

Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Ağı Veri Kalite Kontrol ve Yönetim Sistemi (Data Quality Control & Management System of Turkish Sea Level Monitoring Network)

Mehmet SİMAV, Ali TÜRKEZER, Erdinç SEZEN, Serdar AKYOL, Mustafa İNAM, Ayhan CİNGÖZ,
Onur LENK, Ali KILIÇOĞLU

Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Harita Genel Komutanlığı, Ankara
mehmet.simav@hgk.msb.gov.tr

ÖZET

Deniz kıyılarında kurulu mareograf istasyonlarında toplanan deniz seviyesi verileri, yer bilimleri ve kıyı mühendisliğinin birçok uygulamasına hizmet eden temel parametrelerden biridir. Bu uygulamalara doğru, güvenilir ve kesintisiz veri sağlayabilmek için; (1) Mareograf istasyonlarından toplanan ham verilerin belirli kalite kontrol süreçlerinden geçirilmesi (2) Kalite kontrolü tamamlanan veriler ile istasyona ilişkin diğer meta verilerin bir veritabanı içerisinde uygun şekilde depolanması ve yönetilmesi gerekmektedir. TUDES istasyonlarından toplanan deniz seviyesi ve diğer yardımcı meteorolojik verilerin yakın gerçek ve gecikmiş zamanlı kalite kontrolünü gerçekleştirebilmek ve yoğun miktardaki veri ve bilgiyi yönetebilmek maksadıyla iki seviyeden oluşan bir kalite kontrol sistemi ve ilişkisel veritabanından oluşan bir veri yönetim sistemi tasarlanmıştır. Geliştirilen kalite kontrol programları (1) TUDES istasyonlarından toplanan ham verilerin yakın gerçek zamanlı Seviye-1 ve gecikmiş zamanlı Seviye-2 kalite kontrolünü gerçekleştirebilmekte, (2) Deniz seviyesi verilerine gelgit analizi uygulayabilmekte, (3) Ekstrem değerler, günlük ve aylık ortalamalar gibi istatistikî bilgiler üretebilmekte, (4) Birçok formatta veriyi görsel ve basılı olarak gösterebilmekte, (5) Kayıt ekleme, silme, güncelleme, seçme gibi temel veritabanı işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Veritabanı içerisinde, kalite kontrolü gerçekleştirilmiş ölçüler ile istasyonlar hakkında tarihsel kayıtlar, datum bilgileri, istasyonların jeodezik bağlantısı için gerekli GPS ve nivelman gözlemleri gibi meta veriler yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mareograf İstasyonu, Deniz Seviyesi, Kalite Kontrol.

ABSTRACT

Sea level data collected at coastal tide gauges remain as one of the most essential parameters that serves to the wide range of applications of geosciences and maritime engineering. In order to provide correct, reliable, and continuous data to these applications (1) Some quality control procedures must be applied to the raw data collected from tide gauges (2) Quality checked observations and other metadata about the gauges must be stored in a database and managed properly. A two level quality control system and a data management system comprising of a relational database have been designed to perform near real time and delayed mode quality control of sea level and other ancillary meteorological data collected from TUDES tide gauges and to deal with these vast

amount of data and information. The programs developed for the quality control can (1) perform near real time Level-1 and delayed mode Level-2 quality check, (2) perform tidal analysis of sea level data (3) generate statistics including extremes, daily and monthly means (4) visualize data in various formats, (5) implement common database operations such as insert, delete, update, and select. The database stores quality checked observations along with the metadata including site history records and documentation, datum information, GPS and leveling observations necessary for geodetic fixing of tide gauges.

Key Words: Tide Gauge, Sea Level, Quality Control.

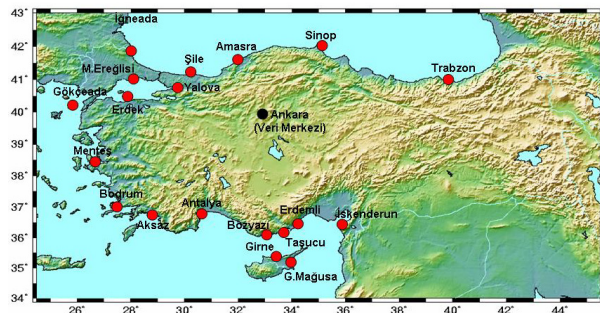
1. GİRİŞ

Mareograf istasyonlarında gerçekleştirilen yersel deniz seviyesi gözlemleri, birçok bilimsel çalışma ve mühendislik uygulamalarına hizmet eden temel veri setlerinden biri olup, bazı önemli kullanım alanları aşağıda sıralanmıştır:

- Düşey referans sistemlerinin oluşturulması (Vaníček, 1991; Demir, 2005),
- Oşinografik modelleme (gelgit, okyanus dolaşımı vb.) ve simülasyon çalışmaları (Tsimplis vd., 1995; Lefevre vd., 2002),
- Altimetrik gözlemlerin kalibrasyonu (Mitchum, 1994; 1998; 2000),
- Hidrografik ölçmeler ve özellikle sığ sularda güvenli seyrüsefer (<http://www.iho-ohi.net/english/committees-wg/hssc/twllwg.html>),
- Kıyı ve deniz yapılarının (liman, köprü, tüp geçit vb.) tasarımı (NRC, 1987; Sorensen, 2006),
- Deniz sınırlarının (karasuları, kıta sahanlığı vb.) belirlenmesi (Vaníček, 1994),
- İklim değişimleri ve etkilerinin araştırılması (IPCC, 2007),
- Erken uyarı sistemlerinin (tsunami erken uyarı, fırtına erken uyarı vb.) gerçekleştirimi (<http://www.ioc-tsunami.org/>, Merrifield vd., 2005).

Bu ihtiyaçlara hizmet etmek amacıyla küresel, bölgesel ve yerel ölçeklerde deniz seviyesi gözlem ağıları ve veri merkezleri kurulmaktadır. Küresel Deniz Seviyesi Gözlem Sistemi (GLOSS- <http://www.gloss-sealevel.org/>), Ortama Deniz Seviyesi Sürekli Servisi (PSMSL- <http://www.pol.ac.uk/psmsl/>), Avrupa Deniz Seviyesi Servisi (ESEAS- <http://www.e seas.org/>) küresel ve bölgesel ölçekte deniz seviyesi gözlem ve veri merkezlerine örnek olarak gösterebilir. Özellikle iklim değişimleri ve erken uyarı sistemleri için gerçek zamanlı deniz seviyesi verilerine olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bu amaca hizmet edebilmek amacıyla 15 uluslararası organizasyonun desteği ile gerçek zamanlı bir veri değişim servisi oluşturulmuştur (<http://www.vliz.be/gauges/index.php>). Dünya çapında 78 ülke kendi ulusal ağlarından elde ettikleri gerçek zamanlı deniz seviyesi verilerini bu servise ücretsiz olarak göndermekte ve veriler internet üzerinden dünyadaki tüm kullanıcılara ücretsiz olarak sunulmaktadır.

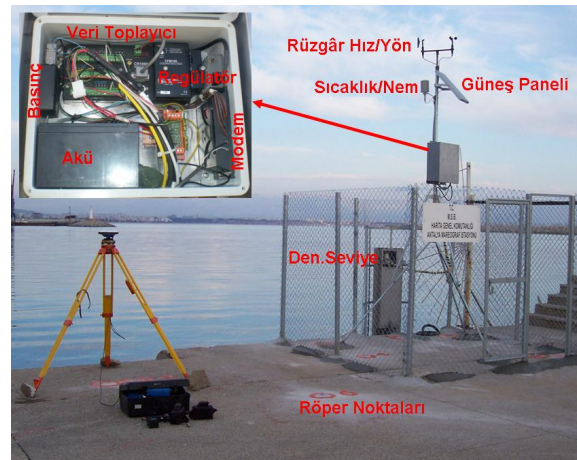
Yerel ölçekte birçok kıyı ülkesi kendi ulusal deniz seviyesi gözlem ağını kurup, işletmekte ve çeşitli program ve projeler kapsamında küresel/bölgesel ağlara destek sağlamaktadır. Türkiye’de deniz seviyesi gözlemleri, Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Ağı (TUDES) projesi kapsamında Harita Genel Komutanlığı (<http://www.hgk.msb.gov.tr/>) tarafından yapılmaktadır. İzleme Ağı, Türkiye ve KKTC kıyılarına dağılmış ve GLOSS standartlarını sağlayan (IOC, 1985; 1994; 2002; 2006) toplam 19 sayısal ve otomatik mareograf istasyonundan oluşmaktadır. İstasyonların dağılımı Şekil 1’de, örnek bir istasyon Şekil 2’de gösterilmiştir.



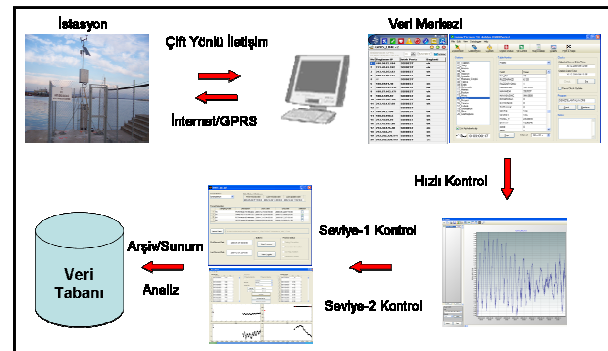
Şekil 1. TUDES mareograf istasyonlarının dağılımı.

