 (1999)
- [9] Olexa, R.,”When Cells Make Sense”, *Manufacturing Engineering*, 128: 45-51 (2002)
- [10] King JR , Machine component group formation in group technology. *Omega* 8:193–199, (1980a)
- [11] Atalay N., Birbil D., Demir N., Yıldırım Ş., “**KOBİ’lerin Esnek Üretim Sistemleri Yönünden İrdelenmesi ve Bir Uygulama**”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları:632, Ankara, 18-80, (1998)