

UÇAK İTKİ TAKATİNİN SEGMENTASYONU

OĞUZ BEKTAŞ ¹
İstanbul Medeniyet
Üniversitesi, İstanbul

ÖZET

Bir hava aracı, motor takati, etki eden kontrol yüzeyleri ve kuvvetler neticesinde bulunduğu yükseklikten farklı bir irtifaya erişir. Uçak gibi havadan ağır hava araçlarının sahip oldukları itki sistemleri, bu uçuş irtifasına bağlı olarak gereken farklı seviyelerdeki itki takatini üretmelidir. Motor takat seviyelerinin segmentasyonu, ölçülen parametrelerin benzerlikleri üzerinden bulunan bölüt sentroidlerine olan yakınlıklar ile hesaplanabilir. Burada amaç, benzer itki düzeylerine sahip öbekleri ayırmak ve takımlara bölmektir.

Kohonen ağları algoritması bu tür segmentasyon için kullanılan popüler bir algoritmadır. Bu modelde, veri kümeleri hakkında çıktı verisine ihtiyaç duyulmamakta ve küme sınıflandırmasının önceden belirtilmesi gerekmemektedir. Bu method, çok boyutlu uzaydaki uçak takati girdilerinin daha az boyutlu hedefler haline getirilmesi için segmentasyonu sağlar. Haritalama merhalesiyle bu ağlar, gelen yeni girdiyi gözetimsiz olarak doğru sınıflandırmak için çalışır ve optima'yı bulmak için yinelenerek uygulanır.

GİRİŞ

Havacılık sistemlerinden elde edilen veriler ile ilgili araştırmalar uzun bir geleneğe sahiptir. Son yıllarda literatürde en popüler olan alanlardan biri ise uçak itki takati verilerinin analizidir. Bu alan, gün geçtikçe daha komplike yapılardan oluşan yöntemler ve algoritmaların zenginliği ile olgunlaşmaktadır. Bu ilerlemelerin neticesinde, "Büyük Veri" ve "Nesnelerin İnterneti"

¹Öğretim Görevlisi Dr., Makine Müh. Böl., E-posta: oguz.bektas@medeniyet.edu.tr

konusundaki çalışmaların artması ve güncel uygulamalar ile verilerin daha detaylı analiz edilebilmesi kilit bir öneme sahiptir [Bektaş, 2020]. Özellikle uçak itki takati verilerinin tekil olarak segmentasyonu, sağlıklı bir analiz açısından önemlidir ve burada yapılan katkılar havacılık açısından geniş bir uygulanabilirlik alanı sunar. Bu nedenle, itki verilerinin Kohonen ağları ile işlenmesi havacılık alanına katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

Artan sektör beklentileri, teknolojideki gelişmeler, veri büyüklüğünden kaynaklanan yeni analiz yöntemleri ve nesnelerin interneti gibi ortaya çıkan yeni eğilimler, literatüre artmakta olan bir ilgi getirmektedir. Bu ilgi nedeniyle birçok çalışma, itki sistemleri veya motor takati üzerine yeni uygulamalar geliştirmiştir. Bu bağlamda, Miller ve Kitaljevich [2000] uçak itki sistemleri durum değerlendirmesi için yakıt kalıntı sensörlerinin tanımlamaları konusunu işlemiş ve analizini yapmıştır. İtki sistemi yardımcı üniteleri üzerine ise, Yu ve Zhang [2010] uçak motoru pervane sisteminde anlık açısız hız ve krank milinin hızlanmasının sinyal işleme ile belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Çatlak ve benzeri hasarları uçak itki sistemlerinde vibroakustik tanısı üzerine Bouraou ve Sopilka [2010] çalışmıştır. Enright, Hudak, McClung, ve Millwater [2006] ise uçak motor bileşenlerinin prognozu için kırılma mekaniği üzerine yoğunlaşmıştır. İlerleyen teknolojilere bir cevap olarak, Nickerson ve Lally [2001], uçak itki sistemleri sağlamlık yönetimi için akıllı kablolu ağı bağlanabilir bir sensörün geliştirilmesi konusunu işlemiştir. Bu çalışmalara rağmen, ortaya çıkarılan algoritmaların daha iyi anlaşılabilmesi için kullanılabilecek olan itki takati ile verilerin segmentasyonu hakkında çok az şey bilinmektedir ve özellikle gözetimsiz öğrenme kullanılarak bölütleme yapılması hakkında yeterli bir literatür yoktur.

