

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVA VERİLERİNİN GERÇEKÇİ GÖRSELLEŞTİRMESİ İÇİN
YENİ BİR YAKLAŞIM

DOĞU SIRT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2017

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVA VERİLERİNİN GERÇEKÇİ
GÖRSELLEŞTİRMESİ İÇİN YENİ BİR
YAKLAŞIM

DOĞU SIRT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. MEHMET GÖKTÜRK

GEBZE
2017

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**A NOVEL APPROACH FOR REALISTIC
VISUALISATION OF WEATHER DATA**

DOĞU SIRT
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR. MEHMET GÖKTÜRK

GEBZE
2017

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 10/05/2017 tarih ve 2017/25 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 23/08/2017 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Doğu SIRT 'ın tez çalışması Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

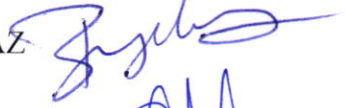
ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK



ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Burcu YILMAZ



ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Ediz ŞAYKOL



ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Doç. Dr. Arif Çağdaş AYDINOĞLU
Gebze Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Meteorolojik veri görselleştirme dizge ve arayüzleri kullanıcılar tarafından keşif ve çözümlemeye tabi tutulurken yaşanan sıkıntılar günümüzde uzman çözümleyiciler için önemli bir problem oluşturmaktadır. Yapılan araştırma sonucunda gerçekçi ve sembolik görselleştirme yöntemlerinin birleştirilerek bir ölçütler dizgesi ile birlikte kullanıldığına rastlanmamıştır. Bu kapsamda ilk aşamada daha iyi bir görselleştirme yaklaşımı ile bu probleme bir çözüm getirilmesi hedeflenmiştir. İkinci olarak sembolik ve karma görselleştirme için ölçütler belirlenmiştir. Ardından sıcaklık, atmosferik basınç, nem miktarı ve rüzgar hızı ile yönü değişkenleri hem 2B hem de animasyonlu 2B olarak ısı haritaları, glifler ve akış, ızgara ile parçacık yapıları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık-nem, basınç-rüzgar hızı ve yönü vb. grafiklerle istatistiksel olarak çıkarım yapılmasına da olanak tanınmıştır. Buna ek olarak ilk başta belirlenen ölçütler yönerge biçiminde uzman çözümleyicilere sunularak, sembolik ve karma görselleştirmeyi deneyimleme olanağı verilmiştir. Bir puanlama tablosu oluşturularak yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, mevcut 2B görselleştirme yöntemlerinin tüm olanakları kullanıldığında günümüz ölçütlerinde yeterli olacağına dair yaklaşımımız reddedilmiştir. Yeni nesil görselleştirme yaklaşımı olarak isimlendirilebilecek karma görselleştirmenin ise sabit ölçütler ile birlikte değerlendirildiğinde daha iyi bir görselleştirme sağladığına dair yaklaşımımız ise doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri Görselleştirme, Meteorolojik Veri Görselleştirme, Sembolik Görselleştirme, Gerçekçi Görselleştirme.

SUMMARY

While exploring and analyzing meteorological data visualization systems and interfaces, troubles that occurs become a significant problem for expert analyzers. As to previous works, combining symbolic and realistic visualization methods according to specific criterias are not found. As the first step, it is aimed to solve this problem with a better visualization approach. As second, criterias for a better symbolic and hybrid visualization are specified. After, temperature, atmospheric pressure, humidity and wind speed/direction are implemented separately for 2D and animated 2D by using heat maps, glyphs and flow, grids and particle systems. Novel tables are prepared like temperature-humidity and pressure-wind speed/direction to inference the system statistically. Additionally, criterias for better visualization are handed out to expert analyzers and it becomes possible to experience both symbolic and hybrid visualizations. A score table is created to evaluate all the work. As a result, it is shown that symbolic 2D visualization is not enough to meet today's criterias and requirements. The approach that hybrid visualization which is able to be called new generation visualization method provides a better visualization with constant criterias is verified.

Keywords: Data Visualization, Meteorological Data Visualization, Symbolic Visualization, Realistic Visualization.

TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimim ile akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım sayın hocam Doç. Dr. Mehmet Göktürk'e, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, çalışma konum hakkındaki yüreklendirmesiyle bu çalışmanın oluşumunun yolunu açan Prof. Ralf Dörner'e ve bütün çalışmam boyunca yanımda olan eşim Merve Köylü Sırt ile desteklerinden dolayı ailemin tüm üyelerine en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Bilimsel Katkısı ve Yapısı	2
2. HAVA VERİSİ GÖRSELLEŞTİRME	4
2.1. Tarihçe	4
2.2. Literatür Taraması	7
2.3. Tufte'nin Mükemmellik İlkeleri	10
3. METEOROLOJİK VERİLER VE KAVRAMLAR	12
3.1. Meteorolojik Verileri Görselleştirme Teknikleri	12
3.1.1. Akış Görselleştirme	12
3.1.2. Hacim Görselleştirme	12
3.1.3. Çok Boyutlu Görselleştirme	13
3.2. Kavramlar ve Meteorolojik Değişkenler	13
3.2.1. Ortalama Hava sıcaklığı	13
3.2.2. Atmosferik basınç	14
3.2.3. Nem miktarı	14
3.2.4. Rüzgar hızı ile yönü	14
4. TARBİL - VERİ GÖRSELLEŞTİRME VE TEST YÖNTEMİ	16
4.1. Veri Görselleştirme ve Test Yöntemi	16
5. DENEYLER	20
5.1. Anket : Ölçütlerin belirlenmesi	21
5.2. Deney I : Ortalama Hava sıcaklığı	25
5.3. Deney II : Atmosferik basınç	28

5.4. Deney III : Nem miktarı	31
5.5. Deney IV : Rüzgar hızı ile yönü	33
6. SONUÇ VE TARTIŞMA	38
KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ	44
EKLER	46

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Açıklamalar</u>
<u>Kısaltmalar</u>	
°C	: Celcius
GTÜ	: Gebze Teknik Üniversitesi
hPa	: Hectopascal
ISO	: International Organization for Standardization
°K	: Kelvin
mbar	: Milibar
NOAA	: American National Oceanic and Atmospheric Administration
WMO	: World Meteorology Organization
2B	: 2-boyutlu
3B	: 3-boyutlu

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Galton'un hava grafiği ve içerdiği semboller.	5
2.2: WMO tarafından belirlenen hava verilerini temsil sembolleri.	6
2.3: Bilişimin yaygınlaşması ile oluşan hava temsilleri.	7
4.1: NOAA'ya ait genel görünüm.	18
4.2: Veri görselleştirme dizge mimarisi.	19
5.1: Dizgenin başlangıç durumunun belirlenmesi.	21
5.2: Uygulanan yöntemlere ait akış şeması.	24
5.3: Global sıcaklık ölçeği.	25
5.4: a) Sıcaklığın ısı haritasıyla görselleştirildiği ilk sürüm, b) Sıcaklığın ısı haritasıyla görselleştirildiği ikinci sürüm.	26
5.5: a) Sıcaklığın animasyonlu 2B karma görselleştirme ilk örnek, b) Sıcaklığın animasyonlu 2B karma görselleştirme son örnek.	26
5.6: İstanbul ili için yıllık sıcaklık/yağış grafiği.	27
5.7: Global atmosferik basınç ölçeği.	28
5.8: Atmosferik basıncın izobarla temsil edildiği	29
5.9: Atmosferik basınç-rüzgar hızı ve yönü ilişki grafiği.	30
5.10: a) Basıncı animasyonlu 2D karma görselleştirme ilk örnek, b) Basıncı animasyonlu 2D karma görselleştirme son örnek	30
5.11: Nem miktarını temsil eden 2B görselleştirme.	31
5.12: a) Nemin animasyonlu 2B karma görselleştirmesi ilk örnek, b) Nemin animasyonlu 2B karma görselleştirmesi son örnek.	32
5.13: İstanbul aylık sıcaklık-nem grafiği.	33
5.14: m/s cinsinden rüzgar ölçeği.	34
5.15: Global rüzgar yönü temsili.	34
5.16: Rüzgar hızı ve yönünün sembolik olarak temsil edildiği görselleştirme	35

5.17:	Rüzgar hızı ve yönünün animasyonlu 2B karma görselleştirilmesi.	35
5.18:	İstanbul 5 günlük nem miktarı-rüzgar hızı ve yönü grafiği.	36

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Görselleştirme araçları tablosu.	9
3.1: Beaufort rüzgar skalası.	15
5.1: Uzman çözümleyici anket soruları.	22
5.2: Anket istatistik tablosu.	23
5.3: Sıcaklık değişkeni puanlama tablosu.	27
5.4: Atmosferik basınç puanlama tablosu.	31
5.5: Nem miktarı puanlama tablosu.	33
5.6: Rüzgar hızı ve yönü puanlama tablosu.	37

1. GİRİŞ

İncelenen verinin, kendi temel nitelikleri ve değişkenlerinin de kapsanacak biçimde görsel araçlar kullanılarak özgün, tam ve etkin bir biçimde sunulmasına, bilimsel veri görselleştirme denir. Çağımızın petrolü olarak adlandırılan veri ancak düzenli, tutarlı ve işlenebilir bir şekilde ilgili kişilere sunulduğunda gerçek değerini kazanmaktadır. Son yıllarda büyük veri (İng. big data) kavramının kazandığı ivmeyle birlikte bilimsel veri görselleştirme, özellikle uzun ve zaman alıcı metinler ile karmaşık ve yorucu tabloların sadeleştirilerek sunulması gibi alanlara getirdiği katkı ile araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Bu bağlamda bilimsel veri görselleştirme çatısı altında yer alan ve aynı alandaki tekniklerin kullanıldığı hava verilerinin görselleştirilmesi de meteorolojik değişkenlerin renk, büyüklük, şekil gibi unsurlarını ele alarak, araştırmacılara ve ilgili kişilere en etkin biçimde sunulmasını amaçlamaktadır.

Verilerin toplanması ve toplanan verilerin hangi görselleştirme tekniği ile sunulacağı konusunda araştırmacılar arasında farklı görüşler oluşması mümkündür. Bununla birlikte farklı görselleştirme tekniklerinin birbirlerine göre kullanışlılığı da ciddi bir problem olarak ortada durmaktadır. Bu duruma bir çözüm olarak, etkin görselleştirme oluşturma aşamalarından biri olan veri toplama aşamasında gerçek kullanıcılar ile bağlantı kurulması ve gerçek verilerle çalışılması yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Bu çalışma tanımlanan etkin görselleştirme ölçütleri ve içerikleri, veri görselleştirme teorisi üzerine inşa edilmiş fakat son biçimini gerçek kullanıcılar yardımı ile almıştır. Bu ölçütler 2B ve animasyonlu 2B görselleştirmeler yardımıyla meteorolojik değişkenler özelinde sınanarak daha iyi bir görselleştirmenin nasıl olabileceğine dair bir yaklaşım ortaya konmuştur.

Oluşturulan dizgenin hedef kitlesinin belirlenmesi de diğer önemli konu başlıklarındandır. Bu doğrultuda, çalışmamızda uzman çözümleyiciler olarak belirtilen 10 kişilik bir gerçek insan grubu ve bu insan grubuna bağlı olarak geliştirilip başarısı değerlendirilen bir dizge ortaya konmuştur. Dizgenin ileriye dönük kullanımlarında, keşif ve çözümleme yapacak gerçek kişilerde belirli bir seviyenin üzerinde meteoroloji, veri görselleştirme ve veri çözümleme/karşılaştırma bilgisi bulunması gerekmektedir. Uzman çözümleyiciler grubu da bu düşünceyle Bilgisayar

Bilimleri ve Meteoroloji alanında kapsamlı bilgi sahibi, yetkin ve deneyimli gerçek kişilerden seçilmiştir. Uzman çözümleyici gerçek insan grubunun 10 kişi ile sınırlı olmasının sebebi, kullanıcı düzeyi sonuçlar için elde yeterli istatistiksel veri olmaması ve çalışmanın esas hitap ettiği kesimin uzman düzeyinde olmasıdır.

Dizge üzerinde çalışma yapacak olan uzman çözümleyici, dizge hakkında kafasında oluşacak sorulara yine dizgenin yardımıyla cevap arayabilmelidir. Çalışmada gerçekleştirilen iki farklı görselleştirmenin birbirlerine göre daha iyi olup olmadığının uzman çözümleyiciler tarafından deneyimlenmesi ve karşılaştırılmasının amacı budur.

1.1. Tezin Bilimsel Katkısı ve Yapısı

Bilimsel veri görselleştirme günümüzde birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Büyük verilerin görselleştirmesi, birçok bilimsel uygulamada çetrefilli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çetrefilli durumun temel sebeplerinden bir tanesi de, görüntülenecek verinin sürekli artarak, problemi algoritmik görselleştirme problemi haline getirmesidir.

Meteorolojik veri görselleştirme çalışmalarında, birçok veri istasyonundan gelen ve tarihsel (İng. historical) veri olarak sınıflandırılan meteorolojik verilerin yönetimi özellikle gerekmektedir. Bununla birlikte kullanıcıların veriler ile doğrudan etkileşim sağlaması beklenmektedir. Geniş ölçekte bir kullanıcı kitlesine hitap edebilmek adına -mevcut sistemlerin sahip olduğu kısıtlamalar da ele alındığında- yeni oluşturulan arayüzler farklı seviyelerde görselleştirme uzmanlığı ve kullanım senaryoları ile desteklenmelidir.

Tezimizde, kullanıcıların dizgeleri değerlendirirken sıkıntılar yaşanmasına sebep olan olumsuz görselleştirme örnekleri üzerinde gözlemlenebilir iyileştirmeler yapılarak, meteorolojik değişkenler kapsamına giren hava sıcaklığı, atmosferik basınç, nem miktarı ve rüzgar hızı ile yönü görselleştirilerek etkin bir biçimde sunulması hedeflenmiştir. Oluşturulacak kullanıcı arabirimine (İng. user interface) etkileşimli olarak erişim sağlanarak ve süreç içerisinde kaynaklardan elde edilen veriler çözümlenerek daha etkin bir görselleştirme sağlanması da esas alınmıştır.

Bölüm 2’de yer alan literatür taraması sonucunda gerçekçi ve sembolik görselleştirme yöntemlerinin birleştirilerek kullanıldığına rastlanmamıştır. Bu eksiklik

göz önünde bulundurulduğunda karma (İng. hybrid) görselleştirme, akış görselleştirmenin bir parçası olan parçacık dizgesi (İng. particle system) yapıları ile bir araya geldiğinde anlamlı bir bütün oluşturmaktadır.

Meteorolojik değişkenlerin uzman çözümleyici tarafından doğru bir şekilde algılanması ve yorumlanması, oluşturulan dizgenin en başta gelen amaçlarından biridir. Bu bağlamda, Bölüm 3'te tanımlanan değişkenlerin harita üzerine 2B ve animasyonlu 2B temsilleri, bilginin uzman tarafından sıralı ve mantıklı bir şekilde keşfedilmesine yol açacak şekilde düzenlenmiş, Bölüm 4'te ise faydalanılan TARBİL ve NOAA verileri ile meteorolojik veri görselleştirme ve test yapıları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ayrıca görselleştirme üretim ortamı olarak Matlab programının kullanıldığı vurgulanmıştır. Bu doğrultuda deneyler ile sonuçlarını görmek üzere aşağıdaki H0 ve H1 hipotezleri oluşturulmuştur:

- H0: 2B görselleştirme yöntemleri tüm olanaklar kullanıldığında günümüz ölçütlerinde yeterlidir.
- H1: Yeni nesil görselleştirme yaklaşımı (Gerçekçi + Sembolik), belirli görselleştirme ölçütleri tanımlanarak animasyon ve parçacık yapıları ile birlikte kullanıldığında mevcut yaklaşımlardan daha insan-merkezli (İng. human-centered) bir kullanıcı deneyimi yaşatmaktadır.

