

YER'İN DÖNME SÜRESİNİ ETKİLEYEN NEDENLER

Bora SEYREK¹, İ.Berkin YETKİN¹, Ali AÇIKGÖZ¹, Yahya YILDIRIM¹

Özet

Yer'in kendi eksenini etrafındaki dönüşünde meydana gelen tedirginlik Edmund Halley'in yaptığı çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Karşılaştığı en büyük sorun ise geçmiş çağlardaki tutulma ve gözlem kayıtlarının kendi yaptığı gözlemlerden türetilen kayıtlarla uyumsuz olmasıydı. Ya, Ay yörüngesi üzerinde hızlanıyor, ya da Yer'in dönme hızı yavaşlıyordu. Halley'in karşılaştığı bu problemin üzerinden 300 yıl geçmesine karşın bunun nedeni tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Yer'in dolanma süresinde meydana gelen bu değişim, astronomlar tarafından delta-T (ΔT) olarak adlandırılmaktadır. ΔT için doğru ve güvenilir değerler Sir Isaac Newton'un teleskopla yaptığı gözlemlerden sonra elde edilmeye başlandı. Tarihi gözlem kayıtlarını inceleyen Stephenson ve Morrison, M.Ö. 700-M.S. 1600 yıllarına ait ΔT değerlerinin hesaplanabildiği bir bağıntı geliştirdiler. Bununla birlikte tarihi tutulum ve gözlem kayıtları da kullanılarak M.Ö.2000 yılına kadarki ΔT hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada, nedeni tam olarak bilinmeyen ΔT değişimlerine neden olabilecek parametreler saptanmış ve bu parametrelerden Yer'in sismik hareketlerine ilişkin veri ile ΔT verileri karşılaştırılıp, aralarındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır.

Abstract

Edmund Halley played a pivotal role in the prediction of Earth's motion, but he encountered a problem. The eclipse and observation values he predicted were shifted with respect to the historical values. Either the Moon was accelerating in its orbit or Earth's rotation rate was slowing down. Although 300 years had passed, its reason is still incomprehensible. Astronomers use the quantity delta-T (ΔT) to describe this time difference. Good values of delta-T only exist sometime after observation with the telescope by Sir Isaac Newton. Stephenson and Morrison developed a formula in which ΔT values obtained between 700 BCE and 1600 CE can be calculated. If one uses all the available eclipse and observation values, this formula can be used to work out all the ΔT values going as far back as 2000 BCE. There are a number of parameters which are believed affecting the variations in ΔT . On the other hand, there is a pile of data on the seismic motions of the Earth. In this study, we compared the seismic data with the parameters causing ΔT variation.

1. Giriş

1.1 Delta-T

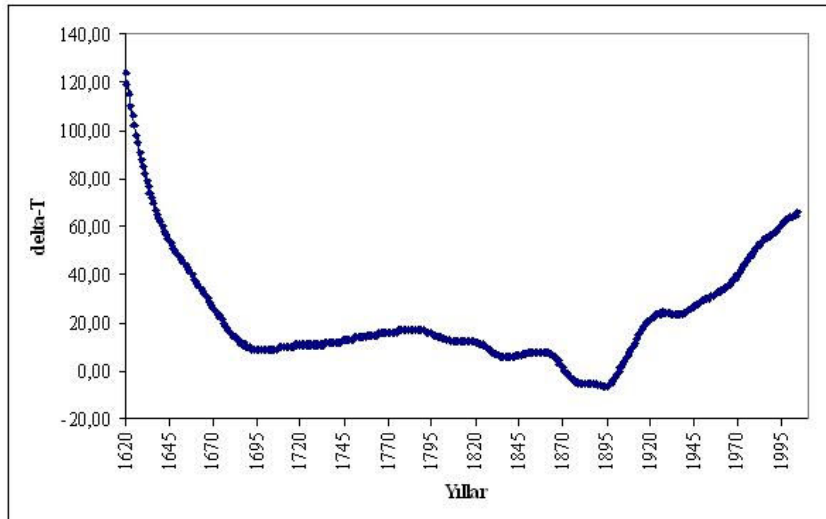
Yer'in kendi eksenini etrafındaki dönüşünde meydana gelen tedirginlik, Sir Isaac Newton'un 1678 yılında yayınladığı yerçekimi teorisini konu alan Principia adlı kitabından