Her bir TUDES istasyonunda deniz seviyesi ve seviye değişimlerini etkileyen meteorolojik parametreler (hava basıncı, rüzgâr, nem, hava sıcaklığı) gözlenmektedir. Gözlenen değerler 15 dakikalık ortalamalar halinde GPRS vasıtasıyla Ankara'daki veri merkezine otomatik olarak

gönderilmektedir. Veri merkezinde istasyonlardan gelen ham verilerin kalite kontrolü, analizi ve depolanması faaliyetleri yürütülmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Antalya mareograf istasyonu.



Şekil 3. TUDES veri ve iş akış şeması.

Her gözlem sisteminde olduğu gibi mareograf istasyonlarından toplanan veriler; algılayıcı sistemlerinden, veri toplayıcılardan, çevresel ve insan kaynaklı etkilerden dolayı birtakım hatalarla yüklüdür. Yukarıda söz edilen uygulamalara doğru, tutarlı ve güvenilir veriler sunmak için TUDES istasyonlarından toplanan ham verilerin belirli kontrol aşamalarından geçirilmesi gerekmektedir.

Kalite kontrol süreci en basitten daha karmaşık hesaplamalara doğru uzanan çeşitli seviyelerden oluşur (Rickards ve Kilonsky, 1997, IOC, 1993). Seviye-1 kontrol, özellikle gerçek/yakın gerçek zamanlı uygulamalara hizmet etmek ve aynı zamanda istasyonlarda oluşabilecek muhtemel problemlerin anında ortaya çıkarılmasında kullanılır. Genellikle otomatik olarak gerçekleştirilen işlemlerle istasyonlardan veri geldiği anda veya birkaç saat içinde uygulanır. Yarı otomatik veya manüel olarak gerçekleştirilen Seviye-2 kontrol ise gecikmiş zamanlı olarak daha ayrıntılı kontrollerin

yapılmasında, Seviye-1'de bulunamayan veya yanlış bulunan hataların düzeltilmesinde, günlük, aylık ve ekstrem değerler ile istatistikî değerlerin belirlenmesinde ve gelgit bileşenlerinin hesaplanması amacıyla uygulanır.

Bir TUDES mareograf istasyonunun bir yılda yaklaşık 35.000 epok ham verisi vardır. Diğer meta veri ve istatistikî verileri hesaba katıldığında kayıt sayısı yaklaşık 40.000 civarındadır. Bu yüksek yoğunluktaki veri ve bilginin düzenli bir şekilde depolanması, yedeklenmesi ve bunlar üzerinde merkezi bir denetimin kurulması için bir veri yönetim sistemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada; TUDES mareograf istasyonlarında toplanan deniz seviyesi ve diğer meteorolojik veri setlerinin kalite kontrolü için geliştirilen iki seviyeli *kalite kontrol sistemi* ve kalite kontrolü yapılmış veriler ile istasyonlar hakkındaki meta verilerin yönetimi için tasarlanan *veri yönetim sistemi* hakkında bilgi verilecektir.

2. TUDES KALİTE KONTROL SİSTEMİ

Doğada gerçekleştirilen tüm gözlemler; çevresel şartlardan, gözlem aletlerinin sınırlı ayırma gücünden, gözlem tekniklerinden ve buna benzer birçok nedenden dolayı çeşitli hatalarla yüklüdür. Herhangi bir bilimsel çalışma ve mühendislik uygulamasına başlanmadan önce, kullanılacak verilerin doğruluğundan ve güvenilirliğinden emin olunması gerekir. Bu için veriler belirli kontrol aşamalarından geçirilerek doğruluk ve güvenilirlikleri sınanmaktadır.

Deniz seviyesi ve diğer yardımcı meteorolojik verilerdeki hatalar; elektronik algılayıcılardaki gürültüden, veri toplayıcı saati ile veri bilgisayarı saatinin uyumsuzluğundan, istasyonlar ile veri merkezi arasındaki iletişim problemlerinden, ölçülerin veri dosyalarında yanlış yerlere yazılmasından kaynaklanan rastlantısal ve kaba hatalardan kaynaklanabilmektedir. Bunun yanında algılayıcıların yerinden oynatılması veya yer değiştirmesi, istasyonun kurulduğu liman çevresinde insan kaynaklı değişimler (inşaat, dolgu vb.), liman platformunun yatay ve düşey yöndeki hareketinden ve algılayıcı sistemlerin yanlış kalibrasyonlarından kaynaklanan sistematik hatalara da sıklıkla rastlanılmaktadır. Bu hataları belirlemek ve düzeltmek amacıyla *Seviye-1* ve *Seviye-2* olmak üzere iki aşamalı bir kalite kontrol sistemi tasarlanmıştır. Her bir seviye ayrıntıları aşağıda verilen birden fazla işlem adımından oluşmaktadır.

a. Seviye-1 Kalite Kontrol Sistemi

Seviye-1 kontrol; kalite kontrol işleminin ilk aşaması olup, özellikle gerçek/yakın gerçek zamanlı uygulamalara hizmet etmek ve aynı zamanda istasyonlarda oluşabilecek muhtemel problemleri anında ortaya çıkarmak amacıyla kullanılmaktadır. Önceden tanımlanmış ve veri tabanına girilmiş istasyona ve veri setine özgü kontrol parametreleri kullanılarak gerçekleştirilen otomatik veya yarı otomatik bir kontrol sürecidir. Bu kontrol sonucunda ham veriler önceden tanımlı kalite kontrol kodları ile işaretlenir. Ham verinin orijinal hali her zaman muhafaza edilir. Bu şekilde birkaç yıl sonra kontrol parametrelerini değiştirilerek orijinal veriyi yeniden işlemek mümkün hale gelir. TUDES istasyonlarından elde edilen verilerin Seviye-1 kontrolünde ESEAS tarafından kabul edilen (Garcia vd., 2005) ve Tablo 1'de verilen kalite kontrol kodları kullanılmaktadır.

Tablo 1. Kalite kontrol kodları.

Kod Nu.	Tanımı
0	Kalite kontrolü yapılmamış değer
1	Doğru değer
2	Enterpolasyon ile bulunmuş değer
3	Şüpheli değer
4	Ani sıçrama ya da yanlış değer
5	Doğru fakat ekstrem değer
6	Referans değişimi yapılmış değer
7	Belirli bir zaman aralığında sabit tekrar eden değer
8	Minimum ve maksimum sınırların dışında kalan değer
9	Eksik/boş değer

Seviye-1 kontrol aşağıda belirtilen işlem adımlarından oluşmaktadır.

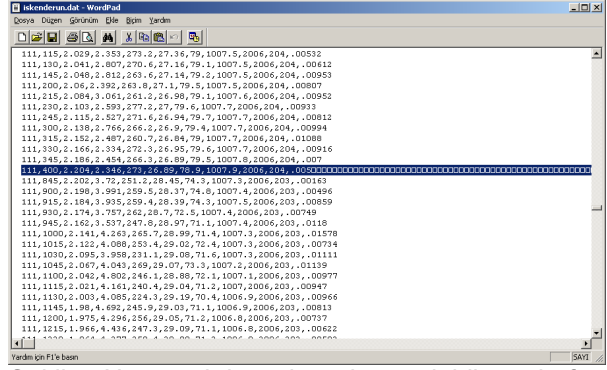
- Ham veri dosyalarındaki tuhaf karakterlerin kontrolü ve format dönüşümü,
- Tarih ve saat hatalarının kontrolü,
- Bilinen datum kayıklıkların düzeltilmesi ve verilerin ortak datuma ve birime indirgenmesi,
- Alt ve üst sınırlar dışında kalan değerlerin tespiti,
- Verilerdeki ani sıçramaların tespiti,
- Belirlenen bir süre içinde aynı değerde tekrar eden değerlerin tespiti (Stabilizasyon testi),
- Seviye-1 kontrolü tamamlanmış verilerin veritabanına kayıt edilmesi.

Seviye-1 kontrol için geliştirilen ve yarı otomatik olarak çalışan program (Şekil 4) girdi olarak ASCII yazı formatındaki ham veri dosyasını almakta, seçilen tarih aralığında aşağıda ayrıntıları açıklanan kontrol işlemlerini otomatik olarak gerçekleştirmekte ve kalite kodları eklenmiş verileri veritabanına kaydetmektedir.

Şekil 4. Seviye-1 kalite kontrol programı arayüzü.

(1) Ham Veri Dosyalarındaki Tuhaf Karakterlerin Kontrolü ve Format Dönüşümü

TUDES istasyonlarından elde edilen veriler belirli formatlarda düzenlenmiş ASCII yazı dosyaları halinde veri merkezi bilgisayarına gelmektedir. Veri toplayıcı programlarının belirli dönemlerde güncellenmesi ve güncellemeler sonucunda dosya formatlarında değişiklik yapılması nedeniyle günümüze kadar standart bir formatta veri toplanamamıştır. Bu kontrol aşamasında, ham veri dosyalarının önceden tanımlı dosya formatlarına uygun olup olmadığı (başlık sayısı, veriler arasındaki ayraçlar, veri satır ve sütun sayısı vb.) kontrol edilmekte, varsa tuhaf karakterler (Şekil 5) tespit edilerek silinmekte, veriler arasında yer değiştirme yapılarak veriler standart bir formata getirilmektedir.