Geliştirilen dizgenin yeni nesil olarak sıfatlandırılmasının ana sebebi, dizgenin potansiyel kullanıcılarının karma görselleştirmenin kullanılabilirliği ile ilgili sistematik bir yol önermesidir. Yardımcı sebep ise dizgenin uzman çözümleyicilere, bu sistematik yol ile ilgili öngörülerde bulunmalarına imkan tanınmasıdır.

İnsan-merkezlilik, ISO standartlarına sahiptir. H1 hipotezinde yer aldığı anlamıyla ortaya konan sistemin insanlar için tasarlanmış ve anlamlı bir sayıdaki insan grubunun hoşuna gidecek, uygulanabilir ve gelecek vaat eden bir kullanıcı deneyimi vurgulanmaktadır.

Bölüm 5'te deneysel olarak bu iki hipotezimiz irdelenmektedir.

2. HAVA VERİSİ GÖRSELLEŞTİRME

Görselleştirme karmaşık veri kümeleri içerisindeki gizli örüntüleri (İng. pattern) ve bu veri kümeleri arasındaki ilişkileri açığa çıkarma amacıyla gerçekleştirilir. Bu anlamda görselleştirme, soyut ve geometrik olmayan bilgilerin aşamalı olarak önce 2 ve 3 boyutlu geometrik gösterimlere, ardından da görüntülere (İng. image) dönüştürülmesini kapsayan bir hesaplama yöntemidir. Bu dönüşümün yapılmasındaki temel amaç ise mevcut modeller ve kavramlar ile veri arasındaki etkileşim ve analizi kolaylaştırmaktır. Bu noktada önem kazanan farklı veri sınıfları için farklı görselleştirme tekniklerinin var olması ve kullanılmasıdır.

Hava görselleştirme de günümüzde bilimsel veri görselleştirme çalışmalarında üzerinde en çok araştırma ve geliştirme yapılan alanlardan biridir. Bu alanın öneminin anlaşılabilmesi için geçmişten günümüze kadar yapılmış çalışmaların bilinmesi ve geniş hava veri kümelerinin görselleştirilmesi için hangi yaklaşım ve modellerin literatürde yer aldığı bilinmelidir.

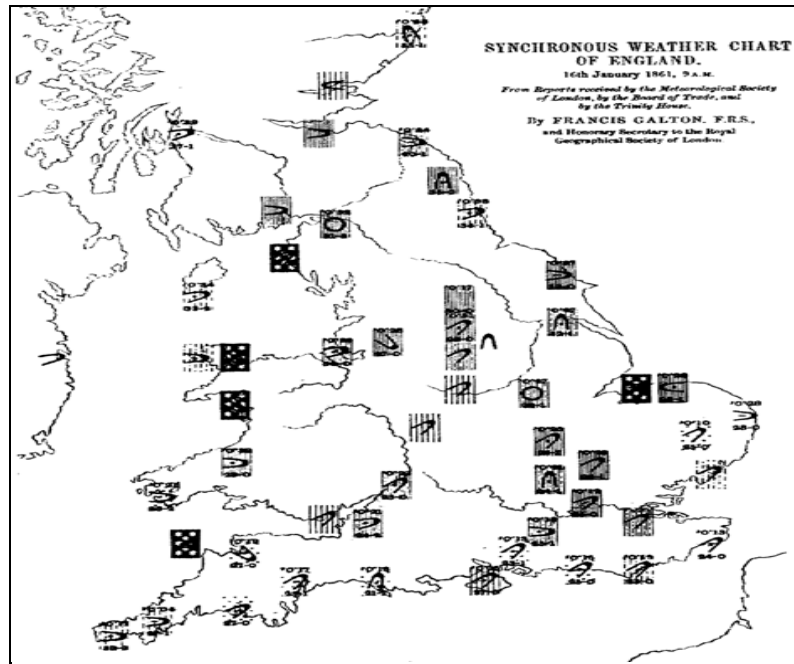
2.1. Tarihçe

Hava olaylarını temsil amaçlı ilk glif (İng. glyph) Johann Lambert tarafından 1771 yılında önerilmiştir. Lambert'i takiben Palatina Meteoroloji Topluluğu (Meteorological Society of Palatinate) da 1781 ve 1792 yılları arasında daha ayrıntılı yeni glifler önermiştir [Talman, 1916]. William Playfair 1786'te Çubuk Grafik, 1801'de ise Pasta Grafiği ilk kez kullanarak istatistiksel verilerin grafiksel temsilde önemli bir adım atmıştır [Web 1, 2017], [Web 2, 2017]. Francis Beaufort ise 1800'lü yılların 5 ayrı döneminde (1806-1807, 1807-1810, 1810-1812, 1820-1825, 1826-1832) kendisinin oluşturduğu hava kodlarını yayınlamış (örneğin c. açık hava, cl. bulutlu, f. sisli anlamına gelir) ve hava olaylarının etiketlenmesinde yeni bir yaklaşım sunmuştur.

1806 yılında, ilk olarak Amiral Sir Francis Beaufort (1774-1857) tarafından Britanya Deniz Kuvvetleri'nin kullanması amacıyla, rüzgarın bir fırkateynde bulunan donanma askerlerine yapabileceği etkiyi tanımlayan ve sınıflandıran Beaufort rüzgar skalası, rüzgar hızını sakinden (0 kuvvetinden), kasırgaya (12 kuvvetine) kadar gösteren standart bir skaladır [Web 3, 2017].

Her bir değer ile gösterilen, rüzgarın kuvvet aralığı ve hızının, yüzey özelliklerine göre olan etkisinin sınıflandırılmasıdır. Esas itibariyle, bu sistem hiçbir ölçüm cihazı kullanmadan, rüzgar hızını tahmin edebilmesi için geliştirilmiştir. Georg Von Mayr ise, 1874'te iki değişkenli renk haritasını önermiş, kutupsal diyagram (İng. polar diagram) ve yıldız grafik çizimini (İng. star plot) 1877'de ilk kez kullanarak veri görselleştirmesi alanında çığır açmıştır [Web 4, 2017].

Hava görselleştirme çalışmalarında Francis Galton'un çalışmaları önemli bir yere sahiptir. Galton aynı zamanda hava verilerinin kıtalararası ölçekte toplanması, çizelgelenmesi ve yorumlanması alanlarına getirdiği yenilikler ile birlikte bugünkü modern meteoroloji biliminin temelini oluşturmuştur [Web 5, 2017]. Francis Galton ayrıca şekil 2.1'de gösterilen grafiği geliştirerek 1875 yılında ilk hava haritasını da oluşturmuştur.



şekil 2.1: Galton'un hava grafiği ve içerdiği semboller.

Belirli bir zamanda, geniş bir bölge üzerinde hüküm süren atmosferik şartları özetleyen sinoptik meteoroloji ise Buys Ballot tarafından 1857 yılında Fırtınalar Kanunu adıyla bilinen Buys Ballot's Law'ı ortaya attığı sırada ilk kez kullanılmıştır. Bir alçak basınç merkezinin hangi konumda olduğunu gösteren bu kanun ile birlikte basınç miktarını simgeleyen izobarların da kullanımıyla hava verilerinin görselleştirilmesi alanında bir adım daha atılmıştır [Shaw vd., 1919].

1951’de kurulan WMO (World Meteorological Organization) tarafından hazırlanan ve Şekil 2.2’de görülen yapılar günümüzde de yaygın bir şekilde kullanılan hava verilerini temsil sembolleridir. Oluşturulan haritalarda ve meteorolojik olayların görselleştirilmesinde ilgili semboller yaygın olarak kullanılmış ve uzmanlar tarafından yapılan araştırma faaliyetlerinde yararlanılmıştır.

AGM1P254

ATV-3

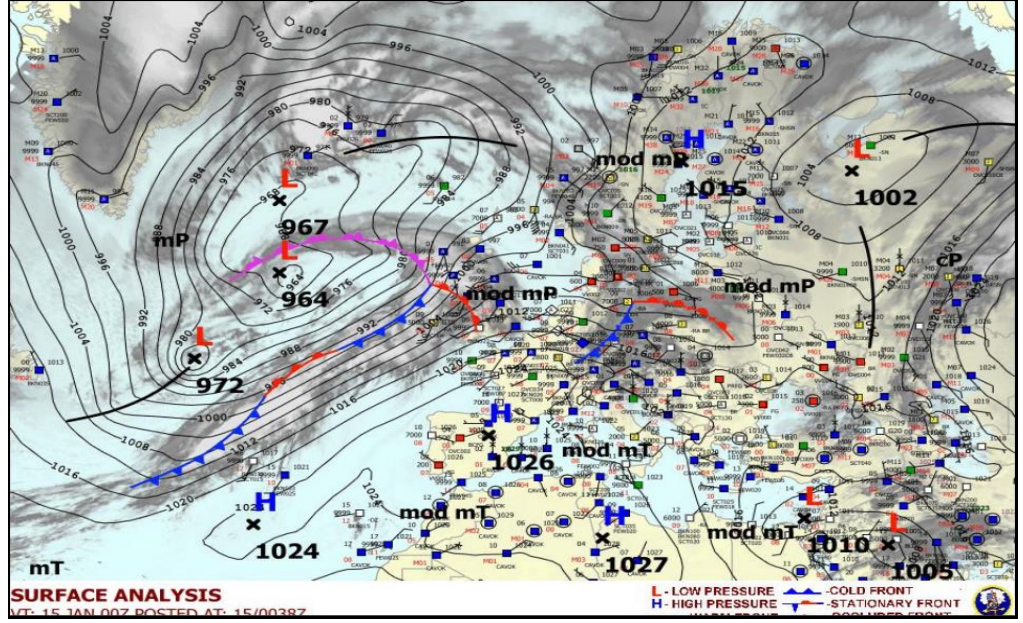
PREPARED BY: WMO

1) The symbol is not pushed for "less" when "W" is reported when "T", "E", "S", or "F" is reported for "less" time.
2) Symbols are placed on the station circle.
3) Rules for "half", "less", and "more".

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
Cloud (overcast) NOT observed or NOT observed during past hour.	Clouds generally obscuring or obscuring less than 1/4 of sky at time of observation.	State of sky on the whole unchanged during past hour.	Clouds generally forming or clearing during past hour.	Visibility reduced by smoke.	None.	Moderate or heavy rain or snow falling in the past hour.	Drizzle or rain or snow falling in the past hour.	Thunder, but no precipitation at the station.	Thunder, but no precipitation at the station.	Thunder, but no precipitation at the station.	Thunder, but no precipitation at the station.
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.	Lightning strikes, no thunder heard.
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.
72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.
84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.
96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07
Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.	Thunder heard, but no precipitation at the station.

Şekil 2.2: WMO tarafından belirlenen hava verilerini temsil sembolleri.

1970’lere gelindiğinde ise, bilişimin yaygınlaşması meteorolojik verilerin görselleştirmesi alanına da sıçrayarak gelişmiş arayüzlerin oluşturulmasına ve yeni görselleştirme yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır [Web 6, 2017].



Şekil 2.3: Bilişimin yaygınlaşması ile oluşan hava temsilleri.

Sonraki dönemlerde de hem meteorolojik verilerin etkin bir biçimde temsili hem de hava tahminleri yönünde gelişmeler olmuştur. Hava tahmini üzerinde çalışmalar yapan araştırmacılar genelde kendi hava tahmin modellerini geliştirmeleri ile sonuçlanan bir yönelime girerken, bu verilerin 2B ve animasyonlu 2B ortamda görselleştirmek için farklı algoritmik yaklaşımlar önerilmiştir. Meteorolojik verilerin günümüzde büyük veri sınıfına girmesi, problemlere algoritmik olarak yaklaşılmısını zorunlu kılmaktadır.

2.2. Literatür Taraması

Modern anlamda hava verilerinin görselleştirmesi alanında milat olarak kabul edilebilecek ilk çalışma WMO tarafından gerçekleştirilmiştir [Web 7, 2017]. Hava olaylarını açıklamak için WMO tarafından tanımlanan statik sembollerin çoğunluğunun, son 50 yıllık dönem baz alındığında günümüzde de korunmaktadır. Bu süreçte meteorolojik verileri görselleştirmek amacıyla kullanılan statik semboller çeşitlendirilerek, tüm grafiksel arayüzlerde ve programlanabilir cihazlarda görüntülenebilir hale gelmiştir.

2B görselleştirmenin konumsal (İng. spatial) ve zamansal (İng. temporal) verilerin temsili açısından belli ölçütlerde yeterli donanımı sağlarken, belli ölçütlerde de yetersiz kalmaktadır.

Örneğin; 2B görselleştirmenin hava verilerinin birbirlerine göre konumları gibi göreceli durumları uzman çözümleyiciye kavratmakta etkinlik sağlarken, animasyonlu 2B görselleştirme ise şekilleri algılatma konusunda uzmanlaşmıştır. Ayrıca, animasyonlu 2B görselleştirmenin atmosferin dinamik davranışlarını yansıtan arabirimler yardımıyla kullanıcılara daha hızlı ve etkileşimli bir yol sağlamaktadır [Hibbard vd., 1989].

İleriki dönemlerde Vis5D görselleştirme dizgesi gibi meteorolojik verilerin görselleştirilmesi alanında gelişmiş yazılımlar üretilmiştir. Bu yazılımın sağladığı geliştirme ortamı ile sayısal hava modelleri arasından geniş ölçekli grid veri kümelerinin (İng. grid datasets) etkileşimli görselleştirmesi gerçekleştirilmiştir. Vis5D’te veri 5D dikdörtgensel noktalar biçiminde yapılandırılan beş boyut sırayla; üç konumsal boyutu, zaman boyutunu ve fiziksel değişkenlere ait bir boyutu içermektedir. Örneğin, meteorolojik verinin üç konumsal boyutu yükseklik, enlem ve boylam iken değişken boyut sıcaklık, basınç, nem veya üç rüzgar vektör bileşeni arasından herhangi birisi olabilmektedir. Gerçek zamanlı olarak kullanıcıların izoyüzeyleri (İng. isosurface), 2B yüzey dilimlerini (İng. contour-line), renklendirilmiş dilimleri ve hacimsel temsilleri etkileşimli olarak görselleştirmesi bu dizge ile sağlanmıştır [Hibbard vd., 1992].

Fizik tabanlı bir görselleştirmeler de meteorolojik verilerin görselleştirmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Parçacıkların optik özellikleri (aydınlatma ve saçılma) temelinde gerçekçi bir görselleştirme oluşturmak için birden çok alanlı (İng. multi-field) görselleştirme dizgeleri [Rilet vd.,2003] [Riley vd.,2004] ortaya çıkmıştır. Bu tür dizgeler sıcaklık, basınç, nem, rüzgar şiddeti, yağmur bulutları, buz, yağmur ve kar gibi hava verilerini görselleştirebilmektedir.

2B vektör tabanlı görselleştirme yöntemleri de meteorolojik verilerin görselleştirmesi alanında sıkça kullanılmaktadır. Benzer çalışmalarda, rüzgar yönü vb. değişkenler görselleştirilirken kullanılan eğrilerin animasyonlu 2B ve 3B ortamlarda da kullanılabileceği üzerine çıkarımlar da yapılmaktadır [Laidlaw vd.,2005].

Veri görselleştirme alanına ait problemlerin uzman çözümleyiciler tarafından araştırılması ve çözülebilmesi için tümleşik atmosferik görsel çözümleme (İng. analysis) ve keşif (İng. exploration) sağlayan dizgeler önerilmiştir. Bu tür dizgelerde kullanıcılara esnek ve etkili veri çözümleme araçları sağlamak için fizik temelli atmosferik dönüştürme (İng. physics-based atmospheric rendering), resimli

dönüştürme (İng. illustrative rendering), parçacık ve glif dönüştürme gibi birçok farklı teknik desteklenmektedir [Song vd., 2006].