¹ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Bornova, İzmir
boraseyrek@mail.ege.edu.tr, berkinyetkin@mail.ege.edu.tr, aliserhatacikgoz@yahoo.com,
yyildirim@mail.ege.edu.tr

sonra, Edmund Halley'in astronomi üzerine yaptığı çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Halley, daha sonra kendi adını da alacak olan kuyrukluyıldız, Saros çevrimi ve daha bir çok konuda çalışma yapmıştı. Fakat karşılaştığı en büyük sorun, geçmiş çağlara ait tutulma kayıtlarının kendi yaptığı gözlemlere uyuşmamasıydı. Ya, Ay yörüngesi üzerinde hızlanıyor, ya da Yer'in dönme hızı yavaşlıyordu. Halley'in karşılaştığı bu problemin üzerinden 300 yıl geçmiş olmasına karşın bunun nedeni tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Yer'in dolanma süresinde meydana gelen bu değişim, günümüzde astronomlar tarafından delta-T (ΔT) olarak adlandırılmaktadır.[2]

Delta-T için doğru ve güvenilir değerler 1610 yılında Sir Isaac Newton'un teleskop ile yaptığı gözlemlerden sonra elde edilmeye başladı. Günümüzde "delta T = TAI-UT1 + 32.184 sec = (TAI-UTC) - (UT1-UTC) + 32.184 sec" [1] bağıntısı ile hesaplanan delta-T değişimi, tarihi gözlem kayıtlarını inceleyen Stephenson ve Morrison tarafından da 1984 yılında geliştirilen yeni bir bağıntı ile M.Ö. 700-M.S. 1600 yılları arasındaki değişim hesaplanabilir hale geldi. Ayrıca yine tarihi tutulum ve gözlem kayıtları kullanılarak M.Ö. 2000 senesine kadar ki delta-T hesabı yapılabilir duruma geldi. Fakat daha önceki zamanlar için bu formül ve kayıtlara güvenilmesi anlamlı değildir. [2]

Bugün bir çok nedenden dolayı delta-T'nin önceden hesaplanmasının mümkün olmadığı bilinmektedir. Gel-git olayları, Ay-Yer uzaklığının değişimi, atmosferik hareketler, Yer'in sismik hareketleri delta-T'nin oluşturan parametrelerden bazılarıdır

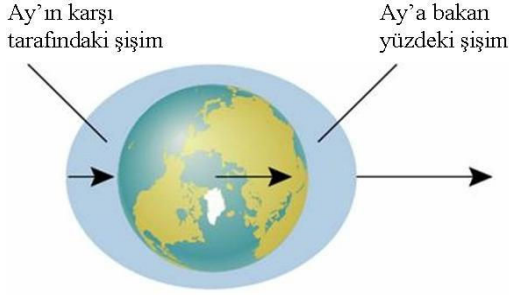


Şekil 2.1a : delta-T'nin yıllara göre değişimi [1]

2. Delta-T Değişimine Neden Olan Parametreler

2.1 Gel-Git Olayları

Gel-gitler okyanuslardaki deniz seviyesinin, normalinden aşağıda veya yukarıda olmasıdır. Bu olay Ay'ın ve Ay'dan daha da az oranda olmak üzere Güneş'in çekim kuvvetinden kaynaklanmaktadır. Ay'ın etkilemesi sonucunda gel-git olaylarının sebebi kütle-çekim kuvvetidir. Bu kuvvet cisimlerin birbirlerini çekmesinde ve buldukları yerde tutulmasında etkilidir. Kütle-çekim kuvveti Ay tarafından Yer'e uygulandığı gibi Yer tarafından da eşit miktarda fakat zıt yönde Ay'a uygulanmaktadır. Gel-git olayı Yerküre'nin dönmesini birbirine zıt iki ayrı biçimde etkiler. Bunlardan biri gel-git nedeniyle oluşan sürtünme sonucu dönmenin uzun vadeli ve yavaş bir biçimde değişmesidir. Diğerisi ise gel-gitlerin gezegen üzerindeki sürekli hareketleri sonucu dönmeye görülen çok küçük fakat hızlı değişimlerdir. Bu ikinci tür değişimlerin dönemleri birinciler ile tam olarak aynı dönemlidir.