Şekil 5. Ham veri dosyalarında görülebilen tuhaf karakterler (mavi renkli işaretlenmiş satır).

(2) Tarih ve Saat Hatalarının Kontrolü

Tarih/saat bilgisi zaman serilerinde en önemli bilgilerden birisidir. Tarih/saat hataları veri toplayıcının saati ile veri merkezi bilgisayarı saatinin uyumsuzluğundan ve veri toplayıcı saatindeki problemlerden kaynaklanmakta olup, veri dosyalarında kayıtlı tarih/saat bilgisinin artan sırada olmaması, aynı tarih/saat için iki farklı veri veya aynı verinin tekrar tekrar veri dosyasına kaydedilmesi şeklinde kendini gösterir (Şekil 6). Veri toplayıcının saati düzenli aralıklarla kontrol edilmekte ancak bu hataya yine de rastlanılmaktadır.

Bu kontrol aşamasında öncelikle tarih/saatin artan sırada olup olmadığı kontrol edilmekte, eğer değilse artan sırada sıralanmaktadır. Aynı tarih/saat için farklı iki veri tespit edildiğinde bu verilerin ortalaması alınmakta, aynı iki veri tespit edildiğinde ise bir tanesi silinmektedir.

Bunun yanında birtakım nedenlerden dolayı bazı istasyonlarda veriler GMT zaman diliminde, bazı istasyonlarda ise yerel zaman diliminde toplanmıştır. Tüm verileri standart zaman dilimine getirmek için yaz/kış saati uygulamaları dikkate alınarak tüm veriler GMT zaman dilimine çekilmektedir.

Seviye-1 kontrol ile belirlenemeyen tarih/saat hataları Seviye-2 kontrolde daha ayrıntılı bir şekilde kontrol edilmektedir. Bu hususa 2.2.3 bölümünde tekrar değinilecektir.

"2008-05-24 16:15:00",3,3.104,2.113,274.6,45.78,23.66,71.15,-400.1,2.197,0.014
"2008-05-24 16:15:00",3,3.104,2.113,274.6,45.78,23.66,71.15,-400.1,2.197,0.014
"2008-05-24 16:30:00",4,2.889,1.553,265.7,55.08,23.52,70.86,-400.1,2.177,0.008

"2008-05-24 18:45:00",13,1.576,0.945,280.6,51.27,23.2,70.99,-400.1,1.985,0.016
"2008-05-24 19:00:00",14,1.053,0.68,226.6,46.58,22.84,69.83,-400.1,1.986,0.021
"2008-05-24 19:00:00",15,1.065,0.65,222.4,46.51,21.96,69.93,-400.1,1.975,0.028

"2008-11-06 08:15:00",15906,1.327,1.315,162.7,674.16,38.49,58.17,88.2,179,0.003
"2008-11-06 08:30:00",15907,1.784,1.773,171.6,6.309,17.43,46.22,17.94,2.18,0.007
"2008-11-06 08:45:00",15908,1.764,1.752,162.6,6.715,18.36,44.73,18.1,2.177,0.005
"2008-11-06 09:00:00",15909,1.299,1.291,165.2,6.362,19.16,43.18,18.32,2.179,0.01
"2008-11-06 09:15:00",15910,0.819,0.813,163.5,6.107,19.94,41.76,18.38,2.178,0.004
"2008-11-06 09:30:00",15911,0.139,0.139,155.1,843.20,9.40,34.18,39.2,184,0.007
"2008-11-06 09:45:00",15912,0.222,0.205,89.4,15.22,21.41,40.85,18.42,2.174,0.003
"2008-11-06 10:00:00",15913,0.008,0.008,73.1,0.004,21.78,39.23,18.39,2.176,0.005
"2008-11-06 09:15:00",15914,0,0,0,22.57,36.8,18.34,2.167,0.009
"2008-11-06 09:30:00",15915,0.223,0.22,52.75,5.939,21.97,38.78,18.32,2.166,0.008
"2008-11-06 09:45:00",15916,0.032,0.025,346.2,11.36,22.4,38.22,18.34,2.148,0.005
"2008-11-06 10:00:00",15917,0.288,0.269,322.6,16.34,22.69,39.3,18.24,2.142,0.004

Şekil 6. Ham veri dosyalarındaki olası tarih/saat hataları. (Kırmızı: aynı tarih/saate karşılık aynı veri, Magenta: aynı tarih/saate karşılık farklı veri, Mavi: yerel zaman diliminde yaz/kış saati değişimi).

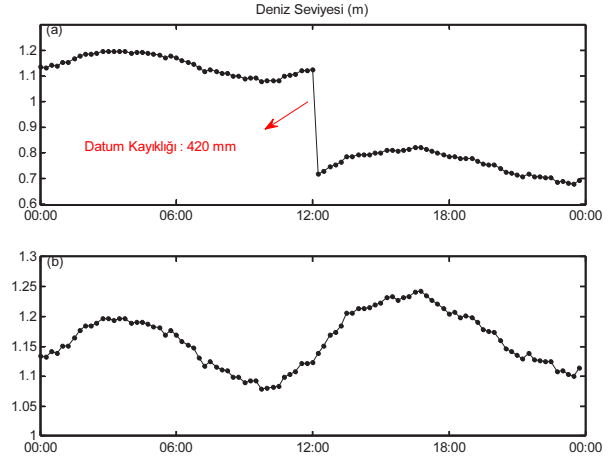
(3) Bilinen Datum Kayıklıkların Düzeltmesi ve Verilerin Ortak Datuma ve Birime İndirgenmesi

Datum kayıklığı düzeltilmesi, deniz seviyesi verilerine uygulanan bir düzeltmedir. Seviye algılayıcısında zaman zaman problemler meydana gelmekte ve algılayıcı yerinden oynatılmaktadır. Algılayıcının oynatıldığı andan önceki veriler ile sonraki veriler arasında kayıklık meydana gelmekte, veri sürekliliği bozulmaktadır (Şekil 7). Veri sürekliliğini sağlamak için algılayıcının ne kadar yer değiştirdiğinin bilinmesi gerekir. Bunun için hassas nivelman tekniği ile algılayıcının yer değiştirmeden önce ve sonra yerdeki sabit bir röper noktasından yüksekliği ölçülür. Yer değiştirme öncesi ve sonrası arasındaki yükseklik farkı yer değiştirme miktarını verir. Bu değer, yer değiştirme zamanından sonraki verilere düzeltme olarak getirilir. Böylece istasyondaki tüm deniz seviyesi verisi ortak bir datuma (genellikle istasyonların yerel datumlarına) getirilerek veri sürekliliği sağlanmış olur.

Deniz seviyesi algılayıcısı insan müdahalesi olmadan da yer değiştirebilmektedir. Algılayıcıyı sabitlemeye yarayan kelepçenin kopması bir yer değiştirme yaratabilir. Bunun yanında istasyonun yerleştirildiği liman platformu yatay ve düşey yönde hareket edebilir. Bu husus Seviye-2 kontrolde gelgit analizi ve kestirimi ile daha ayrıntılı bir şekilde kontrol edilir.

Aynı ölçü sisteminde ölçülen fakat farklı birimlerde veri toplayıcıda kaydedilen veriler kalite kontrol aşamasında aynı birime getirilerek veritabanına kaydedilir. Örneğin; deniz seviyesi

metre biriminde ölçülürken, deniz seviyesi standart sapması milimetre cinsinden ölçülmektedir. Kalite kontrol sırasında standart sapma değerleri metreye çevrilerek, aynı ölçü sistemindeki veriler arasında standart sağlanmış olur.



Şekil 7. Deniz seviyesi verisinde örnek datum kayıklığı. (a) Hatalı veri, (b) Düzeltilmiş veri.

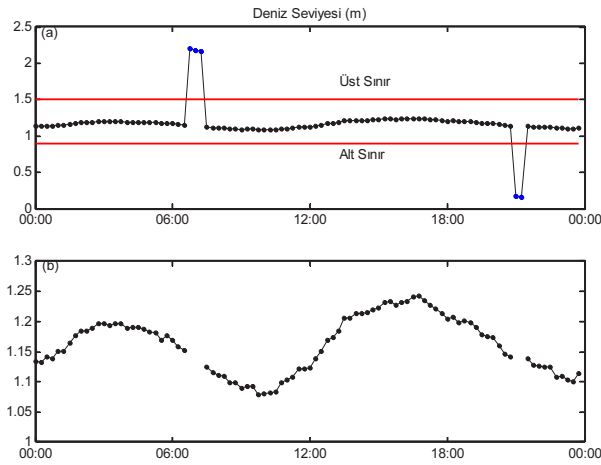
Mareograf istasyonlarında algılayıcılar tarafından gözlenen orijinal verilerden bazıları veri toplayıcıda daha az yer kaplaması için sabit bir değerden çıkarılır dolayısıyla veri toplayıcı belleğinde daha küçük değerler tutulmuş olur. Örneğin hava basıncı için ölçülen orijinal değerlerden 1000 mbar çıkarılır ve bu şekilde veri toplayıcıda depolanır. Bu tarz bilinen düzeltmeler kalite kontrol sırasında göz önüne alınır ve gerekli düzeltmeler yapılır.