İnsan deneklerin dokunma duyusunu (İng. haptics) sürece katarak, meteorolojik veriler görselleştirilirken hale getirilirken neden-sonuç ilişkisi bağlamında, robot kolunun da aynı verileri algılaması ve öğrenerek daha iyi bir algılama sağlaması üzerine çalışmalar da yürütülmüştür [Yannier vd.,2008].

Hava araştırmalarında, yukarıda belirtilen araçlar ile birlikte yaygın olarak kullanılan birçok başka görselleştirme aracı da bulunmaktadır. Bunların belli başlıları Nocke ve arkadaşları tarafından şu şekilde sıralanmıştır: IDV, GrADs, Vis5D+, Cave5D, GMT, ODV, NCAR Graphics, GMT, Avizo,GRAnalyst2. Bu araçlar Tablo 2.1’de ayrıntılı olarak sınıflandırılmıştır [Nocke vd., 2008].

Tablo 2.1: Görselleştirme araçları tablosu.

TÜR	ARAÇ	WEB ADRESİ	ÖZELLİK
Özel amaçlı dizgeler	Ferret GrADs Vis5D+ GMT ODV IDV NCAR Graphics	http://ferret.wrc.noaa.gov/Ferret http://www.iges.org/grads http://vis5d.sourceforge.net http://gmt.soest.hawaii.edu http://odv.awi-bremerhaven.de www.unidata.ucar.edu/software/idv http://ngwww.ucar.edu/	2D script-tabanlı 2D script-tabanlı 3D etkileşimli 2D script-tabanlı 2D script-tabanlı 3D etkileşimli 2D script-tabanlı
Genel amaçlı dizgeler	Avizo OpenDX AVS/Exp. IDL	www.tgs.com/products/avizo.asp http://www.opendx.org http://www.avs.com http://rsinc.com/idl	iklim özellikleri açık kaynak iklim özellikleri 2D/3D script tabanlı

Meteorolojik verilerin görselleştirmesi için önerilen yeni bir yaklaşımda ise değişkenlerin oluşturulması için özel bir program olan Blender3D kullanılmıştır. Bu program ile sıcaklık, basınç, nem, rüzgar hızı ve yönü gibi değişkenlerin bilgisayarın grafiksel süreçleme ünitesi (GPU) tarafından çizdirilmesine odaklanılmıştır. Ayrıca aynı çalışmada akan parçacık yapıları da özel program yardımıyla üretilerek kullanılmıştır [Hakstok vd., 2014].

Günümüze kadar bu konuda yapılmış en özgün ve kapsamlı çalışma ise [Ware vd., 2016] tarafından yapılan ve akış görselleştirme tekniklerinin tümünün gerçekleştirilerek aralarında performans karşılaştırması yapılan çalışmadır. Bu çalışmada akış görselleştirme teknikleri arasındaki akan parçacıklar, hareketli basınç eğrileri, hareketli rüzgar temsil eden oklar vb. yeni nesil görselleştirmelerde sıkça kullanılan yapılar sıkça kullanılmaktadır.

2.3. Tufte'nin Mükemmellik İlkeleri

Edward Tufte aşağıdaki grafiksel mükemmellik ilkelerini tanımlayarak veri görselleştirme alanına bir ölçüt (İng. criteria) getirmeyi amaçlamıştır [Tufte, 2001]. Buna göre grafiksel mükemmellik için:

- Veriyi göstermek,
- Veriyi görüntüleyenlerin yöntemlerden, grafiksel tasarımlardan veya diğer görünümünden ziyade somut bulgular üzerine düşünmesine yol açmak,
- Verinin ne ifade ettiğini çarpıtmaktan kaçınmak,
- Birden çok değeri küçük bir alanda başka bir deyişle verimli bir şekilde sunmak,
- Büyük veri kümelerini tutarlı hale getirmek,
- Verinin farklı bölümlerinin insan gözüyle karşılaştırılabilmesini teşvik etmek,
- Verinin, geniş bir bakıştan ince bir yapıya kadar farklı ayrıntı düzeylerini ortaya çıkartmak,
- Tanımlama, Araştırma, Listeleme veya Süsleme gibi açık bir amaca hizmet sunmak,
- Veri kümesinin istatistiksel ve sözlü tanımlamaları ile yakın bir şekilde tümleşik olmak.

Tufte'nin grafiksel mükemmellik ilkeleri, daha iyi bir görselleştirmenin nasıl olacağına dair ölçütlerinin belirlenmesi sürecinde uzman çözümleyicilere yöneltilecek sorulara temel hazırlamaktadır. Bunun yanında görselleştirmelerin gerçekleştirilmesi esnasında hava değişkeninin akış çizgilerinin (İng. streamline) yönünü ifade etmek kullanılan bakışsımsız baş-kuyruk (İng. head-to-tail asymmetries) yapıları da Tufte'nin meteorolojik verilerin görselleştirmesi alanına yaptığı katkılardan biridir [Ware

vd.,2014]. Bu doğrultuda Tufte'nin ilkeleri temel alınarak hazırlanan yer alan ilk deneyde (Bölüm 5.1) uzman çözümleyicileri gerçeklenen hava görselleştirme tekniklerine ısındırmak ve teknikler arasında keşif ve karşılaştırma yapmalarını sağlayan bir bakış açısı kazandırmak hedeflenmiştir.

3. METEOROLOJİK VERİLER VE KAVRAMLAR

3.1. Meteorolojik Verileri Görselleştirme Teknikleri

Meteoroloji, ilk defa M.Ö. 340 yılında Aristoteles tarafından yazılan Meteorologica isimli eserle birlikte ortaya atılmış bir kavramdır. Fakat bu eserde hava olaylarının açıklanmasında bilimin etkisinin olmaması ve gelişen süreç ile birlikte hava olaylarının da fiziksel yöntem ve kurallarla açıklanması ihtiyacının doğması ile birlikte meteoroloji bilimi gelişmeye başlamıştır. Bilimsel veri görselleştirme çatısı altında birçok teknik bulunmaktadır. Çalışmamız meteorolojik verilerin harita üzerinde temsili ve gerçekçi görselleştirmesini kapsadığından, alt bölümlerde deneylerde kullanılan görselleştirme tekniklerinin genel anlamda belirtilmesiyle yetinilmiştir.

3.1.1. Akış Görselleştirme

Akış (İng. flow) görselleştirme 4'e ayrılır. Bunlar sırasıyla hareketlendirilmiş akıntılar (İng. animated streamlets), hareketlendirilmiş ortogonal parçacıklar (İng. animated orthogonal particles), oklarla oluşturulan ızgara (İng. grid of arrows) ve eşit mesafeli akış çizgileri (İng. (equally spaced streamlines) [Ware vd., 2016]. Günümüzde görselleştirme ortamlarının çoğu hareketlendirilmiş ve vektörleştirilmiş yapıları içermekte ve etkin 2B/animasyonlu 2B görselleştirme için kullanılmaktadır.

3.1.2. Hacim Görselleştirme

Hacim (İng. volume) görselleştirme, sayısal veri kümelerinden iki boyutlu grafiksel temsiller oluşturmak için kullanılır. İkiye ayrılır. Bunlar, doğrudan hacim oluşturma (İng. direct volume rendering) ve yüzey uydurma (İng. surface fitting) olarak isimlendirilmektedir.

Çalışmamızda meteorolojik değişkenlerin çok boyutlu izoyüzeyler (İng. isosurfaces) biçiminde temsil edilmesi noktasında kullanılmıştır.

3.1.3. Çok Boyutlu Görselleştirme

Çok boyutlu (İng. multi-dimensional) veri, bazı özelliklerin birbirinden bağımsız olduğu özel bir durumdur. Bu tür veriler, zaman ve uzay gibi fiziksel boyutlarla ilişkilidir [Fuchs vd., 2009]. Bu çalışmada zamansal ve mekânsal verilere ait parametreler görselleştirme kapsamında kullanılmıştır.

3.2. Kavramlar ve Meteorolojik Değişkenler

Genel olarak çoklu alanlar (İng. multiple fields) görselleştirme tekniklerini (ikonlar, glifler ve hacim biçimlendirme) doğrudan birleştirerek görselleştirilebilirler [Kniss vd., 2003].

Hava verilerinin görselleştirmesi sembolik ve gerçekçi (İng. realistic) olmak üzere ikiye ayrılır. Sembolik görselleştirme statik semboller ile yapılırken, gerçekçi görselleştirme animasyon, fizik motoru (İng. physical engine) vb. yapıları kullanır.

3.2.1. Ortalama Hava sıcaklığı

Hava sıcaklığı, istasyonlardan belirli aralıklarla elde edilen değerlere göre hesaplanır. Birimi çalışmamızda °C ve °K'dir. Uzman çözümleyicilerin sıcaklık değerini yerden 2 ya da 10 metre yukarısı için okuma fırsatı bulunmaktadır (kullanıcı arayüzünde ilgili ayarı yaparak). Sonuçlar arazi hesaba katılarak üretilmesine karşın, ilgili sonuçlar gerçek durumdan düşük hassasiyette olmaktadır. Bu nedenle görselleştirme için kullanılan farklı modeller (GFS, ECMWF vb.) arasında, örneğin bir dağın zirvesinde ya da aşırı güneş alan bir şehir merkezinde ölçülen sıcaklık değeri aşırı değişiklikler göstermez. Genel kural büyük şehirlerin (Örn. İstanbul) merkezlerinin sahip olduğu sıcaklık değerinin, kendilerini çevreleyen alanların veya doğal varlıkların sıcaklık değerinden 1°C ila 3°C (veya °K cinsinden) fazla olmasıdır. Kışın sıcak hava tabakasının soğuk hava tabakasının üstüne çıkması sonucunda yükseltiyle beraber ısının da artması (İng. inversion) durumu, belirgin sıcaklık farklılıkları oluşmasına sebep olmaktadır.

3.2.2. Atmosferik basınç

Atmosferik basınç, havanın yerçekimi yoluyla yer yüzeyi üzerinde oluşturduğu basınçtır Birimi hPa'dır. Kolaylaştırmak için mbar olarak da söylenir. Çalışmamızda deniz seviyesindeki basınç değerleri canlandırılmıştır. Görselleştirilen veri, rüzgarın hızını da etkileyen ve bir konumun etrafındaki en hızlı değişen basınç değerinin hangi oranda ve yönde olduğunu tanımlayan basınç gradyanına göre de farklılık göstermektedir.

3.2.3. Nem miktarı

Havada bulunan su buharına nem denir. Birimi gram/metreküp'tür. Çalışmamızda yaygın kullanımı açısından yüzde olarak ifade edilmiştir.

Nem miktarının üç farklı temel türü vardır:

- Nemli (İng. humid) : Görselleştirmede açık mavi renk ile gösterilir.
- Çok nemli (İng. perhumid) : Görselleştirmede koyu mavi renk ile gösterilir.
- Kurak (İng. arid) : Görselleştirmede sarı renk ile gösterilir.

3.2.4. Rüzgar hızı ile yönü

Rüzgar hızı km/saat veya knot cinsinden Tablo 3.1'deki Beaufort rüzgar skalasına göre belirlenir. Örneğin; bir kuvvetli bora (İng. storm), 75 km/saat üstü hızda veya Beaufort ölçeğine göre 9 kuvveti şeklinde tanımlanır (1 Knot = 1.852 km/saat). Verilerin görselleştirildiği harita, uzman çözümleyici tarafından seçilen 2 ya da 10 metre yerden yükseklik değerine göre ortalama rüzgar hızını ve yönünü canlandırabilmektedir. Sonuçlar doruklar veya açık alanlar gibi rüzgar hızının bir şehir veya bir vadiden gözle görülür derecede yüksek olduğu noktalarda değerlendirme kapsamına alınmamaktadır. Modellerde ayrıca fırtınalar sonucu oluşan yerel rüzgarlılık (aşırı rüzgar artışı) durumu da hesaplama dışı bırakılmıştır. Rüzgar hızı ve yönü harita üzerinde akış çizgisi (İng. streamline) olarak canlandırılmaktadır.

Tablo 3.1: Beaufort rüzgar skalası.

KUVVET	TARİF	HIZ (knot)	HIZ (km/saat)
0	sakin	<1	1
1	hafif hava dolaşımı	1-3	1-5
2	hafif rüzgar	4-6	6-11
3	ılımlı rüzgar	7-10	12-19
4	orta şiddette rüzgar	11-16	20-28
5	şiddetli rüzgar	17-21	29-38
6	kuvvetli rüzgar	22-27	39-49
7	sert rüzgar	28-33	50-61
8	bora	34-40	62-74
9	kuvvetli bora	41-47	75-88
10	fırtına	48-55	89-102
11	şiddetli fırtına	56-63	103-117
12	kasırga	>64	118

Bir sonraki bölümde, yukarıda yapılan tanımlara göre çalışmada kullanılan TARBİL ve NOAA ortamları üzerinden veri görselleştirme ve test yöntemleri anlatılmıştır.

4. TARBİL - VERİ GÖRSELLEŞTİRME VE TEST YÖNTEMİ

Çalışmamızın İstanbul iline ait meteorolojik verilerinin temini, merkezi İstanbul Teknik Üniversitesi Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Merkezi'nde (UHUZAM) yer alan TARBİL (Tarımsal İzleme ve Bilgi Sistemi) ekibi tarafından sağlanmıştır. Bir Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı projesi olan TARBİL kapsamında anlık zirai, meteorolojik ve fenolojik bilgiler gerçek kullanıcılar ile paylaşılmaktadır. Bununla birlikte Türkiye'nin birçok bölgesinde hali hazırda kurulmuş olan akıllı istasyonlar, tarımda verimliliğin üst düzeye çıkarılması hedefi doğrultusunda yüzlerce parametreye ait konumsal ve zamansal veri toplamaktadır.

4.1. Veri Görselleştirme ve Test Yöntemi

Literatür taramasında tablo biçiminde belirtilen görselleştirme araçlarından NOAA ortamı ile elde edilen veriler üzerinde Matlab hızlı prototipleme programı kullanılarak hem 2B hem de animasyonlu 2B görselleştirmeler üretilmiştir. Bu noktada NOAA üzerine bir parantez açılırsa, hem Türkiye'ye ait hem de küresel veriler üzerinde seçme ve yerleştirme işlemine sunduğu katkının, çalışmamızda gerçekleştirilen görselleştirmelerde önemli yer tuttuğu görülmektedir. Akan parçacık yapıları kullanılan rüzgar hızı ve yönü görselleştirmesi, Matlab ortamında 2B animasyonlu olarak gerçekleşmiştir. Bununla birlikte rüzgar hızı ve yönü görselleştirilirken, akış görselleştirme teknikleri arasında yer alan hareketlendirilmiş akıntılar (İng. animated streamlets) ve hareketlendirilmiş ortogonal parçacıklar (İng. animated orthogonal particles) kullanılmıştır.

TARBİL projesi tarafından sağlanan veriler ile de sıcaklık, basınç ve nem değişkenleri için animasyonlu 2B görselleştirme oluşturma kapsamında hareketli ısı haritası yöntemi gerçekleştirilmiştir. Sembolik ve gerçekçi görselleştirme yapılarının birleştirilmesine dair çıkarımdan çalışmamızda da yararlanılmış ve Matlab ortamında hem 2B hem de karma (gerçekçi ve sembolik) görselleştirme oluşturma aşamasında seçilen GRID yönteminden faydalanılmıştır.