Şişimler ölçekli değildir! Gerçek şişimler okyanuslarda yalnız 2 metre yükselir.

Şekil 2.1a : Gel-gitlerin temsili

$$F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{r^2}$$

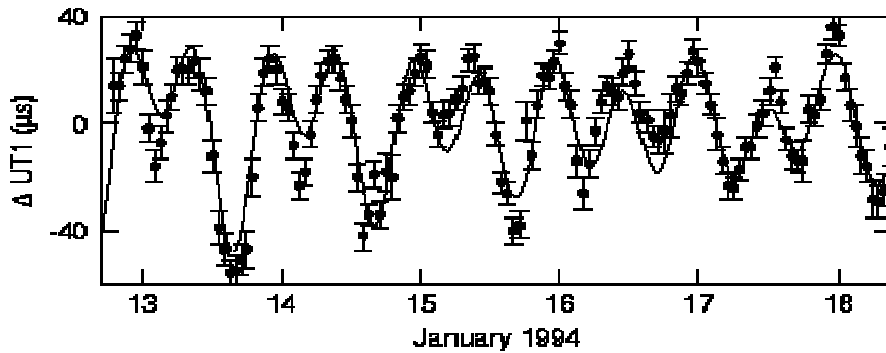
Şekil 2.1b : Kütle-Çekim Kuvveti Bağıntısı

2.1.1 Gel-Git Olayı Nedeniyle Meydana Gelen Değişim

Kütle-çekim kuvvetin etkisi ile gel-gitler sebebiyle Yer üzerinde bir sürtünme kuvveti oluşmaktadır. Bu kuvvet olmazsa (yani Ay olmazsa) sürtünme kuvveti kalkacağı için Yer daha hızlı dönmeye başlayacaktır. Bu konudaki araştırmalar 300 yıl kadar önce Sir Edmund Halley'in Ay'ın yörüngesi üzerinde pozitif ivmelendiğini ileri sürmesi ile başlar. Oysa bu pozitif ivmelenme yalnızca görünür karakterde idi. Gerçekte Ay'ın pozitif ivmeleniyor görünmesi Yer'in dönme hızının yavaşlıyor olmasından kaynaklanmaktadır. İşin özüne bakılacak olursa Ay yörüngesi üzerinde negatif ivmelenmekte fakat baskın olan olay Yer'in yörünge hızının yavaşlamasıdır. Bu yavaşlama gel-git nedeniyle ortaya çıkan sürtünmeden kaynaklanmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucu Ay her yıl 3.8 santimetre Yer'den uzaklaşmaktadır. Bu uzaklaşma Yer'in dolanma süresinin yılda ortalama 2.3 milisaniye uzaması anlamına gelmektedir. Bu süre ciddi bir rakam olarak gözükmesine de üst üste konulduğunda bilimsel anlamda sorun teşkil etmektedir. [2,3]

2.1.2 Gel-Git Olayı Kökenli Hızlı Değişimler

Yerküre'nin dönüş hızındaki günlük değişimleri ölçebilmeye başladığımızdan bu yana Gel-git kökenli hızlı değişimler gündeme gelmeye başlamıştır. Aşağıdaki şekilde buna bir örnek gösterilmektedir. Bu şekilde Yer'in dönme hızında saatlik ölçümler sonucu elde edilmiş çok hızlı değişimler UT biriminde görülmektedir. Bu şekilde ayrıca okyanus gel-gitlerine ilişkin sayısal modelin öngörüsü de verilmiştir. Ölçümler "Very Long Baseline Interferometry (VLBI)" adlı kampanya çerçevesinde elde edilmiş olup Chopo Ma ve John Gibson (NASA/GSFC) tarafından analiz edilmiştir.



Şekil 2.1.2a : VLBI tarafından ölçülen, UT'deki hızlı değişim [3]

Modele ilişkin öngörüler ise “Special Bureau for Tides” web sitesinden alınmıştır. Bu şekilden de görülebileceği gibi UT1 de günlük ve yarı günlük değişimler söz konusudur ve bu değişimler okyanus modelinin öngörüsüyle oldukça iyi uyumaktadır.