(4) Alt ve Üst Sınırlar Dışında Kalan Değerlerin Tespiti

Mareograf istasyonunda ölçülen her bir veri seti için verinin alabileceği minimum (alt sınır) ve maksimum (üst sınır) değerler belirlenir. Eğer gözlenen değer alt ve üst sınırın dışında kalıyorsa Tablo 1'deki 8 numaralı kodla işaretlenir (Şekil 8). Alt ve üst sınırlar hem istasyona hem de veri setine özgü değerlerdir. Bu nedenle bu sınırların her bir istasyon ve her bir veri seti için ayrı ayrı belirlenmesi gerekir. Örnek olarak İskenderun mareograf istasyonu için belirlenmiş alt ve üst sınır değerleri Tablo 2'de gösterilmektedir.

Alt ve üst sınırlar, istasyonunun minimum bir yıllık verisi incelenerek, gözlenen en düşük ve en yüksek değerlerden elde edilir. σ en az bir yıllık veri setinin standart sapması olmak üzere gözlenen en düşük değerden 2σ çıkarılarak alt

sınır değeri, gözlenen en yüksek değere 2σ eklenerek üst sınır değeri tespit edilir.



Şekil 8. Alt/üst sınır dışında kalan örnek deniz seviyesi verisi. (a) Hatalı veri, (b) Düzeltilmiş veri

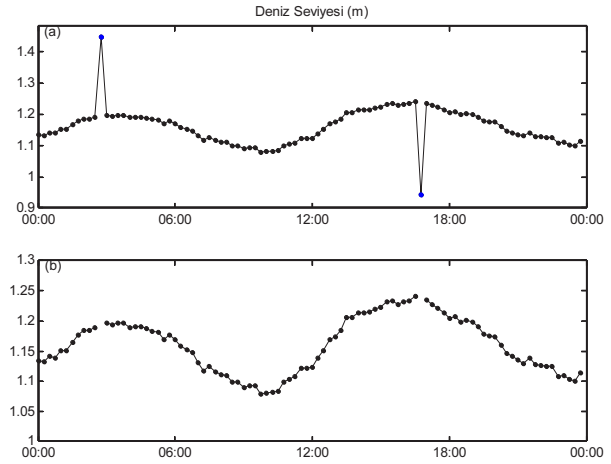
Tablo 2: İskenderun mareograf istasyonunun 15 dakikalık verileri için belirlenmiş minimum, maksimum ve tolerans değerleri ile izin verilebilir sabit değer sayısı.

Veri Türü	Minimum	Maksimum	Tolerans	Sabit Değer Sayısı
Deniz Seviyesi (m)	1.40	2.40	0.15	8
Hava Basıncı (mbar)	970.00	1040.00	2.00	40
Hava Sıcaklığı (°C)	-5.00	50.00	2.00	40
Rüzgâr Hızı (m/sn)	0.00	15.00	1.00	40
Rüzgâr Yönü (derece)	0.00	360.00	5.00	40
Nem (%)	0.00	100.00	5.00	40

(5) Verilerdeki Ani Sıçramaların Tespiti

Mareograf istasyonlarında toplanan verilerde en sık görülen hata tipi olup, algılayıcı sistemlerinden kaynaklanabileceği gibi çevresel şartlardan da kaynaklanabilmektedir. Verilerdeki ani sıçramaların (Şekil 9) tespiti için literatürde farklı algoritmalar mevcuttur. Gerçek zamanlı kontrollerde en çok kullanılan ve uygulaması basit olanı Ardışık Zaman Testi (Delta Testi veya Değişim Oranı Testi) algoritmasıdır (IOC, 1993). Bu algoritmaya göre, bir t anındaki değer ile kendinden önceki $t-1$ ve kendinden sonraki $t+1$ anındaki değer arasındaki fark, belirli bir tolerans

değerini aşmaması gerekir. Eğer tolerans değerini aşan bir değer tespit edilirse Tablo 1'deki 4 numaralı kodla işaretlenir. Deniz seviyesi verileri için tolerans değeri belirlemenin birkaç yöntemi vardır. Tolerans eğer istasyonun konuşlu olduğu bölgede gelgit yüksekse $2\pi \cdot A \cdot \Delta t / 720$ değilse $0.58\sigma\sqrt{\Delta t}$ deneysel formülü ile hesaplanabilir (Garcia vd., 2005). A: Gelgit genliğini, Δt : İki değer arasındaki dakika cinsinden zaman aralığını göstermektedir.



Şekil 9. Deniz seviyesi verisinde örnek ani sıçrama hatası. (a) Hatalı veri, (b) Düzeltilmiş veri

İkinci yöntem hem deniz seviyesi hem de diğer veri setleri için geçerlidir (William ve Thomson, 1988). Bu yöntemde işlem adımları şu şekildedir;

a. Kaliteli veriler kullanılarak birbirini takip eden gözlemler arasındaki farklar hesaplanır:

$$\Delta x_t = |x_{t-1} - x_t|, \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

b. Farkların ortalaması ve standart sapması hesaplanır:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{t=1}^n \Delta x_t}{n}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (\Delta x_t - \bar{x})^2} \quad (2)$$

c. Tolerans değeri hesaplanır:

$$T = \bar{x} + 2\sigma \quad (3)$$

ç. Ani sıçramalar belirlenir:

$$\text{Eğer } (|x_t - x_{t-1}| > T \text{ ve } |x_t - x_{t+1}| > T) \quad (4)$$

Örnek olarak İskenderun mareograf istasyonu için belirlenmiş tolerans değerleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Buna göre İskenderun mareograf istasyonu 15 dakikalık deniz seviyesi verilerini ele aldığımızda, birbirini takip eden iki ölçü arasındaki fark yani (3) eşitliğindeki T değeri 15 cm'den büyük olamaz. Bu farkı aşan gözlem tespit edilirse Tablo 1'deki 4 numaralı kodla işaretlenir.

(6) Belirlenen Bir Süre İçinde Aynı Değerde Tekrar Eden Değerlerin Tespiti (Stabilizasyon Testi)

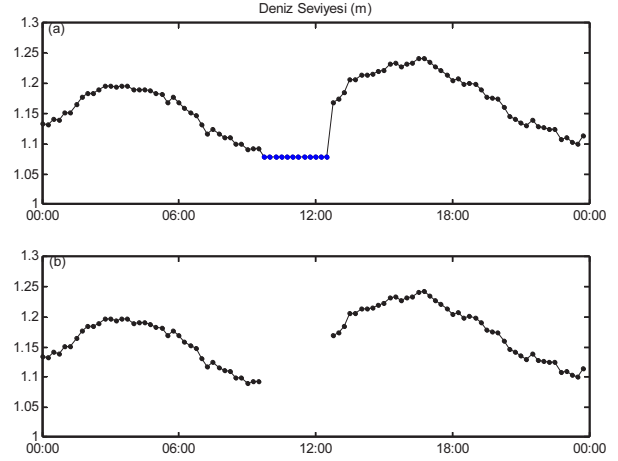
Genellikle algılayıcıdan kaynaklanan problemlerden dolayı veriler belirli bir süre içinde hiç değişmeden aynı kalmaktadır. Stabilizasyon testi ile belirli bir süre içerisinde aynı değerde tekrar eden değerler ortaya çıkarılır ve Tablo 1'deki 7 numaralı kodla işaretlenir. Tablo 3'de deniz seviyesi ve diğer meteorolojik veri setleri için belirli örneklem aralıklarında izin verilebilir sabit değer sayıları gösterilmektedir (IOC, 1993). Örneğin 15 dakikalık deniz seviyesi verilerinin Seviye-1 kontrolü yapılırken, ardı ardına 8'den fazla (2 saatten fazla) aynı değere sahip veri varsa, ilgili veriler 7 numaralı kalite kodu ile işaretlenir (Şekil 10).

Tablo 3. Deniz seviyesi ve diğer veri setleri için belirli örneklem aralıklarında izin verilebilir sabit değer sayıları.

Δt (Dakika)	Deniz Seviyesi için Sabit Değer Sayısı	Diğer Veri Setleri için Sabit Değer Sayısı
10	12	60
15	8	40
20	6	30
30	4	20
60	2	10

Örnek olarak İskenderun mareograf istasyonu için belirlenmiş izin verilebilir sabit değer sayıları Tablo 2'de gösterilmektedir.

Otomatik Seviye-1 kontrol sonunda; eğer bir veri hem alt-üst limitlerin dışında hem de tolerans değerini aşıyorsa tolerans kodu ile, hem alt-üst limitlerin dışında hem de sabit değer özelliği taşıyorsa sabit kodu ile işaretlenir.