Çalışmamızda bize sağladığı esneklik ve faydalardan dolayı NOAA'nın Matlab ortamında kullanımı uygun görülmüştür. Bunlar esneklik ve faydalar arasında,

kullanıcıların kendi amaçları için indirebilecekleri ve kullanabilecekleri veri katmanlarının yanı sıra haritalar ve grafikler şeklinde kendi öngörülerini temsil edebilecekleri yapıların bulunması ön plana çıkmaktadır. NOAA'dan gelen verileri içeren dosyalar satırlar ve sütunlardan oluşan tablolar biçiminde, incelendiğinde binlerce kayıt içerdiği görülmektedir. Bu biçimde sahip olunan veriler Matlab ortamında fonksiyonlar yardımıyla işlenmiştir. Daha sonra işlenen veriler, meteorolojik değişkenlerin sayısal değer aralıklarına ve ölçeklerine göre ayarlanarak uzman çözümleyicinin görselleştirme ölçütleri doğrultusunda dizgeyi değerlendirmesi sağlanmıştır.

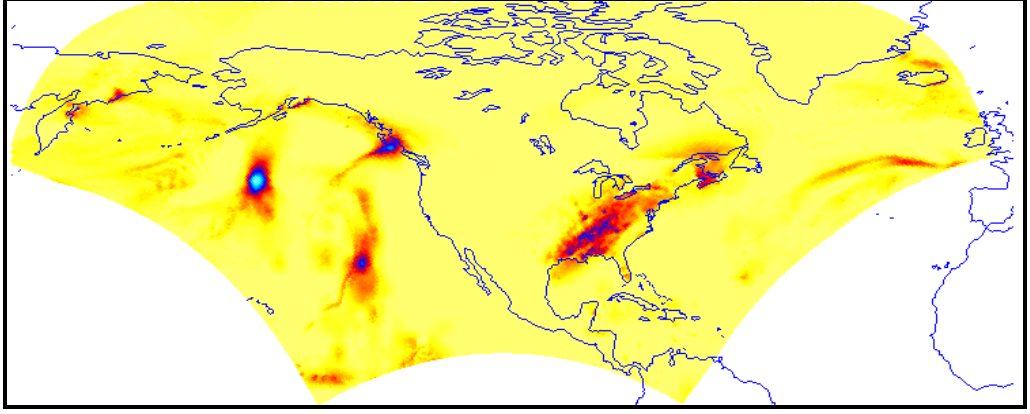
Harita üzerinde temsil edilen verilerin (Örn. Sıcaklık), hangi noktanın nereye yerleşeceğinin görselleştirme dizgesine bildirilmesi gerekmektedir. Veriler $1^\circ \times 1^\circ$ çözünürlüğünde olduğundan enlem ve boylamı temsil edebilmek için aşağıdaki gibi belirlenen iki adet değişkene ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece dünya haritası derecelere bölünerek temsil edilebilmekte ve ızgara biçiminde ayrılmaya hazır hale getirilmektedir.

$$gLat = 90:-1:-90 \quad (4.1)$$

$$gLon = 0:359 \quad (4.2)$$

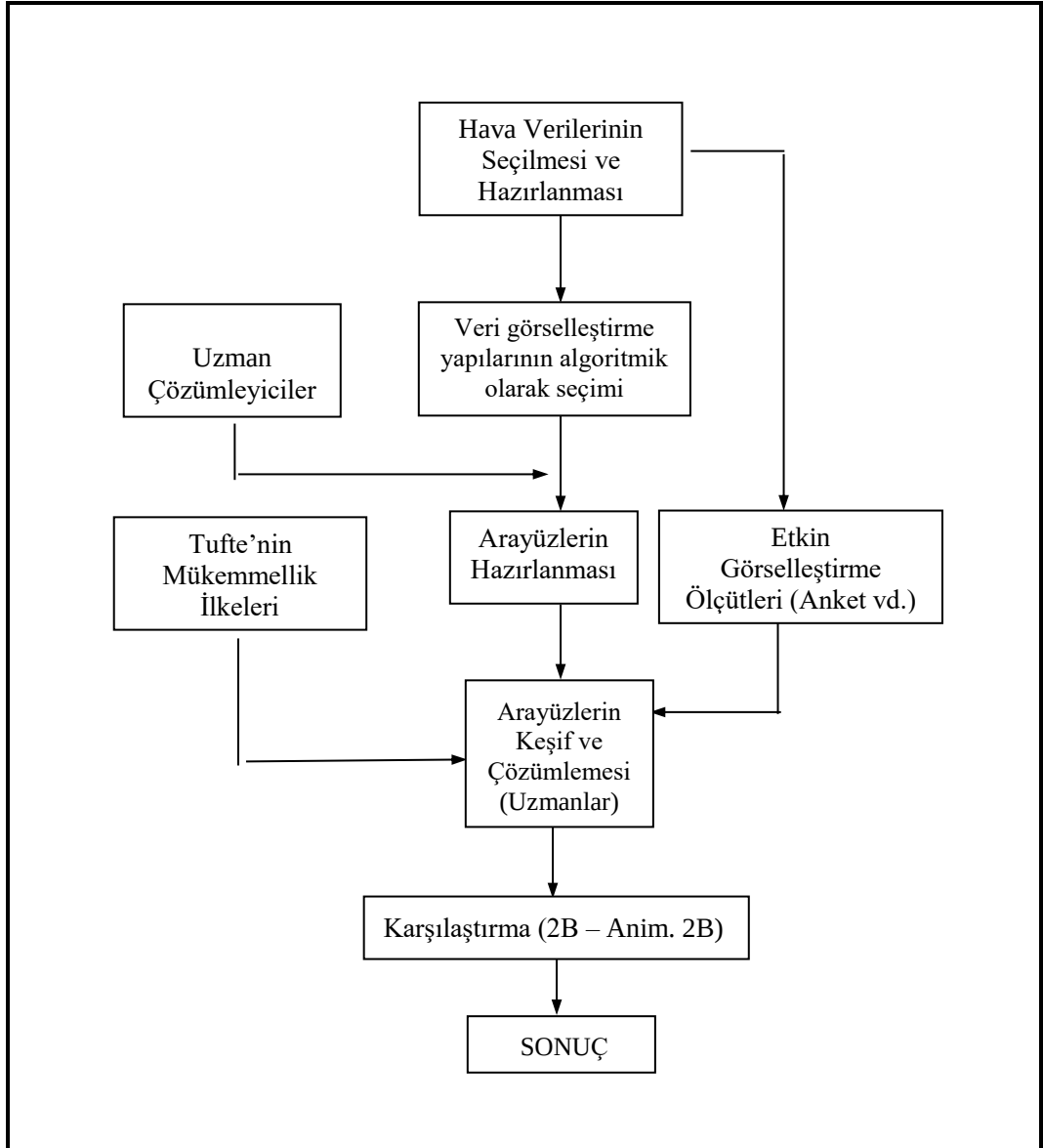
Yukarıdaki denklemler doğrultusunda çevrelenen veriler doğrultusunda, kullanılan görselleştirme yöntemleri sonucu oluşan yapıların doğru ölçülebilmesi ve test edilebilmesi için veri ölçekleri üzerinde bazı düzeltmeler de yapılmıştır. Örneğin; atmosferik basınç yükseklik 0 km $\rightarrow \infty$ km olarak ilerlediğinde 1000 mb $\rightarrow$ 0 mb şeklinde azalmaktadır. Temsil arayüzünde ise bu görselleştirmeyi temsil edebilmek için 1000 mb $\rightarrow$ 0 mb şeklinde basıncın azalmasını sağlayacak sezgisel bir yapı eklenmiştir. Bununla birlikte çevritlerin (İng. contour) sayısı sıklaştırılarak daha gerçekçi ve daha hassas bir şekilde ölçülebilen bir görselleştirme elde edilmiştir.

NOAA'ya ait farklı değişkenler içeren ve birden çok kıtayı kapsayacak şekilde görselleştirilmiş görünümü Şekil 4.1'deki gibidir.



Şekil 4.1: NOAA'ya ait örnek bir görünüm.

Hava verilerinin görselleştirmesine ait dizge mimarisi ise Şekil 4.2.'de yer alan diyagram biçiminde oluşmuştur. Böylece dizgenin başlangıç, bitiş ve ara durumları ile bunların kendi aralarındaki döngüsel ilişkileri tutarlı biçimde ortaya konmuştur. Başlangıç durumundan bitiş durumuna kadar olan adımlar takip edildiğinde dizgenin süreç içinde artırımsal olarak ulaştığı nokta gözlemlenebilmektedir.



Şekil 4.2: Veri görselleştirme dizge mimarisi.

5. DENEYLER

Gerçekçi ve sembolik hava görselleştirmenin birlikte kullanımının (G+S) , tek başına sembolik görselleştirmeden (S) daha iyi ve uzman çözümleyicilerin veriyi keşfetmesine yönelik (İng. exploratory) bir görselleştirme sağlaması varsayımını araştırma amaçlı 4 adet deney seti oluşturulmuştur. Çalışmada İstanbul iline ait meteorolojik değişkenler görselleştirilmiştir. Deneylere 10 adet insan denek katılmıştır. Bu testler ile daha insan-merkezli bir kullanıcı deneyimi yaşatılması ve görselleştirme tasarımının gerçekleşmesi de beklenmektedir.

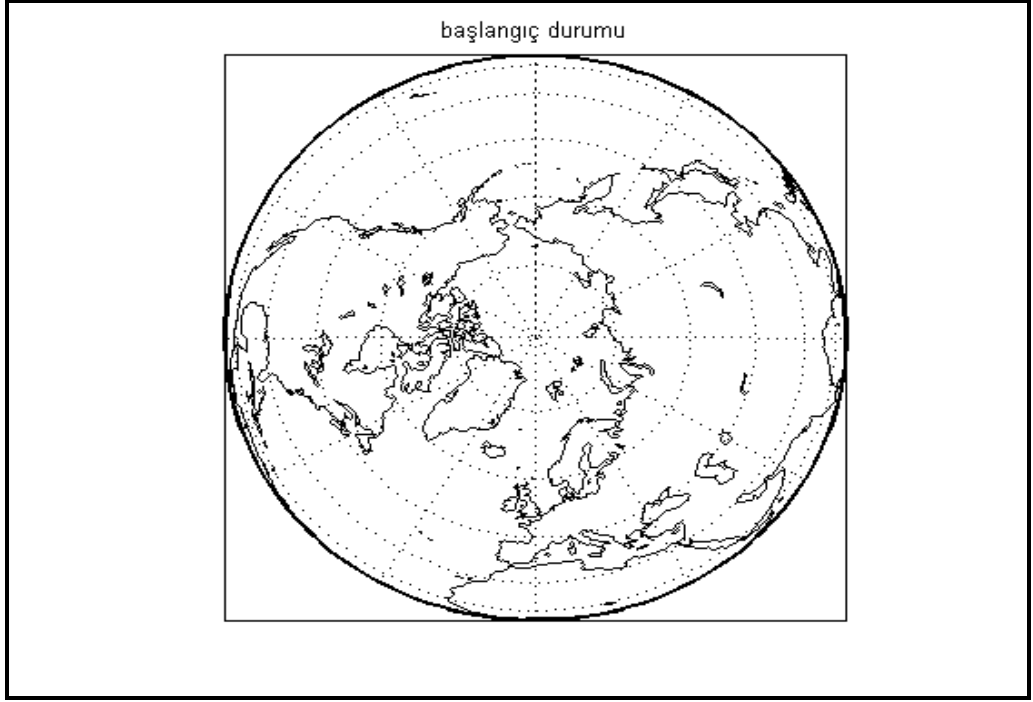
Deneylere hazırlık aşamasında dizgenin başlangıç noktası olarak 2B harita üzerinde Şekil 5.1’de de görüldüğü üzere:

- Kıtalar, yüzey şekilleri, sınırlar vb. temel çizimleri oluşturma,
- İstenilen bölgenin harita üzerinde konumunu saptayabilme,
- Saptanan konum üzerinde yakınlaştırma/uzaklaştırma gerçekleştirebilme özellikleri eklenmiştir.

Dizgenin başlangıç durumu üzerine, çalışma kapsamında yer alan dört meteorolojik değişkeni kapsayan başlıklar altında yeni görselleştirmeler oluşturulmuştur. Ardından uzman çözümleyicilere, daha önceden belirlenen ölçütler çerçevesinde dizgeyi karşılaştırma ve keşfetme olanağı sunulmuştur.

Bu bağlamda karma görselleştirmenin, tek başına sembolik görselleştirmeden daha iyi olduğu varsayımını değerlendirmek için harita üzerinde gerçekleşen iki ayrık durum şunlardır:

- Değişkenlerin ısı haritası, çubuk ve pasta grafik ile temsil edildiği 2B düz harita içeren bir görselleştirme,
- Sembolik (İng. abstract) ve gerçekçi görselleştirme öğelerini animasyonlu 2B küresel harita üzerinde birleştiren bir görselleştirme.



Şekil 5.1: Dizgenin başlangıç durumunun belirlenmesi

5.1. Anket : Ölçütlerin belirlenmesi

İlk deney keşif kapsamlı olup, bir görselleştirmenin kullanışlı olup olmadığına yönelik anlayışların tespiti için gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yöntemlerin kuvvetli ve zayıf yanlarını anlayabilmek amacıyla, iyi bir görselleştirmeyi tanımlayan ölçütlerin belirlenmesi ilk adımdır.

Bu çerçevede Tufte'nin grafiksel mükemmellik ilkeleri insan deneklere yönerge olması bakımından çıktı olarak verilmiştir. Ardından sorulan beş adet soru arasından en az bir şıkkı işaretleyerek ankete katılmaları istenmiştir. Sorulara verilen cevapların sıklığına göre beş adet ölçüt belirlenmiştir.

Tablo 5.1: Uzman çözümleyici anket soruları.

1- Görselleştirilen veriyi değerlendirirken sizin için önemli olan nedir? A) Verinin anlamı B) Verinin doğruluğu ve kesinliği C) Verinin görselleştirildiği arayüzün sağlamlığı (İng. robustness) D) Verinin uzman çözümleyicinin bilgi eksikliklerini tamamlayabilmesi 2- Görselleştirilen hava verisini değerlendirme sürecinde verilerin aşağıdaki özelliklerden hangisi ya da hangileriyle ifade edilmesini istersiniz? A) Verileri anlamlı biçimde takip edilebilme B) Animasyon C) Haptik Ortam D) Verileri çok boyutlu hale getirme 3- Bir hava görselleştirme dizgesinden beklentiniz nelerdir? A) Sıcaklık, basınç, nem gibi değişkenleri kavrayabilme B) Arayüzün farklı görselleştirme stillerini kullanması C) Dizge yardımıyla istatistiki verilere ulaşılabilmesi D) Dizgedeki eksik yönleri bulup, daha sonra düzeltilmesi adına geri bildirim sunma olanağı tanınması 4- Aşağıdaki görselleştirme tekniklerinde hangisi ya da hangileri hakkında genel bilginiz vardır? A) Yalnızca Sembolik görselleştirme B) Yalnızca Gerçekçi görselleştirme C) Sembolik ve Gerçekçi görselleştirmenin ikisini de D) Hiçbiri hakkında bilgim yok 5- Hava görselleştirme dizgesini bütüne dönük değerlendirirseniz hangisini ilk olarak söylersiniz? A) Görselleştirmeler insan-merkezli olmalıdır B) Görselleştirmeler görsel açıdan hoşuma gitmelidir C) Görselleştirmeler yardımı ile bana sorulan tüm sorulara cevap verebilmeliyim. D) Görselleştirmelerin bir kısmının yetersiz olması durumunda ileriye dönük olarak geliştirilmeye açık olmalıdır.
--

Tablo 5.2: Anket istatistik tablosu.