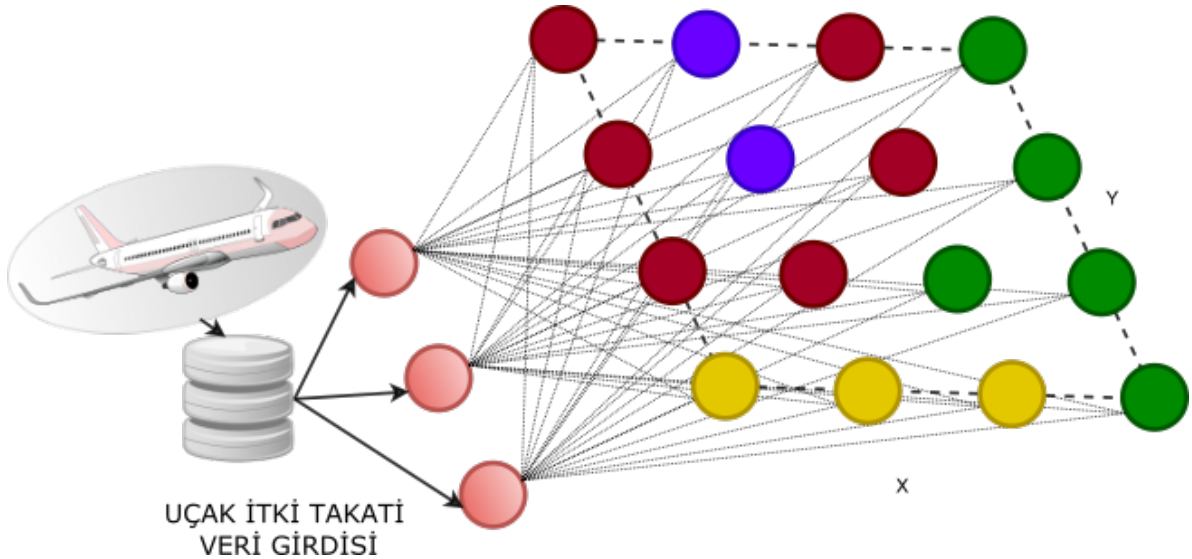
İtki takati verilerinin segmente edilmesi amacıyla bu çalışmada, büyük veri girdilerini işlemede kolaylığı ve eğitim esnasında önceden mevcut etiketi olmayan veri setindeki kalıpları belirlemedeki yeterliliğinden dolayı Kohonen ağları algoritması [Kohonen, 1990, 2001] seçilmiştir. Her ne kadar yapay sinir ağlarının (YSA) bir çeşidi olarak bilinse de, bu ağlar hem yapısı hem de algoritmik özellikleri ile tipik bir YSA'dan farklıdır. Bu model hata düzeltme (error correction) öğrenmesinin (gradyan inişli geri yayılım gibi) aksine rekabetçi öğrenme uygulamaktadır ve giriş alanının topolojik özelliklerini korumak için bir komşuluk fonksiyonu kullanır (bkz Şekil 1).