Şekil 10. 15 Dakikalık deniz seviyesi verisinde örnek sabit değer hatası. (a) Hatalı veri, (b) Düzeltilmiş veri.

b. Seviye-2 Kalite Kontrol Sistemi

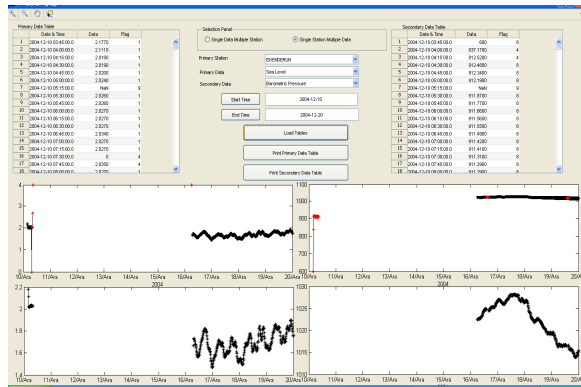
Seviye-2 kontrol, bilimsel çalışmalara ve mühendislik uygulamalarına doğru, güvenilir ve tutarlı veri setleri sunmak için yapılan gecikmiş zamanlı sonuç kontroldür. Bu kontrol aşamasında aşağıda belirtilen işlemler gerçekleştirilmektedir:

- Seviye-1 kalite kontrolü yapılmış verilerin gözle kontrolü,
- Kısa boşlukların doldurulması,
- Gelgit analizi, gelgit kestirimi ve meteorolojik artıkların hesaplanması, bilinmeyen saat hataları ve datum kayıklıklarının tespiti,
- Komşu istasyonlar ve farklı veri setleri arasında karşılaştırma, korelasyon analizi,
- Günlük ve aylık ortalamalar ile ekstrem değerlerin hesaplanması,
- Veri tabanının güncellenmesi.

Seviye-2 kontrol için birden fazla arayüz geliştirilmiştir. Örneğin; Şekil 11'de gösterilen arayüz; verilerin gözle kontrolü, bir istasyonda değişik veri setleri arasında karşılaştırma ve bir veri setinin değişik istasyonlar arasında karşılaştırılması amacıyla tasarlanmıştır. Veriler arasındaki boşlukların doldurulması, gelgit analizi için veri hazırlama ve gelgit programının çalıştırılması, günlük ve aylık ortalamalar ile ekstrem değerlerin hesaplanması amacıyla farklı arayüzler geliştirilmiştir.

(1) Seviye-1 Kalite Kontrolü Yapılmış Verilerin Gözle Kontrolü

İnsan gözünden daha iyi bir kontrol algoritması olmadığından gözle kontrol, bir kalite kontrol sisteminin vazgeçilmez işlem adımlarından birisidir. Kalite kontrol sürecinin en çok zaman alan kısmı olup, Seviye-1 kontrolde tespit edilemeyen veya yanlış tespit edilen değerlerin düzeltilmesi amacıyla uygulanır. Bu aşamada, operatör tarafından Seviye-1 kontrolden geçmiş veriler tek tek gözle yeniden kontrol edilir, aşağıda belirtilen adımlar yardımıyla kalite kodları üzerinden düzeltmeler yapılarak veri tabanı güncellenir.



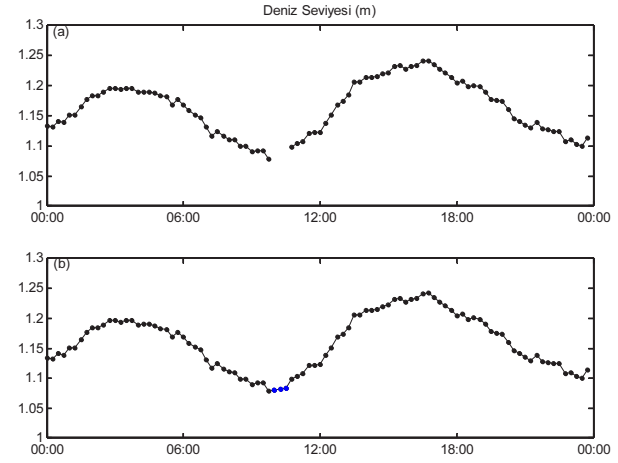
Şekil 11. Seviye-2 kalite kontrol programı arayüzü.

(2) Kısa Boşlukların Doldurulması

Zaman serileri analizlerinde kullanılan birçok algoritma kesiksiz, sürekli veriler üzerine kurulu olduğundan, veriler içindeki boşlukların uygun yöntemlerle doldurulması gerekir. Tüm veri setleri için bir saatten daha düşük boşluklar doğrusal enterpolasyonla (Garcia vd., 2005; IOC, 1993) doldurulabilmektedir (Şekil 12). Ancak bir saatten daha uzun aralıklı boşlukların doldurulmasında daha karmaşık algoritmaların kullanılması gerekir.

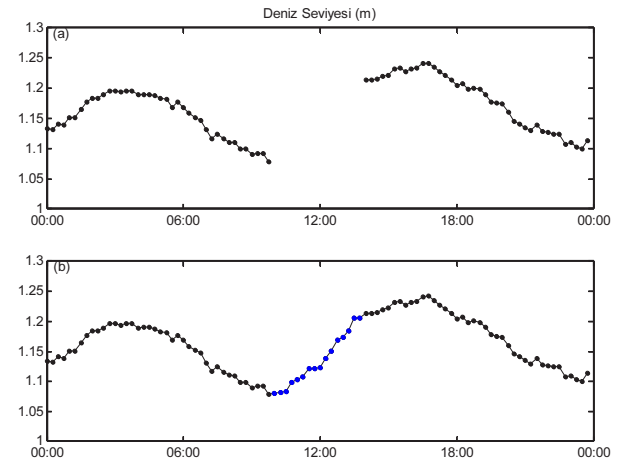
Deniz seviyesi verileri için 1 saatten büyük 24 saatten küçük boşlukların doldurulması için iki yöntem önerilmektedir (Caldwell, 1998; Garcia, 2005). Her iki yöntem de meteorolojik artıklara dayalı olup, birinci yöntemde komşu istasyonlardan faydalanılmaktadır. Meteorolojik artık, gözlenen deniz seviyesi ile gelgit kestirimi arasındaki farktır. Birinci yöntemde, ilgilenilen istasyon ile komşu istasyonların meteorolojik artıkları arasında korelasyon matrisi hesaplanır. Korelasyon katsayısı 0.70'den büyük komşu istasyonlar seçilir ve seçilen istasyonların deniz seviyesi değerlerinden doğrusal enterpolasyonla ilgilenilen istasyonunun deniz seviyesi

verilerindeki boşluklar doldurulur. İkinci yöntemde komşu istasyonların verisi kullanılmadan, sadece ilgilenilen istasyondaki meteorolojik artıklar hesaplanır. Meteorolojik artıkların doğrusal enterpolasyonu ile boşluklara karşılık gelen değerler hesaplanır. Enterpole edilen değerlerin üzerine gelgit kestiriminden elde edilen değerler eklenir ve boşluklar doldurulur (Şekil 13).



Şekil 12. Örnek deniz seviyesi verisinde bir saatten daha düşük boşlukların doğrusal enterpolasyonla doldurulması. (a) Boşluklu veri, (b) Doğrusal enterpolasyonla doldurulmuş veri.

Meteorolojik verilerdeki 1 saatten büyük 24 saatten küçük boşlukların doldurulmasında yukarıdakine benzer şekilde komşu istasyonlardan faydalanılmaktadır.



Şekil 13. Örnek deniz seviyesi verisinde bir saatten büyük 24 saatten küçük boşlukların gelgit kestirimi ve meteorolojik artıklar yardımıyla doldurulması. (a) Boşluklu veri, (b) Doldurulmuş veri.

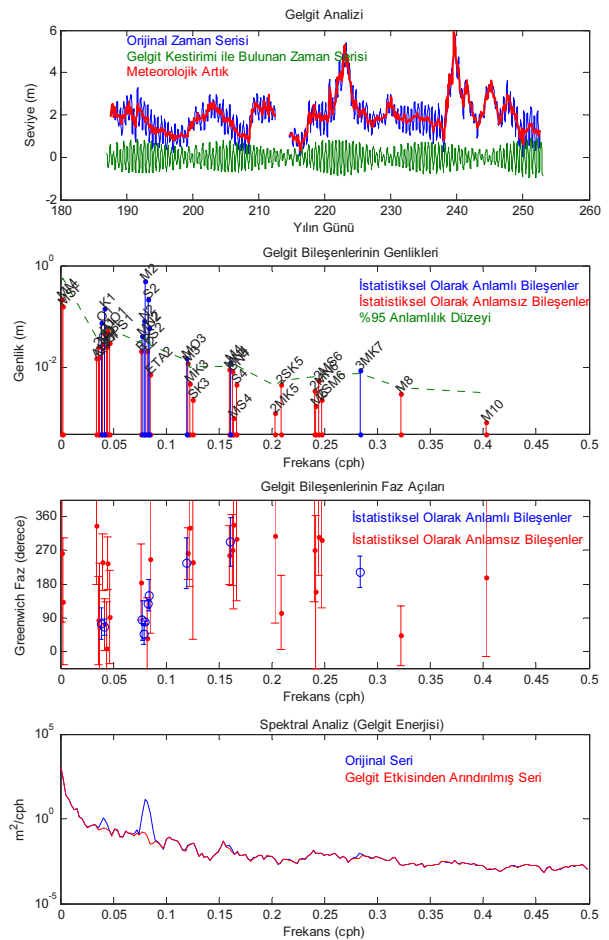
Boşluk doldurma tecrübe gerektiren bir işlemdir. 24 saatten daha uzun boşlukların doldurulması tavsiye edilmez ve boşlukların Tablo 1'deki 9 numaralı kodla işaretlenmesi gerekir. Enterpolasyonla bulunan değerler de kesinlikle Tablo 1'deki 2 numaralı kodla işaretlenmelidir.