YANIT	A	B	C	D
ADET	8	7	9	6

Uzman çözümleyicilerin sorulara verdiği yanıtların sıklığı ve Tufte'nin mükemmellik ilkeleri doğrultusunda her bir meteorolojik değişkenin araştırması için kullanılacak olan ölçütler:

- Ölçüt 1: Kullanıcılar hava durumu hakkındaki sorulara cevap verebilmektedir / verememektedir.
- Ölçüt 2: Kullanıcılar değişkene ait değerleri dizge arayüzü üzerinde anlam verecek biçimde karşılaştırılabilmektedir / karşılaştıramamaktadır.
- Ölçüt 3: Kullanıcılar oluşturulan dizge yardımıyla, ilgili değişkene ait veri kümesini istatistiksel ve sözlü tanımlamalar ile açıklayabilmektedir / açıklayamamaktadır.
- Ölçüt 4: Kullanıcılar Karma görselleştirme (Gerçekçi + Sembolik) ve Sembolik görselleştirme (S) arasında net ayrım yapabilmektedir / yapamamaktadır.
- Ölçüt 5: Kullanıcılar görselleştirmeyi sevmiştir / sevmemiştir.

şeklinde belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra gerçekleştirilen deneylerde uzman çözümleyicilerin sistemi keşif ve çözümlemeye tabi tutarken kullanacakları ölçütler devreye alınmıştır. Her bir deneyde insan deneklere sorulmak üzere belirlenen sorular ise aşağıdaki şekildedir:

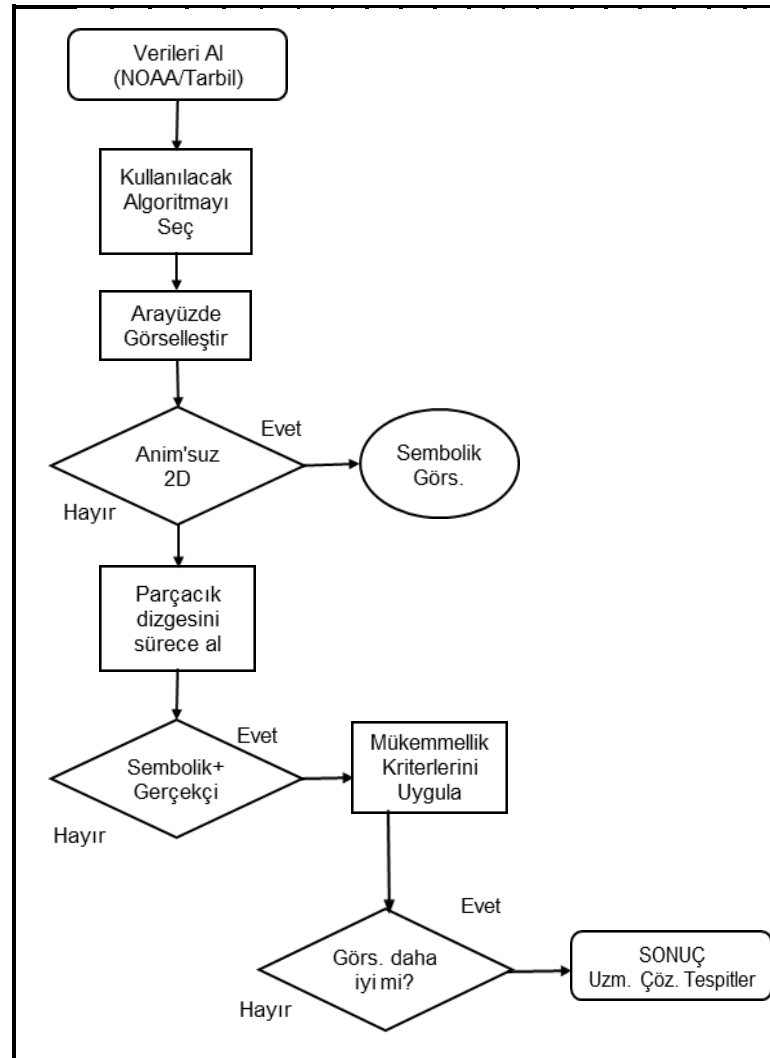
- Soru 1: Hangi görselleştirmeyi tercih edersiniz? Neden?
- Soru 2: Görselleştirmeden sayısal değerleri okumak ne kadar kolaydı?
- Soru 3: 2D/Animasyonlu 2D görselleştirme tekniğinin sizin için önemli olan 3 kuvvetli yanı nedir?
- Soru 4: 2D/Animasyonlu 2D görselleştirme tekniğinin sizin için önemli olan 3 zayıf yanı nedir?

- Soru 5: Görselleştirmeyi doğru biçimde anladığınız konusunda kendinizden ne kadar eminsiniz? (5 – çok eminim, 1 – hiç emin değilim)
- Soru 6: 2D/Animasyonlu 2D görselleştirme tekniğini geliştirmek için öneriniz ne olurdu?

Her hava değişkeni için özel soru sorma bağlamında ise;

- Soru 7: 2D/Animasyonlu 2D görselleştirme örneklerindeki en yüksek ve en düşük hava sıcaklığı/atmosferik basınç/nem miktarı/rüzgar hızı nelerdir?

Her bir deney için dizge üzerinde tatbik edilecek yöntemin, algoritmik akış şeması biçimindeki temsili Şekil 5.2'deki gibi oluşmuştur.



Şekil 5.2: Uygulanan yöntemlere ait akış şeması.

Böylece her bir deney için uzman çözümleyicilerin görselleştirmeleri keşif ve çözümlemeye tabii tutacakları sistematik bir yol ortaya konulmuş olup, veri modelleri ile birlikte yapacakları çalışmalar için dizge yapısı ile uyumlu olmaları sağlanmaktadır.

5.2. Deney I: Ortalama Hava sıcaklığı

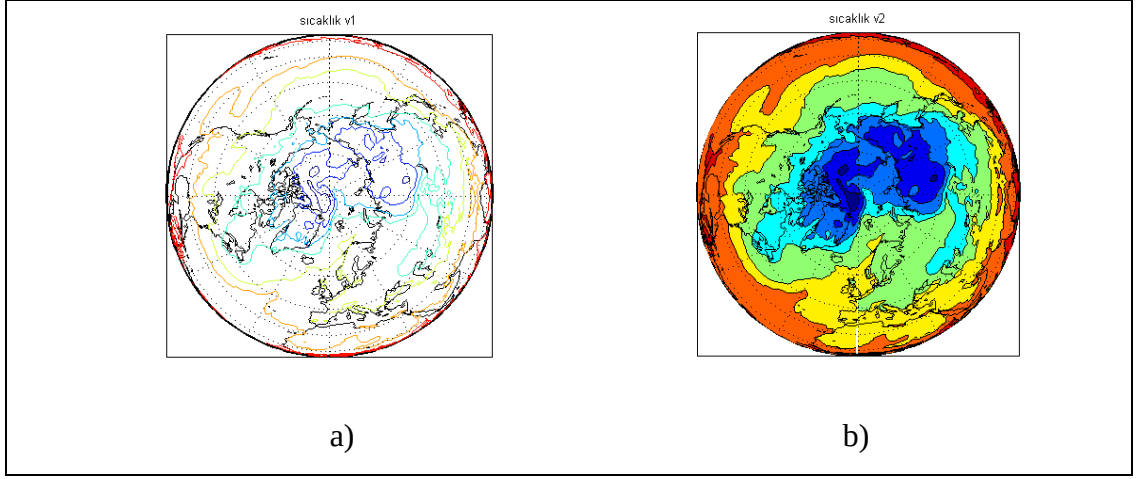
Ortalama sıcaklık değişkeninin iki farklı biçimde görselleştirildiği bu deneyin amacı, uzman çözümleyicilerin harita üzerinde canlandırılan veriyi sembolik (S) veya karma (G+S) biçimlerde keşfetmeleridir. Böylelikle daha iyi bir görselleştirme için belirlenen ölçütleri görselleştirmeler üzerinde sıcaklık değişkeni açısından deneyimleme olanağı sunulmuştur.

Deneyin 2B görselleştirme içeren bölümünde, TARBİL projesi kapsamındaki 34.01 Eskice istasyonundan alınan 2016 yılı Aralık ayına ait İstanbul ili verileri düz harita üzerinde ısı haritası tekniği ile görselleştirilmiştir. Şekil 5.2.'deki sıcaklık ölçeğindeki ilgili renge karşılık gelen hava sıcaklığı, harita üzerinde de aynı biçimde uzman çözümleyicinin keşif sürecine eklenmiştir.



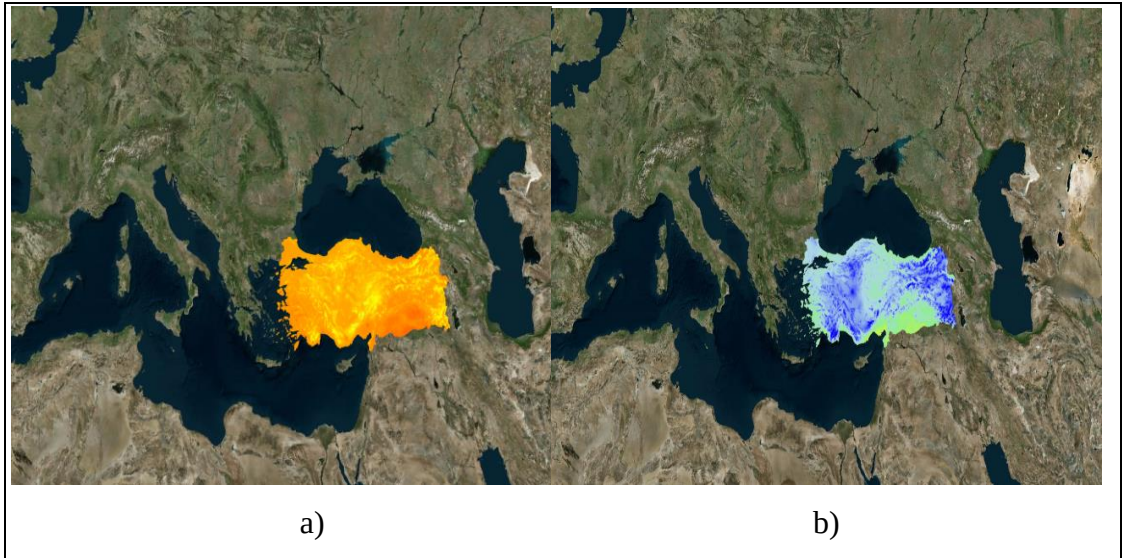
Şekil 5.3: Global sıcaklık ölçeği.

Şekil 5.3.'deki ekran görüntüsü ile canlandırılan sıcaklık görselleştirmesi, çevritler (İng. contour) ve ısı haritası yardımıyla iki aşamalı olarak kıtaların da belirgin olarak seçilebildiği bir düzende dünya haritası üzerinde gerçekleşmiştir. Dizge yakınlştırılarak ilgi duyulan bölgeye ait sıcaklık bilgisi de görülebilmektedir. Yerden 2 metre yükseklik seviyesinde oluşan sıcaklık verileri Matlab ortamında NOAA tarafından sağlanan verilere göre canlandırılmıştır. İleri bir çalışma için basınç gösteren izobarlar ve rüzgar yönünü gösteren ok sembollerini de 2B harita üzerine eklemek mümkündür. Bununla birlikte dizgenin çözünürlüğü, karma görselleştirme ile karşılaştırıldığında düşük olmaktadır.



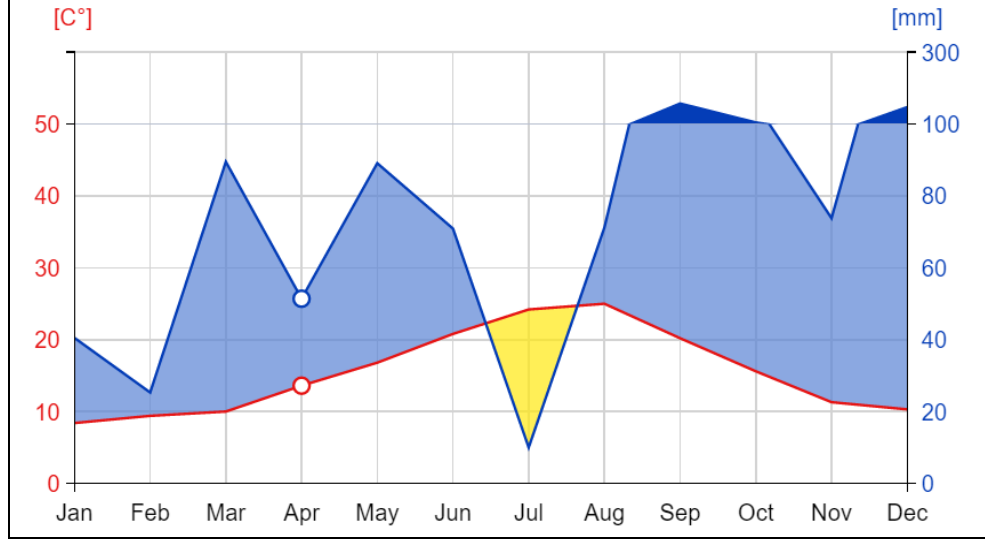
Şekil 5.4: a) Sıcaklığın ısı haritasıyla temsil edildiği görselleştirme ilk sürüm,
b) Sıcaklığın ısı haritasıyla temsil edildiği görselleştirme ikinci sürüm.

Aynı deneyin gerçekçi sürümünde ise TARBIŁ verileri animasyonlu 2B (İng. animated 2D) olarak canlandırılmıştır. Dizgedeki zaman çizelgesi (İng. timeline) yardımıyla tarihsel sıcaklık verileri uzman çözümleyici tarafından keşfedilebilmektedir. Ayrıca Şekil 5.4.’teki arayüz üzerinde işaretlenen noktanın sıcaklık bilgisi gerçek zamanlı olarak uzman çözümleyiciye iletilebilmektedir. Dizge daha yüksek çözünürlüklüdür. Böylece aynı zamansal döneme ait iki farklı görselleştirme ile probleme yaklaşım ve keşif olanağı sağlanmıştır.



Şekil 5.5: a) Sıcaklığın animasyonlu 2B karma görselleştirmesi ilk örnek,
b) Sıcaklığın animasyonlu 2B karma görselleştirmesi son örnek.

Sembolik ve Karma görselleştirmelerin canlandırılmasının ardından İstanbul iline ait yıllık sıcaklık-yağış grafiği de Şekil 5.6’te oluşturulmuştur. Böylece deneye ait istatistiksel verilere de farklı bir bakış açısı ile bakılabilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 5.6: İstanbul ili için yıllık sıcaklık/yağış grafiği.

Deneyin tamamlanma sürecinde önceki kısımda tespit edilen ölçütler uzman çözümleyicilere yönerge olarak verilmiş, aynı zamanda görselleştirmeleri deneyimleme olanağı sunulmuştur. Çözümleyicilerden ölçütleri 1-5 ham puan aralığına (çok kötü – kötü – orta – iyi – çok iyi) karşılık düşecek biçimde puanlamaları istenmiştir. İlgili puanlamalar sonucunda Tablo 5.2.’deki gibi bir durum oluşmuştur.

Tablo 5.3: Sıcaklık değişkeni puanlama tablosu.