YÖNTEM

Kohonen ağları (ya da yaygın kullanılan ismi ile Özdüzenleyici haritalar), yapay sinir ağlarının görece daha kolay bir biçimdir ve gözetimsiz eğitim kullanmak üzere tasarlanmışlardır [Kohonen, 1990, 2001; Wittek, Gao, Lim, ve Zhao, 2013]. Bölütleme için kullanılan bu algoritmaya göre, girdi verisinden çıkarılan özelliklerden, bölütlenmek istenen yeni verinin daha önceki verilere olan yakınlığına bakılır. Bu model, Teuvo Kohonen tarafından 1980'lerde ortaya konulmuş [Kohonen, 1982] ve o tarihten günümüze kadar başarılı bir çok kümeleme uygulamasında kullanılmıştır.

Özdüzenleyici Haritalar Algoritması aşağıda sıralı verilen aşamalar ile uygulanır:

1. Ağda bulunan nöronların ağırlık değerleri randomize olarak ilklereyerek süreç başlatılır.



Şekil 1: Uçak itki takati segmentasyonunu gösteren ve kendi kendini düzenleyen Kohonen ağları şeması

2. Eğitim için girilen veri setinden rastgele olacak şekilde bir vektör seçimi yapılır
3. Nöronlar, içlerinden hangisinin sahip olduğu vektör ağırlığının giriş vektörüne en çok benzediğini hesaplamak üzere incelemeye tabi tutulurlar. Kazanan nöron "En İyi Eşleştirme Birimi (EB)" olarak seçilir.
4. Devamında, En İyi Eşleştirme Biriminin çevresi bulunur ve komşuların sayısının giderek azalması sağlanır.
5. Kazanan ağırlık değeri, örnek vektör olacak şekilde konumlandırılır ve çevresindeki komşular da aynı şekilde örnek olarak kabul edilir. Nöronların ağırlık katsayısı En İyi Eşleştirme Birimine olan uzaklıklarına orantılı olarak değiştirilir ve giriş vektörüne daha yakın bir konuma çekilir.
6. N tekrarlama boyunca 2. aşama ve sonrası tekrar edilerek uygulanır.

Yukardaki algoritma, veri girişinin, $X = \{x(t) | t \in (t_0, t_1, \dots, t_f)\}$, bir nöral ağ yapısındaki, $M = \{n_1, n_2, \dots, n_k\}$, nöronlara haritalanmasını sağlayan doğrusal olmayan bir topoloji oluşturur. Ağda bulunan nöronlar, ilişkili oldukları ağırlık vektörleri ile birlikte bir grid (ızgara) üzerinde aşağıda bulunan şekilde düzenlenir [Kohonen, 1990, 2001; Wittek, Gao, Lim, ve Zhao, 2013].

$$W = w_1(t), w_2(t), \dots, w_k(t) \quad (1)$$

ve böylece her bir veri noktası En İyi Eşleştirme Birimi'ne doğru haritalanır.

$$EB(x(t)) = nb \in M \quad (2)$$

Uzaklık (mesafe) fonksiyonu, d , hesaplanarak nöronlar 2 boyutlu bir düzlemde, ızgara üzerinde iki koordinatı olacak biçimde hizalanır.

$$d(x(t), w_b(t)) \leq d(x(t), w_j(t)), \quad \forall w_j(t) \in W, \quad (3)$$

Buradaki nöronlar iki boyutlu bir harita üzerinde düzenlenmiştir. Her nöron, bir ızgara üzerinde iki koordinata sahiptir. Daha sonra, en iyi eşleşen nöronun ve komşularının ağırlık vektörü, aşağıdaki denklem kullanılarak giriş paternine ayarlanır.

$$w_j(t+1) = w_j(t) + h_{bj}(t) (x(t) - w_j(t)) \quad (4)$$

buradaki komşuluk fonksiyonu, $h_{bj}(t)$, genellikle Gauss fonksiyonu şeklindedir.

$$h_{bj} = \alpha(t) \exp \left(\frac{-\|r_b - r_j\|}{\delta(t)} \right) \quad (5)$$