(3) Gelgit Analizi, Gelgit Kestirimi ve Meteorolojik Artıkların Hesaplanması, Bilinmeyen Saat Hataları ve Datum Kayıklıklarının Tespiti

Kalite kontrol sürecinin önemli işlem adımlarından biri olan gelgit analizi sadece deniz seviyesi verilerine uygulanmakta olup, orijinal verilerde görülemeyen ve önceden bilinmeyen birtakım hataların (ani sıçramalar, saat hataları, datum kayıklığı hataları) ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır. Gelgit analizi ile Ay'ın ve Güneş'in çekim etkisi nedeniyle deniz seviyesinde meydana gelen değişimler belirlenmektedir. Gelgit analizi sonucunda veri uzunluğuna bağlı olarak 30 ile 60 arasında gelgit bileşeni (harmonik katsayıları) hesaplanmakta, bu bileşenler kullanılarak ileriye ve geriye dönük gelgit kestirimleri yapılabilmektedir. Dolayısıyla, geçmişte veya gelecekte sadece çekim etkisinden kaynaklanan deniz seviyesi değerleri hesaplanabilmektedir. Gelgit analizi ile ilgili literatürde birçok yayın ile ticari ve bilimsel yazılım mevcut olup (Godin, 1972; Pugh, 1987; Foreman, 1977; Caldwell, 1998; Bell vd., 1999), Seviye-2 kalite kontrol sistemi içerisinde (Pawlowicz vd., 2002) tarafından geliştirilen T_TIDE yazılımı kullanılmaktadır. Bu yazılımın bilenen diğer bilimsel gelgit analizi (TASK-2000, SLPR2) yazılımlarına oranla birçok üstün tarafı vardır ve Seviye-2 kalite kontrol sistemi içerisinde kolaylıkla çalıştırılabilmektedir. İki aylık örnek saatlik deniz seviyesi verisi kullanılarak T_TIDE yazılımı ile gerçekleştirilen gelgit analizinin görsel sonuçları Şekil 14'de gösterilmiştir. Gelgit analizi sonucu hesaplanan gelgit bileşenlerinin genlik, genlik hatası, faz, faz hatası e sinyal gürültü oranı değerleri ile analiz sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bulunan değerler (* işareti ile belirtilmiştir) Tablo 4'de verilmiştir.

Gelgit analizi sonucunda hesaplanan gelgit bileşenlerinden çalışma dönemine ilişkin kestirim yapılır. Gözlenen deniz seviyesi değerlerinden, kestirimle bulunan değerler çıkarılarak meteorolojik nedenlerden kaynaklanan artıklar hesaplanır. Eğer gözlenen deniz seviyesi verilerinde herhangi bir hata yoksa meteorolojik artıklar sifıra yakın düz bir zaman serisi şeklinde görünür. Ancak gözlenen değerlerde saat hatası

veya datum kayıklığı gibi hatalar varsa hatanın başladığı yerde meteorolojik artıklarda bozulmalar ve sapmalar gözlenir. Şekil 15'de meteorolojik artıklarda görünen ve önceden bilinmeyen saat hatası ile Şekil 16'da datum kayıklığı hatalarına birer örnek gösterilmektedir. Meteorolojik artıklarda saat hatası tespit edildiğinde orijinal verinin tarih/saatinde hatanın yönüne bağlı olarak ileri geri oynamalar yapılır ve hata düzeltilir. Datum kayıklığı hatası tespit edildiğinde, hata miktarı ölçülür ve orijinal veriye ölçülen hata miktarı eklenir. Ancak ölçülen hata miktarının raporlanması ve düzeltilen verilerin Tablo 1'deki 6 numaralı kodla işaretlenmesi gerekir.



Şekil 14. T-TIDE yazılımı ile gerçekleştirilen gelgit analizinin görsel sonuçları.

Gelgit analizi ile belirlenen gelgit bileşenlerinin yıllar arası karşılaştırılması, bazı hataların (örneğin saat hatası) ortaya çıkarılmasında ve ayrıca istasyondaki çevresel değişimler hakkında bilgiler sağlar. Örneğin liman konfigürasyonunda yapılan değişim gelgit parametrelerini etkilemekte, parametrenin genliğini ve faz açısını değiştirmektedir. İki gelgit bileşeni için yapılan

örnek bir karşılaştırma Şekil 17'de gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde MSF gelgit bileşenindeki problem açık olarak görülmektedir.

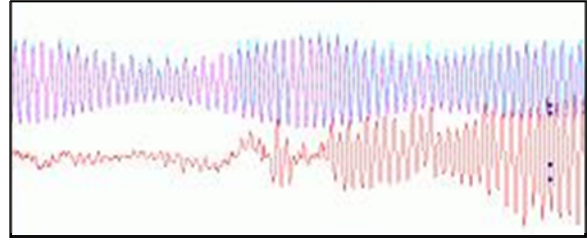
Tablo 4. T-TIDE yazılımı ile gerçekleştirilen örnek gelgit analizinin sonuçları. (Gelgit: Gelgit bileşeni adı, Frekans: Gelgit bileşeninin frekansı (cph), Genlik: Bileşenin hesapla bulunan genliği (m), Gen.Hat.: Genlik hatası (m), Faz: Bileşenin hesapla bulunan faz açısı (derece), Faz Hat.: Faz açısı hatası (derece), SNR: Sinyal gürültü oranı)

Gelgit	Frekans	Genlik	Gen. Hat.	Faz	Faz Hat.	SNR
MM	0.0015122	0.2121	0.519	263.34	183.75	0.17
MSF	0.0028219	0.1561	0.570	133.80	169.11	0.075
ALP1	0.0343966	0.0152	0.039	334.95	155.46	0.15
2Q1	0.0357064	0.0246	0.044	82.69	117.24	0.31
Q1	0.0372185	0.0158	0.044	65.74	171.07	0.13
*O1	0.0387307	0.0764	0.054	74.23	42.67	2
NO1	0.0402686	0.0290	0.037	238.14	77.05	0.6
P1	0.0415526	0.0465	0.051	71.88	68.84	0.83
*K1	0.0417807	0.1405	0.055	64.81	20.69	6.4
J1	0.0432929	0.0253	0.043	7.32	125.95	0.35
OO1	0.0448308	0.0531	0.056	235.75	70.17	0.91
UPS1	0.0463430	0.0298	0.057	91.73	125.51	0.27
EPS2	0.0761773	0.0211	0.031	184.59	101.22	0.48
*MU2	0.0776895	0.0419	0.040	83.23	53.28	1.1
*N2	0.0789992	0.0838	0.035	44.52	26.51	5.7
*M2	0.0805114	0.4904	0.037	77.70	3.94	170
L2	0.0820236	0.0213	0.038	35.22	108.77	0.31
*S2	0.0833333	0.2197	0.040	126.72	9.87	30
*K2	0.0835615	0.0598	0.045	149.12	42.10	1.8
ETA2	0.0850736	0.0071	0.027	246.05	197.85	0.067
*MO3	0.1192421	0.0148	0.014	234.97	67.36	1.1
M3	0.1207671	0.0123	0.013	261.57	69.11	0.83
MK3	0.1222921	0.0049	0.010	331.60	157.54	0.24
SK3	0.1251141	0.0023	0.010	237.69	205.07	0.05
MN4	0.1595106	0.0092	0.011	256.47	78.42	0.73
*M4	0.1610228	0.0126	0.012	291.78	65.58	1.1
SN4	0.1623326	0.0083	0.011	270.85	95.04	0.53
MS4	0.1638447	0.0010	0.009	339.35	225.89	0.013
S4	0.1666667	0.0047	0.011	299.56	165.28	0.18
2MK5	0.2028035	0.0013	0.004	310.10	233.26	0.081
2SK5	0.2084474	0.0045	0.006	104.00	99.38	0.66
2MN6	0.2400221	0.0035	0.007	271.24	139.95	0.29
M6	0.2415342	0.0017	0.007	158.88	204.25	0.068
2MS6	0.2443561	0.0056	0.007	306.10	103.55	0.59
2SM6	0.2471781	0.0023	0.007	298.92	183.12	0.095
*3MK7	0.2833149	0.0086	0.008	212.25	41.24	1.3
M8	0.3220456	0.0030	0.004	42.43	80.06	0.55
M10	0.4025570	0.0009	0.003	198.23	211.53	0.076

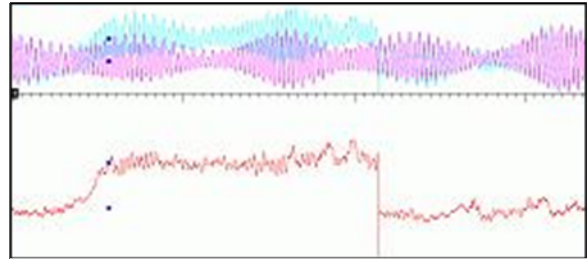
(4) Komşu İstasyonlar ve Farklı Veri Setleri Arasında Karşılaştırma, Korelasyon Analizi

Şüpheli bir veri ile karşılaşıldığında ve karar vermekte zorlanıldığı durumlarda en sık kullanılan yöntem, istasyonlar arası veya veri setleri arası karşılaştırmadır. Karşılaştırma bir veri seti (örneğin deniz seviyesi) için komşu istasyonun veri seti ile olabileceği gibi, bir istasyonun farklı veri setleri (örneğin; basınç, rüzgâr) arasında da olabilmektedir. Karşılaştırma gözle yapılabileceği gibi, istasyonlar arası ve veri setleri arasında hesaplanacak korelasyon katsayıları ile yapılabilmektedir. Korelasyon

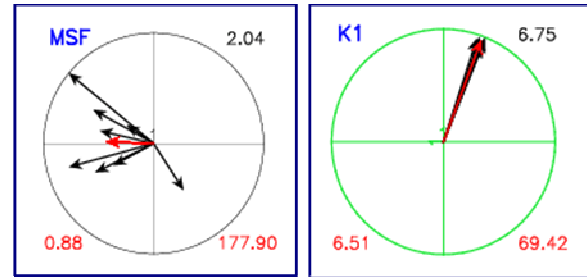
katsayıları ile karşılaştırmada işleminde eğer ortalama korelasyondan sapmalar fazla ise veri setinde bir problem olduğu kanısına varılabilir.