2B/Anim. 2B Görselleştirme	Çok kötü (1 puan)	Kötü (2 puan)	Orta (3 puan)	İyi (4 puan)	Çok iyi (5 puan)	Toplam kişi*puan
Ölçüt I	1/0 kişi	1/0 kişi	1/1 kişi	6/8 kişi	1/1 kişi	35/40
Ölçüt II	1/1 kişi	2/1 kişi	1/2 kişi	4/1 kişi	2/5 kişi	34/38
Ölçüt III	1/1 kişi	1/1 kişi	2/1 kişi	2/1 kişi	4/6 kişi	37/40
Ölçüt IV	1/1 kişi	2/0 kişi	4/1 kişi	2/1 kişi	1/7 kişi	30/43
Ölçüt V	1/0 kişi	1/0 kişi	3/1 kişi	4/3 kişi	2/6 kişi	38/45

5.3. Deney II : Atmosferik basınç

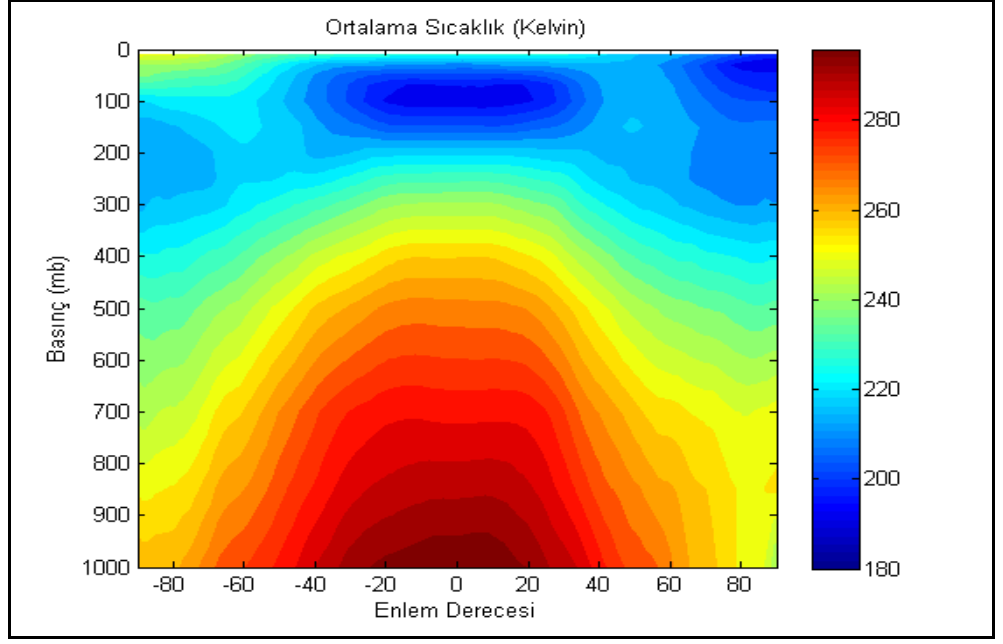
Atmosferik basınç değişkeni de aynı ortalama sıcaklık değişkeninde olduğu gibi iki farklı biçimde görselleştirilmiştir. Bu deneyin amacı, uzman çözümleyicilerin harita üzerinde canlandırılan basınç verisini çözümleme yapacak düzeyde kavratmaktır. Bu yolla daha iyi bir görselleştirme için belirlenen ölçütlerin atmosferik basınç bakımından değerlendirilmesi olanağına kavuşulması hedeflenmiştir.

Deneyin 2B görselleştirme içeren bölümünde basınç verileri Matlab ile düz harita üzerinde görselleştirilmiştir. Bir konumun etrafındaki en hızlı değişen basınç değerinin hangi oranda ve yönde olduğunu tanımlayan basınç gradyanının (İng. pressure gradient) gerçekleşmesi ile görselleştirme meydana getirilmiştir. Şekil 5.7'daki atmosferik basınç ölçeğindeki ilgili renge karşılık gelen hava basıncı, harita üzerinde de aynı biçimde uzman çözümleyicinin keşif sürecine eklenmiştir.



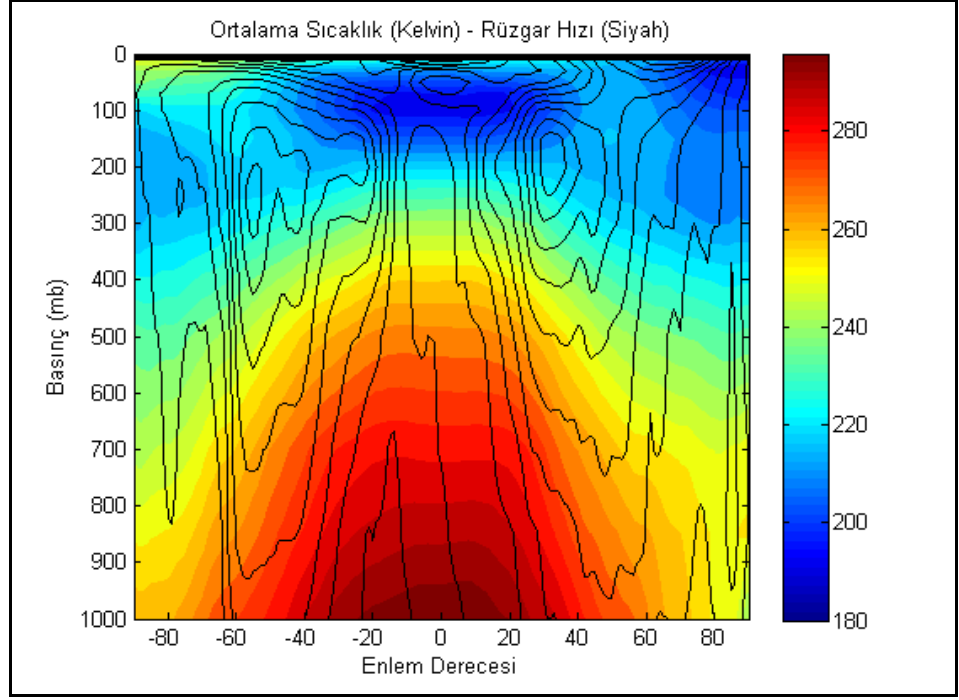
Şekil 5.7: Atmosferik basınç ölçeği.

Şekil 5.8'deki ekran görüntüsü ile canlandırılan dizgede global basınç verilerinin yeniden üretilmesi ile görüntülenmiştir. Deniz seviyesinde olup mbar birimiyle gösterilen basınç verileri NOAA tarafından sağlanan veriler ile canlandırılmıştır. Ek olarak görselleştirmeye rüzgar yönünü gösteren çizimleri de eklemek mümkündür. Dizgenin çözünürlüğü, karma görselleştirme ile karşılaştırıldığında yine düşük kalmaktadır.

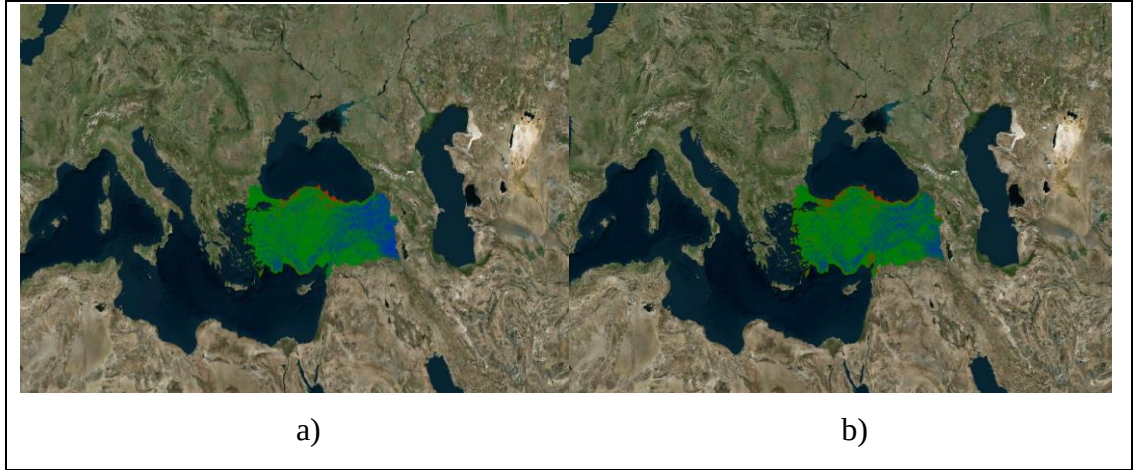


Şekil 5.8: Atmosferik basıncın izobarla temsil edildiği görselleştirme.

Aynı deneyin gerçekçi sürümünde ise veriler animasyonlu 2B (İng. animated 2D) biçimde canlandırılmış ve dizgeye akan parçacık yapıları eklenmiştir. Akan parçacıkların canlandığı rüzgar hızı ile basınç alanları ilişkisi Şekil 5.9'deki grafikte veriler üst üste getirilerek temsil edilmiştir. Ayrıca arayüz üzerinde işaretlenen noktanın atmosferik basınç uzman çözümleyiciye renk çubuğu yardımıyla iletilebilmektedir. Böylece Şekil 5.10 ile birlikte animasyonlu 2B biçiminde canlandırılan zamansal ve konumsal veriler, döneme ait iki farklı görselleştirmeyi tamamlayarak atmosferik basıncın görselleştirme problemine çözümleyici bir yaklaşım sağlamıştır.



Şekil 5.9: Atmosferik basınç-rüzgar hızı ve yönü ilişki grafiği.



Şekil 5.10: a) Basıncı animasyonlu 2D karma görselleştirme ilk örnek,
b) Basıncı animasyonlu 2D karma görselleştirme son örnek.

Deneyin son bölümünde uzman çözümleyicilerin artık elinde olan ölçütlere, görselleştirmeleri deneyimleme olanağı tekrardan sunulmuştur. Çözümleyicilerden ölçütleri 1-5 ham puan aralığına (çok kötü – kötü – orta – iyi – çok iyi) karşılık düşecek biçimde puanlamaları istenmiştir. İlgili puanlamalar sonucunda Tablo 5.3.'teki gibi bir durum oluşmuştur.

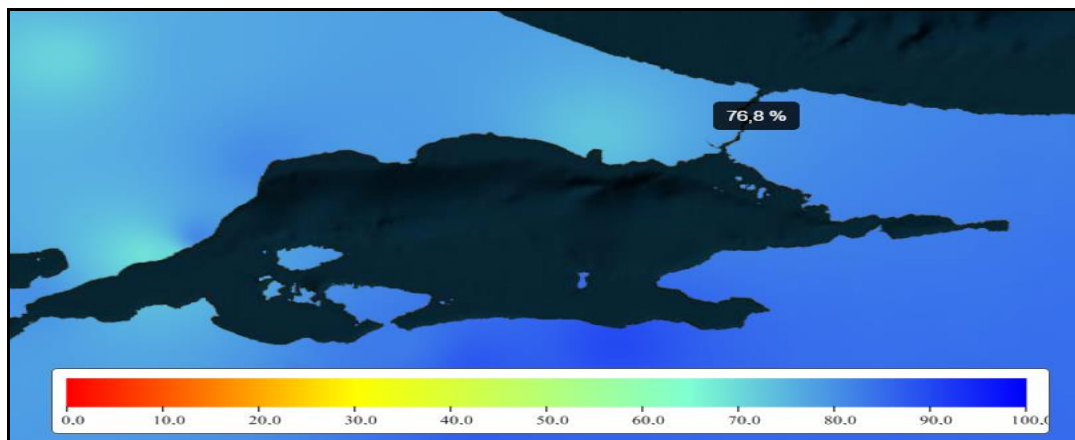
Tablo 5.4: Atmosferik basınç puanlama tablosu.

2B/Anim. 2B Görselleştirme	Çok kötü (1 puan)	Kötü (2 puan)	Orta (3 puan)	İyi (4 puan)	Çok iyi (5 puan)	Toplam kişi*puan
Ölçüt I	0/0 kişi	1/0 kişi	3/1 kişi	4/8 kişi	2/1 kişi	37/40
Ölçüt II	1/0 kişi	0/1 kişi	3/2 kişi	3/0 kişi	3/7 kişi	37/38
Ölçüt III	0/0 kişi	2/1 kişi	3/0 kişi	2/1 kişi	3/8 kişi	36/46
Ölçüt IV	1/1 kişi	1/2 kişi	2/2 kişi	3/1 kişi	3/4 kişi	36/35
Ölçüt V	1/0 kişi	1/0 kişi	3/1 kişi	1/2 kişi	4/7 kişi	36/46

5.4. Deney III : Nem miktarı

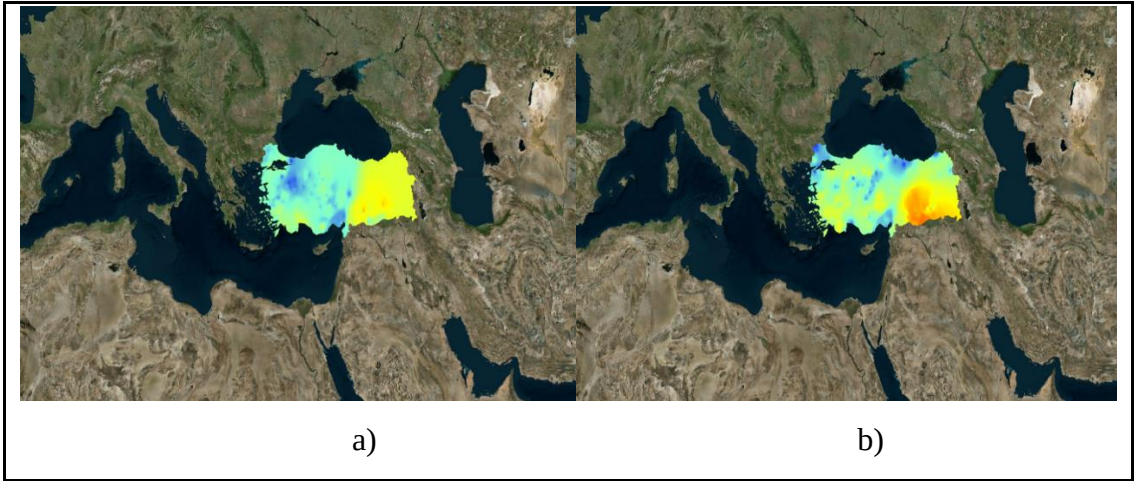
Nem miktarı değişkeninin iki farklı biçimde görselleştirildiği bu deneyin amacı, uzman çözümleyicilerin harita üzerinde canlandırılan veriyi sembolik (S) veya karma (G+S) biçimlerde keşfetmelerini bir boyuta daha taşımaktır. Bu çerçevede görselleştirme ölçütleri nem miktarı açısından deneyimleme olanağına kavuşmuştur.

Deneyin 2B görselleştirme içeren bölümünde, Eskice istasyonundan alınan İstanbul ili verileri düz harita üzerinde ısı haritası tekniği ile görselleştirilmiştir. Şekil 5.11.'da nem ölçeğini de içinde barındıracak biçimde değişkenin sayısal olarak büyüklüğünü temsil eden renge karşılık gelen nem miktarı, harita üzerinde çözümleyicinin karşılaştırma ve değerlendirmesini sağlayacak biçimde görselleştirilmiştir.



Şekil 5.11: Nem miktarını temsil eden 2B görselleştirme.