α bir öğrenme faktörü olup genel olarak zamanın ters fonksiyonudur. r_b ve r_j ise nöronların koordinatlarıdır. Ağırlık değer güncellemeleri toplu olarak aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$w_j(t_f) = \frac{\sum_{x'=t_0}^{t_f} h_{bj}(t') x(t')}{\sum_{x'=t_0}^{t_f} h_{bj}(t')} \quad (6)$$

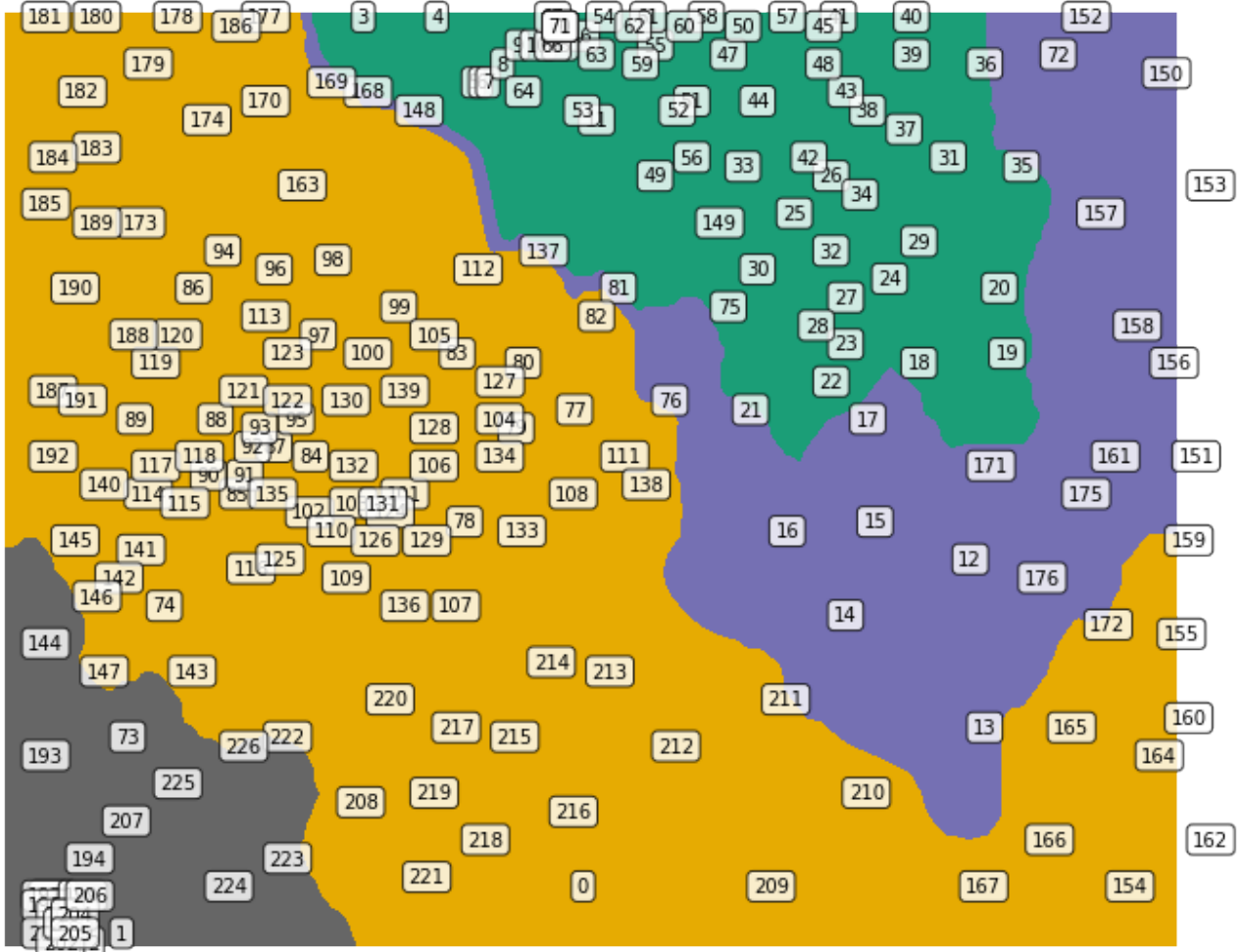
Tablo 1: Kohonen Ağları için Veri Girdileri