Şekil 15. Meteorolojik artıklarda görünen saat hatası.



Şekil 16. Meteorolojik artıklarda görünen datum kayıklığı hatası.



Şekil 17. MSF ve K1 gelgit bileşenlerinin genlik ve faz açılarının yıllar arası karşılaştırması.

(5) Günlük ve Aylık Ortalamalar ile Ekstrem Değerlerin Hesaplanması

Günlük ve aylık ortalama değerler; mevsimsel, yıllar arası, on yıllar arası ve seküler değişimler gibi uzun dönemli değişimlerin araştırılmasında kullanılır. Ekstrem değerler veri setlerinde gözlenen en düşük ve en yüksek değerler olup, özellikle kıyı mühendisliği uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Meteorolojik parametrelerin günlük ve aylık ortalamaları basit aritmetik ortalama ile deniz seviyesi verilerinin günlük ortalamaları GLOSS tarafından önerildiği gibi alçak geçirgenli Doodson X0 filtresi ile hesaplanmaktadır. Bu filtre, deniz seviyesi verilerindeki günlük ve daha yüksek frekanslardaki gelgit enerjisini çıkarmakta,

gelgitten bağımsız ortalamaların hesaplanmasını sağlamaktadır. Doodson X0 filtresi ile bir günlük ortalama hesaplamak için 39 saatlik veri gerekir. Doodson X0 filtresi;

$$F(t) = (2, 1, 1, 2, 0, 1, 1, 0, 2, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1) \quad (5)$$

şeklinde olup, simetrik bir filtre olduğundan $F(t) = F(-t)$ 'dir. H saatlik deniz seviyesi, F filtre, X günlük ortalama deniz seviyesi ve T=12:00 GMT olmak üzere, söz konusu filtre kullanılarak günlük ortama aşağıdaki şekilde hesaplanır (IOC, 1985);

$$X_T = \frac{1}{30} \sum_{d=-19}^{d=19} F(d) H(T + d) ; d \neq 0 \quad (6)$$

Günlük ortalamaların aritmetik ortalaması ile aylık ortalama deniz seviyesi değerleri elde edilir.

Ekstrem değerler doğrudan gözlemlerden belirlenebileceği gibi, gözlemlere uydurulacak eğrilerin dönüm noktaları belirlenerek de hesaplanabilmektedir (Garcia vd., 2005). Geliştirilen yazılım bu seçeneği kullanıcıya bırakmaktadır.

3. TUDES VERİ YÖNETİM SİSTEMİ

Mareograf istasyonlarında gözlenen deniz seviyesi ve diğer yardımcı meteorolojik veriler ile kalite kontrol ve istasyonlarla ilgili birçok meta verinin depolanması, yönetilmesi ve sorgulanabilir bir yapıya kavuşturulması için ilişkisel bir veritabanı tasarlanmıştır. Veritabanı hâlihazırda yaklaşık 40 tablodan oluşmakta olup (Şekil 18), tablolarda aşağıda genel olarak belirtilen ölçü ve meta veriler tutulmaktadır.

a. İstasyona İlişkin Meta Veriler

- İstasyonların adı, PSMSL numarası,
- Kurulduğu, taşındığı ve kapandığı tarih,
- Konumu, haritaları ve fotoğrafları,
- Ziyaret tarihleri ve sonuç raporları,
- İstasyondaki donanımlar (model, seri numarası, kalibrasyon tarihi vb.) ve bağlantı şemaları,
- İletişim bilgileri (istasyonun GSM numarası, irtibat personeli vb.),

- Röper noktalarının protokolleri (konum, yükseklik, gravite, tarif, fotoğraf, harita, sağlam/tahrip vb.),

- Düşey ve yatay datum bilgileri,
- Ülke nivelman ağına bağlantı bilgileri,

b. Kalite Kontrole İlişkin Meta Veriler

- İstasyonlara ve algılayıcılara özgü kalite kontrol parametreleri (alt/üst limitler, tolerans değerleri, izin verilebilir sabit değer sayıları, zaman ve datum düzeltmelerine ilişkin değerler vb.),
- Kalite kontrole ilişkin raporlar.

c. Ölçüler ve Hesapla Bulunan Değerler

- Her bir istasyonda gözlenen deniz seviyesi ve diğer yardımcı meteorolojik veriler ile bu verilerin kalite kodları,
- Günlük ve aylık ortalamalar ile günlük, aylık, yıllık ekstrem değerler,
- İstasyonun yerel nivelman ağına yapılan tekrarlı nivelman ölçüleri,
- Mareograf GPS röper noktalarına ait tekrarlı episodik GPS zaman serileri,
- Mareograf sabit GPS istasyonlarına ait günlük koordinat zaman serileri,

id	tarih_saat	den_sey	den_sey_flag	den_sey_did	den_sey_did
1	10.12.2004 03:45:00	2,177	1	0	
2	10.12.2004 04:00:00	2,111	1	0,07731	
3	10.12.2004 04:15:00	2,018	1	0	
4	10.12.2004 04:30:00	2,019	1	0,00004	
5	10.12.2004 04:45:00	2,02	1	0	
6	10.12.2004 05:00:00	2,024	1	0,00309	
7	10.12.2004 05:15:00	NALL	9	NALL	
8	10.12.2004 05:30:00	2,026	1	0,00047	
9	10.12.2004 05:45:00	2,026	1	0,00049	
10	10.12.2004 06:00:00	2,027	1	0	
11	10.12.2004 06:15:00	2,027	1	0	
12	10.12.2004 06:30:00	2,027	1	0	
13	10.12.2004 06:45:00	2,024	1	0,03734	
14	10.12.2004 07:00:00	2,027	1	0	
15	10.12.2004 07:15:00	2,027	1	0	
16	10.12.2004 07:30:00	0	4	0	
17	10.12.2004 07:45:00	2,035	4	0,04593	
18	10.12.2004 08:00:00	2,027	1	0,0005	
19	10.12.2004 08:15:00	2,041	4	0,02144	
20	10.12.2004 08:30:00	NALL	9	NALL	
21	10.12.2004 08:45:00	4	8	0	

Şekil 18. TUDES veritabanı.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deniz seviyesi verileri başta jeodezik düşey referans sistemlerinin oluşturulması olmak üzere, iklim değişimleri, erken uyarı sistemleri,

hidrografik ölçmeler ve kıyı mühendisliği uygulamaları gibi birçok bilimsel ve mühendislik çalışmasına altlık teşkil etmektedir. Uzun kıyılara sahip ülkemizde deniz seviyesi ile ilgili ihtiyaçları karşılamak amacıyla Harita Genel Komutanlığınca TUDES mareograf istasyonları ağı işletilmektedir. Yukarıda bahsedilen bilimsel ve mühendislik çalışmalarına doğru, güvenilir, tutarlı ve kesintisiz bir şekilde veri sağlayabilmek için iki seviyeden oluşan bir kalite kontrol sistemi ile yoğun miktardaki veri ve bilginin yönetilebilmesi için ilişkisel veritabanından oluşan bir veri yönetim sistemi geliştirilmiştir. Yapılan çalışma ile veri yönetimi ve kontrolü açısından elde edilen kazanımlar ve gelecekte yapılması önerilen çalışmalar aşağıda verilmiştir.

a. Veri Yönetimi Açısından

TUDES veri yönetim sisteminden önce; tüm ham ve meta veriler ASCII yazı dosyaları şeklinde klasör yapısında saklanmakta ve belirli aralıklarla CD ve DVD gibi medyalarla kopyalanarak yedekleme gerçekleştirilmeydi. Çeşitli sebeplerle (yedekleme, kalite kontrol vb.) veriler farklı disklere kopyalanmakta ve istenmeyen tekrarlılıklar oluşmakta, bu nedenle veriler üzerinde tam bir denetim kurulamamaktaydı. Bu yapıda sorgulanabilme yeteneği olmadığından veriye erişimde problemler yaşanmaktaydı.