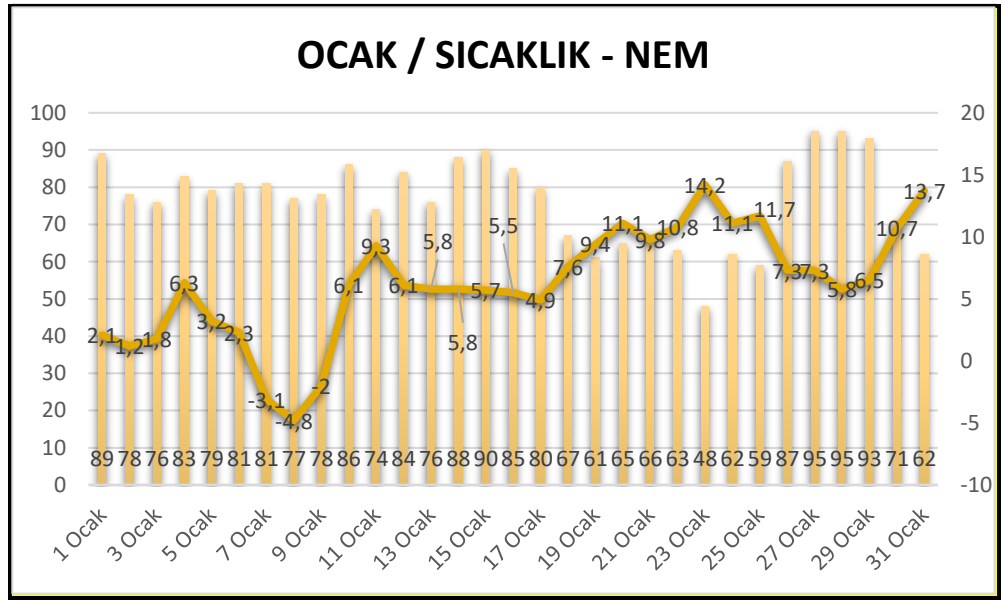
Belirtilen ekran görüntüsü ile canlandırılan dizgeyi yakınlaştıracak İstanbul ili içerisinde ilgi duyulan bölgeye ait nem bilgisi görülebilmekte ve üç temel nem sınıfına (nemli, çok nemli, kurak) ait değerlendirme yapılabilmektedir. Yerden 2 metre yükseklik seviyesinde oluşan nem verileri TARBİL'deki yapılandırmaya göre aynı değerleri 10 metre yükseklikten ve 30 dakikada bir güncellenecek şekilde gözlemlemek de mümkündür.



Şekil 5.12: a) Nemin animasyonlu 2B karma görselleştirmesi ilk örnek, b) Nemin animasyonlu 2B karma görselleştirmesi son örnek.

Aynı deneyin gerçekçi sürümünde ise, yine TARBİL verileri animasyonlu 2B yapıda canlandırılmış ve dizgeye hareketli ısı haritası Şekil 5.12.'deki gibi eklenmiştir. Zaman çizelgesi üzerinde gün ve ay odaklı ilgili aralık seçilerek belirli periyotlarla verilerin değişimi kaydedilmek suretiyle ilgili gözlemler gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca arayüz üzerinde işaretlenen noktanın nem bilgisi gerçek zamanlı olarak uzman çözümleyiciye iletilebilmektedir. Böylece aynı zamansal döneme ait iki farklı görselleştirme ile probleme yaklaşım ve keşif olanağı sağlanmıştır.

Şekil 5.13'deki grafikte 2016 yılı Ocak ayına ait aylık sıcaklık ve nem verileri birlikte temsil edilmiştir. Böylece ilk deneyde gerçekleştirilen sıcaklık değişkeni, üçüncü deney olan nem miktarına entegre edilerek uzman çözümleyicilerin bu durumdan istatistiksel sonuçlar çıkarması ve notlar alarak, kendilerine yöneltilen sorulara cevap verebilmesi beklenmektedir. Ayrıca arayüz üzerinde işaretlenen noktanın nem bilgisi anlık olarak uzman çözümleyiciye iletilebilmektedir. Böylece iki farklı görselleştirme tamamlanarak nem miktarının görselleştirme problemine bir yaklaşım sağlanmıştır.



Şekil 5.13: İstanbul aylık sıcaklık-nem grafiği.

Uzman çözümleyiciler ölçütleri 1-5 ham puan aralığına (çok kötü – kötü – orta – iyi – çok iyi) göre puanlamış ve ilgili deneyin görselleştirme ölçütlerine göre puanlanması sonucunda Tablo 5.4.’teki gibi bir durum oluşmuştur.

Tablo 5.5: Nem miktarı puanlama tablosu.

2B/Anim. 2B Görselleştirme	Çok kötü (1 puan)	Kötü (2 puan)	Orta (3 puan)	İyi (4 puan)	Çok iyi (5 puan)	Toplam kişi*puan
Ölçüt I	1/0 kişi	2/0 kişi	0/1 kişi	7/8 kişi	0/1 kişi	33/40
Ölçüt II	0/1 kişi	2/1 kişi	2/2 kişi	2/1 kişi	4/5 kişi	38/38
Ölçüt III	0/0 kişi	0/1 kişi	0/2 kişi	4/1 kişi	6/6 kişi	46/42
Ölçüt IV	0/1 kişi	0/1 kişi	2/1 kişi	5/1 kişi	3/6 kişi	41/40
Ölçüt V	1/0 kişi	1/1 kişi	1/2 kişi	4/3 kişi	3/4 kişi	37/38

5.5. Deney IV : Rüzgar hızı ile yönü

Rüzgar verisinin canlandırılması iki gruba ayrılmıştır:

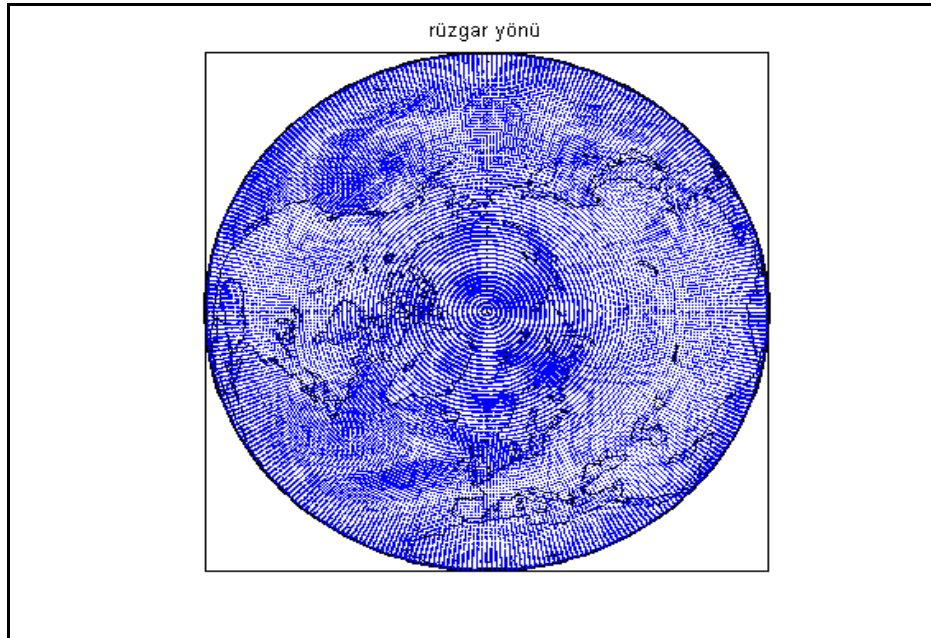
- m/s veya km/saat birimleri ile temsil edilen rüzgar hızı
- Pusula üzerinde renkli biçimde ve yönü belirleyen ok sembolleri ile akan parçacık dizgesi.

Rüzgar verisinin sembolik ve karma görselleştirildiği bu deneyin amacı, uzman çözümleyicilerin görselleştirmeler üzerinde rüzgar değişkeni açısından deneyim edinerek keşifler yapma olanağının sunulmasıdır.

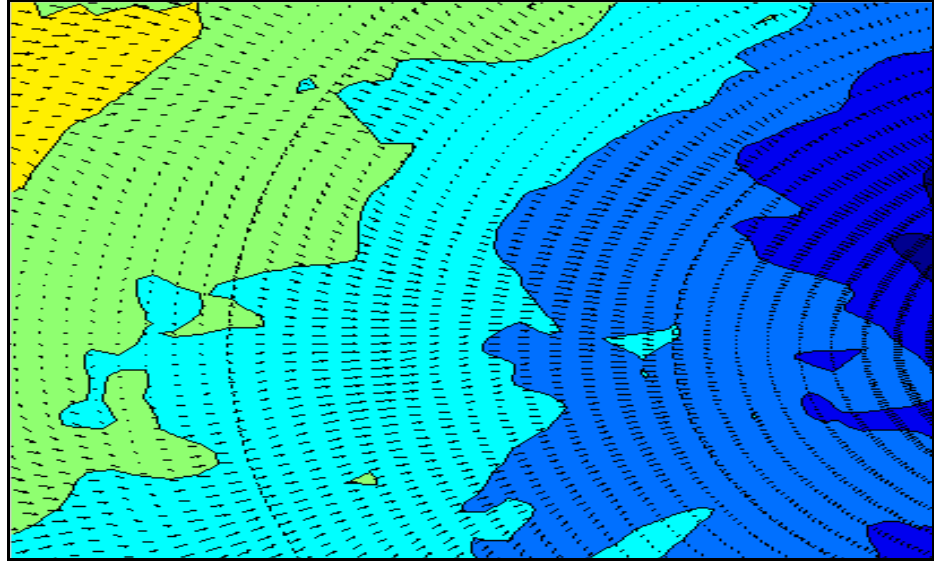
Deneyin 2B görselleştirme içeren bölümünde, NOAA'dan elde edilen veriler Matlab ortamında görselleştirilmiştir. 5.15'te görülen global rüzgar yönü temsili NOAA'dan elde edilen verilerin harita üzerinde görselleştirilmesi için ilk adım olmaktadır. Ardından ilgili kıta, bölge ya da ülkeye özel dizgenin yaklaştırılması ile birlikte ilk 2B görselleştirme elde edilmektedir. Şekil 5.14'deki rüzgar ölçeğindeki ilgili renge karşılık gelen m/s cinsinden rüzgar hızı, harita üzerinde de aynı biçimde uzman çözümleyicinin keşif sürecine eklenmiştir.



Şekil 5.14: m/s cinsinden rüzgar ölçeği.

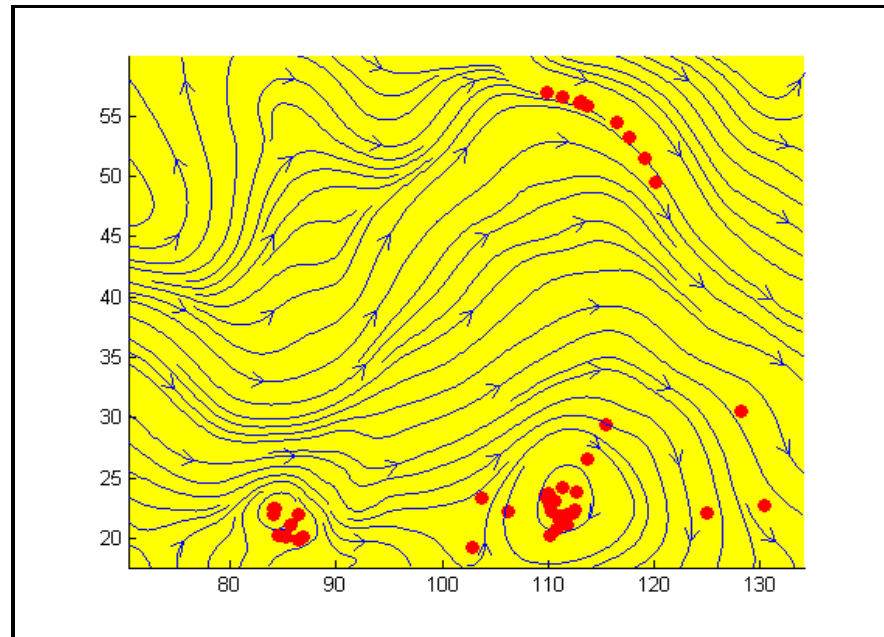


Şekil 5.15: Global rüzgar yönü temsili.



Şekil 5.16: Rüzgar hızı sembolik olarak temsil edildiği görselleştirme.

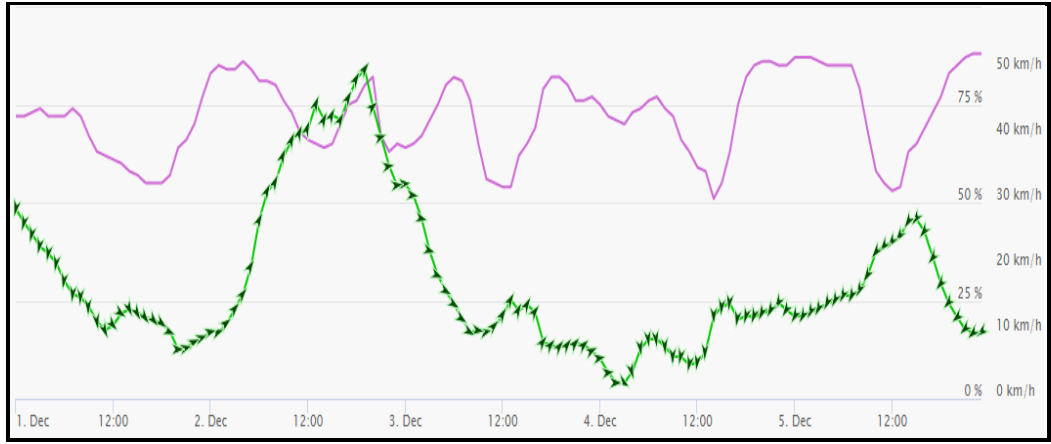
Şekil 5.16'teki ekran görüntüsü ile canlandırılan dizgeyi yakınlaştırmak dünya üzerindeki herhangi bir kıta, bölge ya da ülkeye ait rüzgar yönü ve şiddeti görülebilmektedir. Yerden 2 metre yükseklik seviyesinde oluşan rüzgar değişkenine ait veriler NOAA yardımıyla Matlab ortamında canlandırılmak suretiyle, hem ısı haritası hem de yön gösteren ok sembolleri ile 2B harita üzerine eklenmiştir. Dizgenin çözünürlüğü diğer deneylerde de rastlanacağı üzere karma görselleştirme ile karşılaştırıldığında düşüktür.



Şekil 5.17: Rüzgar hızı ve yönünün animasyonlu 2B karma görselleştirmesi.

Aynı deneyin gerçekçi sürümünde ise (Şekil 5.17), yine NOAA verileri Matlab ortamında animasyonlu 2B biçiminde canlandırılmış ve dizgeye akan parçacık yapıları (animasyon) eklenmiştir. Ayrıca grafiksel arayüz üzerinde odaklanılan noktanın m/s cinsinden rüzgar hızı bilgisi gerçek zamanlı olarak uzman çözümleyiciye iletilebilmektedir.

Şekil 5.18'deki grafikte 2016 yılı Aralık ayına ait 5 günlük nem miktarı-rüzgar hızı ve yönü verileri birlikte temsil edilmiştir. Böylece üçüncü deneyde gerçekleştirilen nem miktarı değişkeni, son deney olan rüzgar hızı ve yönü deneyine entegre edilerek uzman çözümleyicilerin bu durumdan istatistiksel bir sonuç çıkarması da beklenmektedir. Böylece iki farklı görselleştirme gerçekleştirilerek rüzgar hızı ve yönü problemine bütüncül bir yaklaşım sağlanmıştır.



Şekil 5.18: İstanbul 5 günlük nem miktarı-rüzgar hızı ve yönü grafiği.

Deneyin tamamlanma sürecinde önceki kısımda tespit edilen ölçütler uzman çözümleyicilere yönerge olarak verilmiş, aynı zamanda görselleştirmeleri deneyimleme olanağı sunulmuştur. Çözümleyicilerden ölçütleri 1-5 ham puan aralığına (çok kötü – kötü – orta – iyi – çok iyi) karşılık düşecek biçimde puanlamaları istenmiştir. İlgili puanlamalar sonucunda Tablo 5.5.'teki gibi bir durum oluşmuştur.

Tablo 5.6: Rüzgar hızı ve yönü puanlama tablosu.