Parametre Adı	Başlık	Birim
Belirtilen Hava Hızı - Indicated Airspeed	g_sen.ias	mph
Hız - Velocity	g_sen.ub	ft/sec
Dikey Hız - Vertical Velocity	g_sen.wb	ft/sec
Motor Takati - Engine Thrust	g_eng.thrust[0]	lbs*ft/sec^2

UYGULAMALAR VE DEĞERLENDİRME

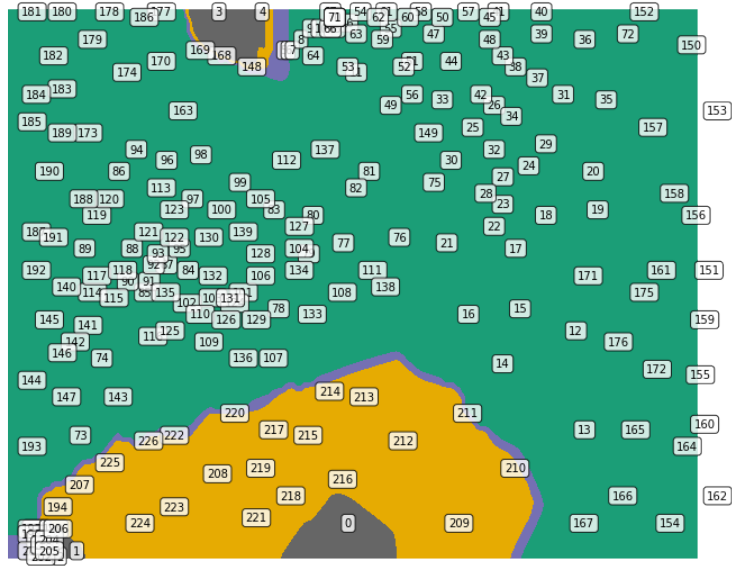
Çalışmada kullanılan kaynak, ARC'deki Akıllı Uçuş Kontrol grubu tarafından kullanılan uçuş simülatörü "FLTz" baz alınarak simüle edilmiş bir veri setidir [Oza, 2011]. Uçuşlar, San Francisco Uluslararası Havalimanı'ndan (SFO) başlayarak ve yaklaşık olarak aynı yerde biten rastgele oluşturulmuş dairesel uçuş yollarından geçecek biçimde önceden programlanmıştır ve bilinen hiçbir anormal uçuş dahil edilmemiştir [Oza, 2011]. Uçuşlar farklı kademeleri içermektedir ve 36 parametreden oluşan bir veri seti sağlamaktadır. Eldeki kaynakta, 15 ila 40 dakika arasında değişen ve 1Hz hızında örneklenen toplam 20 uçuş olsa da [Oza, 2011]

çalışmaya sadece ilk uçuş dahil edilerek Kohonen ağları uygulanmıştır. Ayrıca sunulan algoritmaya tüm veri parametreleri girilmeden sadece uçak itki takati, (thrust Engine Thrust, g_eng.), ve bu parametreye etki edeceği düşünülen hız parametreleri girilmiştir, bkz Tablo 1. Görseller için bu veriler küçültülerek zaman serileri seçilip indirgenmiştir.