Geliştirilen veritabanı sayesinde; ham ve meta veriler ile tarihsel kayıtlar standart bir formatta, tekrarlılıklardan arındırılmış olarak daha az bir boyutta saklanabilmektedir. Tüm veriler tek bir veritabanında toplandığından veriler üzerinde merkezi bir denetim kurulabilmekte, SQL komutları ile veriler kolay bir şekilde sorgulanabilmekte dolayısıyla veriye kolay erişim sağlanabilmektedir. Birçok dosyanın bir CD veya DVD'ye kopyalanması yerine, veritabanı belirli aralıklarla yedeklenmekte ve sadece bir veritabanı dosyasının yedeği tutulmaktadır. Bu yapı aynı zamanda web uygulamalarına altlık oluşturulmaktadır.

b. Veri Kontrolü Açısından

TUDES veri kalite kontrol sisteminden önce; gerçek/yakın gerçek zamanlı uygulamalara hizmet edebilecek bir kontrol sistemi mevcut olmayıp, toplanan ham verilere gerçek/yakın gerçek zamanlı Seviye-1 kontrol uygulanmamaktaydı. Veri merkezine gelen ham veriler haftalar sonra kontrole tabi tutulmakta, birçok kontrol süreci operatöre bırakılmaktaydı. Kontroller her biri karmaşık, uzmanlık gerektiren

ve görsellik bakımında zayıf birçok program parçacıkları yardımıyla gerçekleştirilmekteydi. Kontrol programları her bir veri seti için ayrı ayrı çalıştırılmakta ve zaman kaybına neden olmaktaydı.

Geliştirilen kalite kontrol sistemi ile; gün içerisinde belirli aralıklarla Seviye-1 kontrol çalıştırılmakta ve gelen ham veriler otomatik kontrolden geçirilmektedir. Birçok kontrol sürecinde operatör müdahalesi minimum seviyede tutulmakta ve işlemlerin birçoğu otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Grafik kullanıcı arayüzleri sayesinde programların kullanımı kolaylaştırılmakta, kalite kontrol sürecinin vazgeçilmez bileşenlerinden biri olan görsellik hemen hemen her aşamada uygulanmaktadır. Kalite kontrol ile veri setlerine kontrol kodları eklenerek hem verinin kalitesi hakkında bilgi sahibi olunabilmekte, hem de ham veriye dokunulmadığından belirli bir aradan sonra istenildiğinde geriye dönük kontrol yapılabilmektedir. Seviye-1 ve Seviye-2 kalite kontrolleri için geliştirilen programlar, kontrol sürecinde gerçekleşen işlem adımlarına yönelik rapor dosyaları (logfile) üretmekte, rapor dosyaları yardımıyla birçok istatistik bilgi (toplam veri sayısı, boşluk sayısı, hatalı ve doğru veri sayısı vb.) elde edilebilmektedir.

c. Gelecekte Yapılması Önerilen Çalışmalar

Hâlihazırda yarı otomatik olarak çalıştırılan Seviye-1 kontrol sisteminin tam otomatik yapıya kavuşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için istasyonlar ile veri merkezi arasında kesintisiz iletişimin sağlanması için gerekli alt yapının kurulması, veri toplayıcı programları ve mevcut Seviye-1 kontrol sisteminin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Seviye-2 kontrol sistemine Deneysel Ortogonal Fonksiyonlar, Standart Normal Homojenlik Testleri gibi yeni kontrol algoritmaları entegre edilmeli, istasyonlardan toplanan yersel veriler uydu verileri ve model çıktıları ile karşılaştırılmalıdır.

Teşekkür: Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi Ağı'nın kurulmasında ve yaşatılmasında emeği geçen Em.Doç.Müh.Alb.M.Emin AYHAN, Dr.Müh.Alb. Coşkun DEMİR, Em.Dr.Müh.Alb. Mehmet Ali GÜRDAL, Em.Doç.Müh.Alb.Muzaffer KAHVECİ, Dr.Müh.Bnb. Hasan YILDIZ ve Harita Genel Komutanlığı idari personeline, istasyonların yıllık periyodik bakım/onarım/kontrol çalışmalarını gerçekleştiren Jeodezi Dairesi

Başkanlığı personeline, TUDES veritabanı tasarımı ve normalizasyon çalışmalarında değerli katkılarından dolayı Müh.Yzb. Mehmet ERBAŞ'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Bell, C., Vassie, J.M., Woodworth, P.L., 1999, **POL/PSMSL Tidal Analysis Software Kit 2000 (TASK-2000)**, Permanent Service for Mean Sea Level, CCMS Proudman Oceanographic Laboratory, Bidston Observatory, Birkenhead, UK, 20.
- Caldwell, P., 1998, **Sea Level Data Processing On IBM-PC Compatible Computers Version 3.0 (Year 2000 Compliant)**, JIMAR Contribution No. 98-319, 79.
- Demir, C., 2005, **Düşey Datumun Belirlenmesi ve Uygulamada Kullanımı**, TUJK 2005 Yılı Bilimsel Toplantısı "Jeoid ve Düşey Datum Çalıştayı", Trabzon, 22 - 24 Eylül, 78-83.
- Foreman, M.G.G., 1977, **Manual for tidal heights analysis and prediction**, Canadian Pacific Marine Science Report No. 77-10, 10.
- Garcia, M-J., Perez Gomez, B., Raicich, F., Rickards, L., Bradshaw, E., Plag, H-P., Zhang, X., Bye, B.L. and Isaksen, E., 2005, **European Sea Level Monitoring: Implementation of ESEAS Quality Control**, Dynamic Planet 2005 Scientific Conference, 8.
- Godin, G., 1972, **The Analysis of Tides**, Liverpool University Press, 264.
- IOC, 2006, **Manual on Sea-Level Measurement and Interpretation. Volume 4-An Update to 2006**, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides No. 14, Paris, 80.
- IOC, 2002, **Manual on Sea-Level Measurement and Interpretation Volume 3-Reappraisals and Recommendations as of the Year 2000**, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides, No. 14, Paris, 47.
- IOC, 1994, **Manual on Sea-Level Measurement and Interpretation Volume 2-Emerging Technologies**, Technical Series No. 14, Paris, 72.
- IOC, 1993, **Manual of Quality Control Procedures for validation of Oceanographic Data**, Manuals and Guides No. 26, Paris, 436.
- IOC, 1985, **Manual on Sea-Level Measurement and Interpretation. Volume 1-Basic Procedures**, Manuals and Guides No. 14, Paris, 83.
- IPCC, 2007, **The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Lefevre, F., F.H. Lyard, C. Le Provost, and E.J.O Schrama, 2002, **FES99: a global tide finite element solution assimilating tide gauge and altimetric information**, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 19, 1345-1356.
- Mitchum, G.T., 2000, **An Improved Calibration of Satellite Altimetric Heights Using Tide Gauge Sea Levels with Adjustment for Land Motion**, Marine Geodesy, 23, 145-166.
- Mitchum, G. T., 1998, **Monitoring the stability of satellite altimeters with tide gauges**, J. Atmospheric and Oceanic Technology, 15, 721-730.
- Mitchum, G. T., 1994, **Comprasion of TOPEX sea surface heights and tide gauge sea levels**, Journal of Geophysical Research, 99, 541-553.
- Merrifield, M.A., Firing, Y. L., Aarup, T., Agricole, W., Brundrit, G., Chang Seng, D., Farre, R., Kilonsky, B., Knight, W., Kong, L., Magori, C., Manurung, P., McCreery, C., Mitchell, W., Pillay, S., Schindele, F., Shillington, F., Testut, L., Wijeratne, E. M. S., Caldwell, P., Jardin, J., Nakahara, S., Porter, F. Y., Turetsky, N., 2005, **Tide gauge observations of the Indian Ocean tsunami, December 26, 2004**, Geophysical Research Letters, 32, L09603.
- NRC, 1987, **Responding to Changes in Sea Level: Engineering Implications**, Committee on Engineering Implications of Changes in Relative Mean Sea Level, Marine Board, National Research Council. National Academy Press, Washington, DC, 160.

- Pugh, D.T., 1987, **Tides, Surges and Mean Sea-Level**, Chichester: John Wiley and Sons, 472.
- Rickards, L. and Kilonsky, B., 1997, **Developments in sea level data management and exchange**. Paper presented at the Ocean Data Symposium, Dublin, Ireland, October 1997.
- Sorensen, R.M., “**Basic Coastal Engineering**”, 3rd. Edition, Springer.
- Tsimplis, M.N., Proctor, R., Flather, R. A., 1995, **A two-dimensional tidal model for the Mediterranean Sea**, Journal of Geophysical Research, 100, 223-239.
- Vanicek, P., 1991, **Vertical Datum and NAVD88**, Surveying and Land Information System, 51, No.2, 83-86.
- Vanicek, P., 1994, **On the global vertical datum and its role in maritime boundary demarcation; Proceedings of international symposium INSMAP 94**, Hannover, Germany, September 19-23, 243-250.
- William, J.E., Thomson, R.E, 1988, **Data Analysis Methods in Physical Oceanography**. Pergamon, USA.
- IHO, 2009, **TWLWG**
<http://www.iho-ohi.net/english/committees-wg/hssc/twlgw.html>
- IOC, 2009, **TSUNAMI PROGRAMME**
<http://www.ioc-tsunami.org>
- GLOSS, 2009, **SEALEVEL**
<http://www.gloss-sealevel.org>
- NOC, 2010, **PSMSL**
<http://www.pol.ac.uk/psmsl>
- ESEAS, 2010
<http://www.es eas.org>
- VLIZ, 2010, **GAUGUES**
<http://www.vliz.be/gauges/index.php>
- HGK, 2010
<http://www.hgk.msb.gov.tr>