2B/Anim. 2B Görselleştirme	Çok kötü (1 puan)	Kötü (2 puan)	Orta (3 puan)	İyi (4 puan)	Çok iyi (5 puan)	Toplam kişi*puan
Ölçüt I	0/0 kişi	3/0 kişi	1/2 kişi	5/0 kişi	1/8 kişi	34/46
Ölçüt II	1/0 kişi	2/0 kişi	1/1 kişi	4/0 kişi	2/9 kişi	34/48
Ölçüt III	1/1 kişi	1/1 kişi	2/0 kişi	2/4 kişi	4/4 kişi	37/39
Ölçüt IV	0/0 kişi	2/0 kişi	1/1 kişi	3/3 kişi	4/6 kişi	39/45
Ölçüt V	1/0 kişi	1/1 kişi	3/2 kişi	3/2 kişi	2/5 kişi	34/41

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çeşitli platformlardan toplanan gerçek hava verilerinin daha iyi görselleştirilmesini gerçekleştirme sürecinde, sembolik ve gerçekçi görselleştirme yöntemleri birleştirilerek 2B ve animasyonlu 2B arayüzde uzman çözümleyicilere keşif ve çözümleme için sunulması amacıyla yeni karma bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Önerilen yaklaşım, uzman çözümleyicinin sıcaklık, basınç, nem, rüzgar hızı ve yönü gibi meteorolojik değişkenlerin farklı boyutlardaki görselleştirmelerini kavrama ve algılama yeteneğini, bu durumun üzerine yeni gözlem ve çıkarımlar yapılabilecek düzeyde arttırmıştır. Hava verilerinin yalnızca sayısal ve istatistiksel olarak sunulmasının göze hitap eden bir durum olmadığı açıktır. Bu amaçla farklı meteorolojik durumları temsil eden sembolik yapıların 2B harita üzerinde temsili oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat 2B harita üzerinde yalnızca sembolik olarak nitelenen veriler, bir noktadan sonra kafa karışıklığı ve sorulan sorulara yanıt verilememesi noktasına kadar bir takım problemlere de yol açabilmektedir. Karma görselleştirme ile hava verilerini istatistiksel ve çözümleme amaçlı yorumlarken daha fazla bilgi elde etmek mümkündür. Her görselleştirme probleminin güçlülük, zayıflık, fırsat, tehdit barındıran koşulları bulunmaktadır. Verilerin bilgiye dönüşme süreci ise bundan daha karmaşıktır. Bu karmaşıklık bir model veya yaklaşım kullanmayı zorunlu hale getirmektedir.

İlk aşamada yapılan anket ile 10 adet uzman çözümleyiciye, Tufte'nin grafiksel mükemmellik ilkeleri olarak adlandırdığı ilkeler varsayımsal olarak kabul edilerek, daha iyi görselleştirme ölçütlerini belirleme doğrultusunda yönerge olarak verilmiştir. Ardından uzman çözümleyicilere ucu açık sorular yöneltilerek görselleştirme tekniklerine olan yakınlıklarını gösteren tablo verisi elde edilmiştir (Tablo 5.1). Bu nokta çalışmamızda neden uzman çözümleyicilere başvurularak uzman görüşüne ihtiyaç duyulduğunu da göstermektedir. Tabloya yerleştirilen ölçümler doğrultusunda da özgün bir biçimde daha iyi bir görselleştirme için gerek ve yeter şart olarak sayılabilecek ölçütler maddeler halinde ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte ankete verilen cevapların tutarlılığı ve bazı işaretlemelerin sıklığı, yalnızca uzman çözümleyicilere hitap eden bir yaklaşım önerilmesinin bu aşamada haklılığını vurgulamaktadır.

İnsan denekler ile yapılan Deney 1’de, karma görselleştirmenin (G+S) sembolik görselleştirmeye (S) göre kullanışlı olup olmadığı ortalama sıcaklık değişkenine göre araştırılmıştır. Ortalama sıcaklığın temsili çalışmada ısı haritası tekniği ile yapıldığından ve sıcaklık ölçeği uzman çözümleyiciler tarafından bilindiğinden dolayı uzmanlar sorulan sorulara genelde cevap verebilmiştir. Dizge yardımıyla iki farklı görselleştirmeyi anlamlı biçimde takip edebilme ölçütünde ise verilerin karma görselleştirme kapsamında 2B animasyon ile temsil edilmesi büyük farklılık yaratmıştır. Bununla birlikte seçilen hava modeline göre belirli aralıklarla tekrarlanan animasyona anlam veremeyip, 2B sembolik görselleştirme ile elde edilen istatistiki bilgileri yeğleyen çözümleyiciler de olmuştur. Küçük bir azınlık dışında sembolik ve gerçekçi görselleştirmeyi ayırt edemeyen yoktur. Toplamda bakıldığında ise, sembolik 2B görselleştirmenin mevcut tekniklerin tümü kullanıldığında yeterli olmasına dair H0 hipotezimiz, ortalama sıcaklık verisi özelinde reddedilmiş ve çürütülmüştür. Karma görselleştirme tekniği, sembolik görselleştirmeye göre uzman çözümleyiciler tarafından daha fazla tutulmuş ve sevilmiştir.

Deney 2’de, karma görselleştirmenin (G+S) sembolik görselleştirmeye (S) göre kullanışlı olup olmadığı ortalama atmosferik basınç değişkenine göre araştırılmıştır. Atmosferik basıncın sembolik (2B) temsili, çevritler yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Aynı değişkenin animasyonlu 2B temsili ise ısı haritası tekniği ile yapılmıştır. Basınç ölçeği uzman çözümleyicilere önceden bilgi olarak sunulduğundan, uzmanlar sorulan sorulara genelde cevap verebilmiştir. Dizge yardımıyla iki farklı görselleştirmeyi anlamlı biçimde takip edebilme ölçütünde ise verilerin karma görselleştirme kapsamında 2B animasyon ile temsil edilmesi fark yaratmıştır. Bununla birlikte TARBİL ortamında belirli aralıklarla tekrarlanan animasyona anlam veremeyip, Matlab ortamındaki 2B sembolik görselleştirme ile elde edilen istatistiki bilgileri yeğleyen çözümleyiciler de olmuştur. Küçük bir azınlık dışında sembolik ve gerçekçi görselleştirmeyi ayırt edemeyen yoktur. Sonuç olarak, sembolik 2B görselleştirmenin mevcut görselleştirme tekniklerinin tümü kullanılsa dahi yeterli değildir. Yeterli olduğu yönündeki H0 hipotezimiz atmosferik basınç verisi özelinde reddedilmiştir. Karma görselleştirme tekniği, sembolik görselleştirmeye göre uzman çözümleyiciler tarafından daha fazla tutulmuş ve sevilmiştir.

Deney 3'te, karma görselleştirmenin (G+S) sembolik görselleştirmeye (S) göre kullanışlı olup olmadığı nem miktarı değişkenine göre araştırılmıştır. Nem miktarı, hem 2B hem de animasyonlu 2B olarak TARBİL projesinden sağlanan verilere göre görselleştirilmiştir. Nem miktarının temsili de ısı haritası tekniği ile yapılmıştır. Nem yüzdesini ifade eden ve TARBİL arayüzünde mevcut bulunan ölçek uzman çözümleyiciler tarafından bilinmektedir. Bu durumdan dolayı uzmanlar sorulan soruların çoğuna cevap verebilmiştir. Dizge yardımıyla iki farklı görselleştirmeyi anlam vererek takip edebilme ölçütünde ise verilerin karma görselleştirme kapsamında 2B animasyon ile temsil edilmesi büyük farklılık yaratmıştır. Bununla birlikte TARBİL arayüzünde gün ile ay seçilerek ve sıklık saniyesi verilerek belirli aralıklarla tekrarlanan animasyona anlam veremeyip, 2B sembolik görselleştirme ile elde edilen istatistiki bilgileri yeğleyen az sayıda çözümleyici de deneyde yer almıştır. Deneklerin neredeyse tamamı sembolik ve gerçekçi görselleştirme arasındaki farkı ayırt edebilmektedir. Toplamda bakıldığında ise, sembolik 2B görselleştirmenin mevcut görselleştirme teknikleri ile kullanıldığında yeterli olduğuna dair H0 hipotezimiz nem miktarı değişkeni özelinde de reddedilmiştir. Karma görselleştirme tekniği, sembolik görselleştirmeye göre uzman çözümleyiciler tarafından daha fazla tutulmuş ve sevilmiştir.

Deney 4'te, karma görselleştirmenin (G+S) sembolik görselleştirmeye (S) göre kullanışlı olup olmadığı ortalama rüzgar hızı ve yönü değişkenine göre araştırılmıştır. Rüzgar hızı ve yönü temsili hem 2B hem de animasyonlu 2B olarak Matlab ortamında NOAA verilerine dayanarak yapılmıştır. Rüzgar yönünün temsili çalışmada glif olarak isimlendirilen sembolik ok işareti ile gerçekleşmiş; animasyonlu 2B görselleştirme ise haritanın belirli bir bölümüne odaklanarak, rüzgar yönünü ifade eden eğrilerin üzerine akan parçacık yapıları eklenerek görsel hale getirilmiştir. Rüzgar hızını ve türlerini ifade eden Beaufort ölçeği tüm insan denekler tarafından bilindiğinden uzmanlar sorulan soruların çoğuna cevap verebilmiştir. Dizge yardımıyla iki farklı görselleştirmeye anlam verebilme ölçütünde ise verilerin karma görselleştirme kapsamında 2B animasyon ile temsil edilmesi büyük farklılık yaratmıştır. Bununla birlikte Matlab ortamında akan parçacık yapıları tarafından düzenli olarak tekrarlanan animasyona anlam veremeyip, 2B sembolik görselleştirme ile elde edilen statik glif yapısı sonucu oluşan rüzgar bilgisini yeğleyen çözümleyiciler de olmuştur. Küçük bir azınlık dışında sembolik ve gerçekçi görselleştirmeyi ayırt edemeyen yoktur.

Bu sonucun oluşmasında ok ve oklar üzerinde akan parçacıkların yarattığı belirgin farkın önemi büyüktür. Sonuç olarak, sembolik 2B görselleştirmenin mevcut görselleştirme teknikleri ile kullanıldığında yeterli olduğuna dair H_0 hipotezimiz rüzgar hızı ve yönü değişkeni özelinde reddedilmiştir. Toplamda tutulan istatistiklere bakıldığında ise karma görselleştirme tekniği, sembolik görselleştirmeye göre uzman çözümleyiciler tarafından daha fazla sevilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Web 1, (2017), en.wikipedia.org/wiki/William_Playfair, (Erişim Tarihi: 24/08/2017).
- [2] Web 2, (2017), www.datavis.ca/milestones/index.php?group=1850%2B&mid, (Erişim Tarihi: 24/08/2017).
- [3] Web 3, (2017), www.havaturkiye.com/reports/wxfacts/The-Beaufort-Scale.ht, (Erişim Tarihi: 24/08/2017).
- [4] Web 4, (2017), <http://galton.org/meteorologist.html>, (Erişim Tarihi: 24/08/2017).
- [5] Shaw N., Austin E., (1919), “Manual of Meteorology”, Cambridge University Press, Cambridge
- [6] Web 5, (2017), http://weather.rap.ucar.edu/info/wxSymbols_anno1.pdf, (Erişim Tarihi: 24/08/2017).
- [7] Web 6, (2017), <http://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2015/13345-personal-history-meteorological-visualization.pdf>, (Erişim Tarihi: 24/08/2017).
- [8] Web 7, (2017), www.wmo.int/pages/prog/www/DPFS/documents/48colour.pdf, (Erişim Tarihi: 24/08/2017).
- [9] Talman C. F., (1916), Meteorological Symbols, Monthly Weather Review, 44, 265.
- [10] Ware C., (1988), Color sequences for univariate maps: theory, experiments and principles, in IEEE Computer Graphics and Applications, 8 (5), 41-49.
- [11] Tufte E. R. (2001), “The Visual Display of Quantitative Information”, 2nd Edition, Graphics Press, Cheshire, Connecticut.
- [12] Hibbard W., Santek, D., (1989), “Visualizing large data sets in the earth sciences”, Computer, 8, 53–57.
- [13] Hibbard W., Dyer C., Paul B., (1992), “Display of scientific data structures for algorithm visualization”, Proceedings of Visualization '92, IEEE, 139-146, Boston.
- [14] Riley K., Ebert D., Hansen C., Levit J. (2003), “Visually Accurate Multi-Field Weather Visualization”, Proceedings of IEEE Visualization 2003, 279-286, Seattle.
- [15] Kniss J., Premoze S., Ikits M., Lefohn A., Hansen C., Praun E., (2003), “Gaussian transfer functions for multi-field volume visualization”, Proceedings of the 14th IEEE Visualization 2003, 65–72, Seattle.

- [16] Riley K., Ebert D., Hansen C., Levit J., (2004), "A system for realistic weather Rendering", Bulletin of the American Meteorological Society, 1015-1021.
- [17] Laramée R. S., Hauser H., Doleisch H., Vrolijk B. Post F. H., Weiskopf D., (2004), "The State of the Art in Flow Visualization: Dense and Texture-Based Techniques", Computer Graphics Forum, 23(2), 203-221.
- [18] Laidlaw D. H., Kirby R. M., Jackson C. D., Davidson J. S., Miller T. S., da Silva M., Warren W., Tarr M. J., (2005), "Comparing 2D vector field visualization methods: A user study", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 11(1), 59-70.
- [19] Song Y., Yi J., Svakhine N., Lasher-Trapp S., Baldwin M., Ebert D., (2006), An Atmospheric Visual Analysis and Exploration System, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 12(5), 1157-1164.
- [20] Yannier N., Basdogan C., Tasiran S., Sen O. L., 2008, "Using Haptics to Convey Cause-and-Effect Relations in Climate Visualization", IEEE Transactions on Haptics, 1(2), 130-141.
- [21] Nocke T., Sterzel T., Böttinger M., Wrobel M., (2008), "Visualization of climate and climate change data: An overview", Digital Earth Summit on Geoinformatics 2008: Tools for Global Change Research, Heidelberg, 1999, 226-232
- [22] Fuchs R., Hauser H. (2009), "Visualization of Multi-Variate Scientific Data", Computer Graphics Forum, 28(6), 1670-1690.
- [23] Pilar D. H. F., Ware C. (2013), "Representing flow patterns by using streamlines with glyphs", IEEE transactions on visualization and computer graphics, 19(8), 1331-1341.
- [24] Ware C., Kelley J. G., Pilar D. H. F. (2014), "Improving the Display of Wind Patterns and Ocean Currents", Bulletin of the American Meteorological Society, Boston, 95, 1-9.
- [25] Hakstok I., Mihajlović Z., (2014), "Visualization of meteorological data", 37th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, 406-410.
- [26] Ware C., Bolan D., Miller R., Rogers D. H., Ahrens J. P., (2016), "Animated versus static views of steady flow patterns", Proceedings of the ACM Symposium on Applied Perception (SAP '16). ACM, New York, USA, 77-84
- [27] Web 8, (2017), Tarımsal İzleme ve Bilgi Sistemi: www.tarbil.org, (Erişim Tarihi: 24/08/2017).

- [28] Web 9, (2017), EUMETSAT verileri : www.meteoblue.com, (Erişim Tarihi: 24/08/2017).

ÖZGEÇMİŞ

Doğu SIRT, 1989 yılında İstanbul’da doğdu. 2007 yılında Kuleli Askeri Lisesi’ni bitirdi. 2008 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği ve Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümlerini 2013 yılında tamamlayarak aynı yıl yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. Akademik hayatına 2014 yılında T.C. Beykent Üniversitesi’nde Araştırma Görevlisi olarak başlayan Doğu Sirt, 2015 yılından bu yana İstanbul Teknik Üniversitesi Bilgisayar ve Bilişim Fakültesi’nde Akademik Uzman olarak çalışmaktadır.

EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Sırt D.,Göktürk M.,3B Hava Radar Verilerinin Görsel Çözümlemesi, BİLİŞİM 2015, TBD 32. Ulusal Bilişim Kurultayı Bildiriler Kitabı, 3-5 Aralık 2015.

Sırt D.,Göktürk M.,A Novel Approach for Visual Representation of Animated Weather Station Data, ICERA 2017, International Conference on Engineering Research & Applications, 17-18 May 2017.