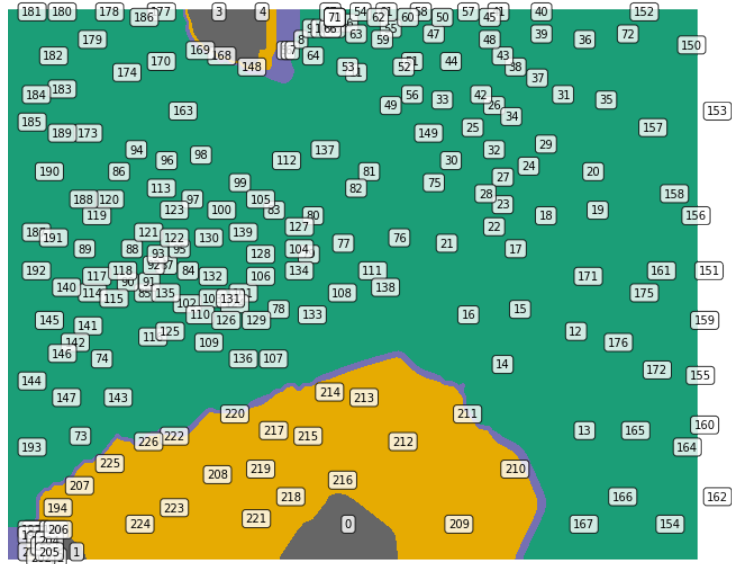


Şekil 2: Motor Takati Bölüt Katmanları

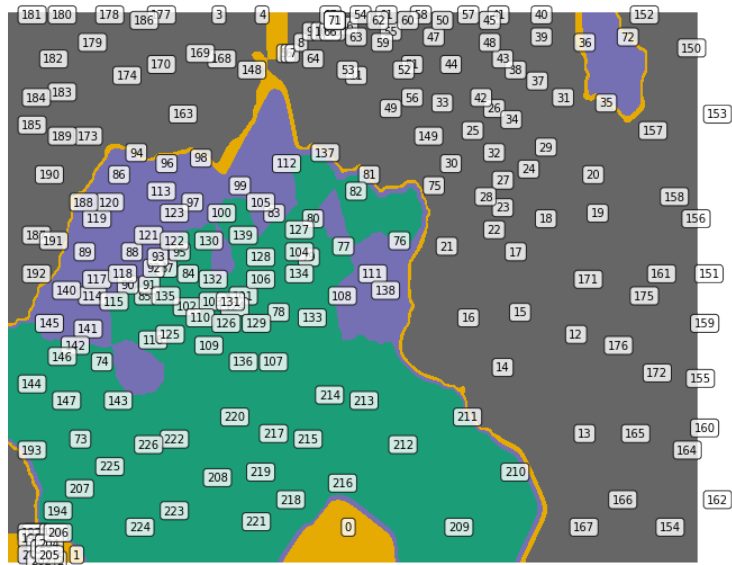
Kohonen ağları (burada Somoclu uygulaması kullanılmıştır [Wittek, Gao, Lim ve Zhao, 2017]) Tablo 1’de verilen parametrelerle eğitilmiş ve bu veriler için kendi kendini düzenlemiş bir sistem olarak nitelenebilecek büyük bir harita ve renk tabakaları elde edilmiştir. Eğitimli kod çizelgesinin bileşen düzlemleri Şekil 2’de görüldüğü biçimde çizilmiştir. Burada verilen bölütleme haritası motor takati verisi için olup, diğer hız verileri için oluşturulan haritalar Şekil 3-a,b,c’de gösterilmiştir. Bu görsellerde bulunan katmanlardaki renk farklılıkları ve tabakalar arası geçiş, bölütleri ifade etmektedir. Verilen tabakalardan görüleceği üzere bulunan bölütler arası geçişler açık bir şekilde gösterilmiştir. Bu ise, girdi olarak verilen itki takati verilerinin bölüt sınırları üzerinde birbirlerine benzerliklerinin olduğunu göstermektedir. “Belirtilen Hava Hızı” ve “Hız” görece olarak daha az katman üzerinde yoğunlaşırlar da, dikey hız parametre katmanları farklılık göstermektedir. Bununla birlikte takat girişinin küme tabakaları tam olarak hız verileri ile örtüşmemektedir ve operasyonun büyük bir kısmında sarı renkle gösterilen küme seviyesinde kalmıştır.



(a) Belirtilen Hava Hızı Bölüt Katmanları

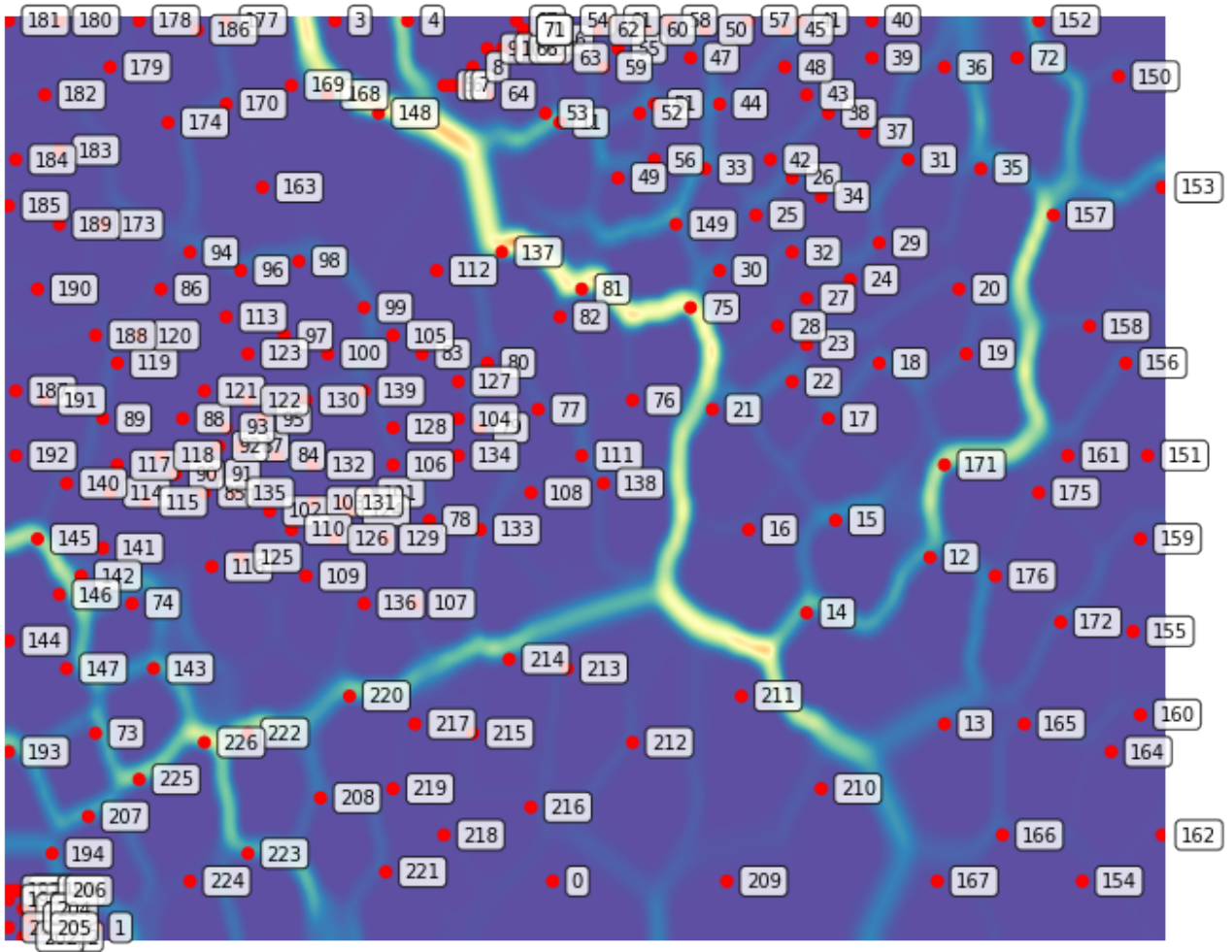


(b) Hız - Velocity Bölüt Katmanları



(c) Dikey Hız Bölüt Katmanları

Şekil 3: Kohonen ağırları ile bölütlenen verilerin farklı renk katmanlarına ayrılması



Şekil 4: Harita U-Matrix'i

Devam eden görselde (Şekil 4) U-Matrix'i (ayrıntılı bilgi için bkz [Witteck, Gao, Lim, ve Zhao, 2013]), her veri noktası için en iyi eşleşen birimlerle birlikte çizilmiştir. Birimler veri noktalarının etiketleri ile eklenmiştir.

SONUÇ

Sunulan makale çok boyutlu uçak itki takati verilerinin kümelenmesini gerçekleştirmiş ve birbirine görece daha çok benzeyen verilerin aynı düzlemdeki haritada sınıflandırılmasını sağlamıştır. Bölütlenen bu veriler, dijital sinyal işleme yöntemleri için bir ön çalışma olup daha detaylı çalışmalar için potansiyel olduğunu göstermektedir. Genel olarak, sonuçlar itki takatinin segmentasyonunda önemli bir destek sağlamaktadır.

Özellikle, büyük veri üreten havacılık gibi alanların gün geçtikçe artan sinyal işleme ihtiyacına, başarılı bir bölütleme ile karşılık verilmiştir. Bundan ötürü, sunulan yöntem havacılık verilerinin analizi için önemli bir ihtiyacı karşılamış ve devam çalışmalarına olanak sağlamıştır.

Kaynaklar

- Bektaş, O. , 2020. *Kestirimci Bakım İçin Döner Mekanizma Bozulma Eğrisinin Tanımlanması*, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi , (19) , 420-428 . DOI: 10.31590/ejosat.708257
- Bouraou, N. and Sopilka, I., 2010. *Vibroacoustical diagnosis of the crack-like damages of aircraft engine blades at the steady-state and non-steady-state modes.*, Vibrations in Physical Systems, 24, pp.69-74.
- Enright, M.P., Hudak, S.J., McClung, R.C. and Millwater, H.R.,2006. *Application of probabilistic fracture mechanics to prognosis of aircraft engine components.*, AIAA journal, 44(2), pp.311-316.
- Kohonen, T. , 1982. *Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps.*, Biological Cybernetics. 43 (1): 59–69.
- Kohonen, T. , 1990. *The self-organizing map.*, Proceedings of the IEEE, 78, no. 9: 1464-1480.
- Kohonen, T. , 2001. *Self-Organizing Maps.*, Springer Series in Information Sciences, Vol. 30, p. 501.
- Miller, J.L., Kitaljevich, D. , 2000. *In-line oil debris monitor for aircraft engine condition assessment.*, In 2000 IEEE Aerospace Conference. Proceedings (Cat. No. 00TH8484) (Vol. 6, pp. 49-56). IEEE.
- Nickerson, B. and Lally, R.,2001. *Development of a smart wireless networkable sensor for aircraft engine health management.*, In 2001 IEEE Aerospace Conference Proceedings (Cat. No. 01TH8542) (Vol. 7, pp. 7-3262). IEEE.
- Oza, N. , 2011. *FLTz flight simulator*, NASA Dash Link, resources, 294
- Wittek, P., Gao, S.C., Lim, I.S., Zhao, L. , 2017. *Somoclu*, <https://somoclu.readthedocs.io/>, Son Erişim: 21.08.2020
- Wittek, P., Gao, S.C., Lim, I.S., Zhao, L. , 2013. *Somoclu: An efficient parallel library for self-organizing maps.*, ArXiv preprint arXiv:1305.1422.
- Yu, S.D., Zhang, X. , 2010. *A data processing method for determining instantaneous angular speed and acceleration of crankshaft in an aircraft engine-propeller system using a magnetic encoder.*, Mechanical systems and signal processing, 24(4), pp.1032-1048.