Gel-git olayının böylesi hızlı değişimlere neden olmasının iki yolu olabilir. Birincisi, bu olay sırasında su Yer üzerinde hareket etmekte ve Yer’in momentumunu değiştirmektedir. Bu durumda açıl momentumun korunabilmesi için Yerküre dönme hızını değiştirecektir. İkincisi, gel-git akıntıları yavaşlayıp ya da hızlandıkça Yerküre ile açıl momentum alışverişi yapmaktadır ve bu da dönme miktarını etkilemektedir. Dönme miktarında gözlenen değişimler üzerinde ikinci mekanizma daha baskındır. [3]

2.1.3 Gel-Git Olayı Kökenli Uzun Dönemli Değişimler

Günlük ya da yarı günlük okyanus gel-gitlerinde olduğu gibi uzun dönemli okyanus gel-gitleri de Yer’in dönmesi üzerinde atalet momenti değişimleri ve gel-git akımları gibi etkiler yapabilmektedir. Ancak günlük ya da yarı günlük okyanus gel-gitlerinin aksine uzun dönemli okyanus gel-gitleri yeterince uzun dönemli oldukları için zorlayıcı eş-potansiyel yüzey tarafından baskı altına alınabilmektedir. Uzun dönemli gel-git potansiyeli Yerküre üzerinde bir eksene göre simetrik olup bunlar Yerküre’nin kutup atalet momenti üzerinde etkili olmaktadır. Bu haliyle, uzun dönemli okyanus gel-gitleri için söz konusu atalet terimi Yer’in dönme dönemi değişimleri üzerinde önemli etkiye sahip iken atalet ve akıntı terimleri de kutup hareketleri değişimleri üzerinde etkilidir. Gerçekte, uzun dönemli okyanus gel-gitlerinin Yer’in dönme miktarı değişimi üzerindeki etkisi günlük ya da yarı günlük okyanus gel-gitlerinin etkisinden on kat yoresinde daha fazladır. Bu noktada, uzun dönemli Yer gel-gitlerinin ayrıca kutup hareketlerine ilişkin atalet momentine de katkıda bulunduğunu belirtmek gerekir. [3]

2.2 Gezegenlerin Çekim Kuvvetleri

Kütle-çekim kuvveti Ay-Yer ikilisi tarafından birbirlerine uygulandığı gibi, Güneş Sistemi’ndeki gezegenler tarafından da Yer ile karşılıklı olarak uygulanmaktadır. Yer üzerindeki sürtünme kuvvetinin değişimi açısından gezegenlerin varlığı ve uyguladıkları kuvvetler de önemlidir. Fakat gezegenlerin çekim kuvvetleri Ay’ın ve Güneş’inin yanında önemsenebilecek düzeydedir. Ancak yine de Yer’in dönüş hızını etkilemek anlamında incelendiğinde şu veriler elde edilmiştir.

Yer-Merkür	En Yakın	1.28766×10^{18}	Yer-Jüpiter	En Yakın	2.14736×10^{20}
	En Uzak	2.67245×10^{17}		En Uzak	8.07314×10^{19}
Yer-Venüs	En Yakın	1.23588×10^{20}	Yer-Satürn	En Yakın	1.56734×10^{19}
	En Uzak	2.84757×10^{18}		En Uzak	8.26177×10^{18}
Yer-Ay	En Yakın	2.21899×10^{22}	Yer-Uranüs	En Yakın	5.16632×10^{17}
	En Uzak	1.78117×10^{22}		En Uzak	3.46981×10^{17}
Yer-Mars	En Yakın	7.22602×10^{18}	Yer-Neptün	En Yakın	2.19535×10^{17}
	En Uzak	1.58853×10^{17}		En Uzak	1.85701×10^{17}

Şekil 2.2a : Gezegenlerin Yer’e uyguladıkları çekim kuvvetleri. Kuvvet birimleri Newton cinsinden verilmiştir.[10]

Gezegenlerin Yer üstündeki çekim kuvvetleri karşılaştırıldığında, Ay'ın Yer üzerine uyguladığı kuvvet Jüpiter'in en yakın olduğu durumda uyguladığının 103.3356 katıdır. Venüs'ün en yakın olduğu konumda ise, Ay'ın uyguladığı kuvvet Venüs'ünkinin 179.5467 katıdır. Diğer gezegenler için bu rakam giderek artmaktadır.

2.3 Atmosferik Hareketlerin Yer'in Dönüşüne Etkisi

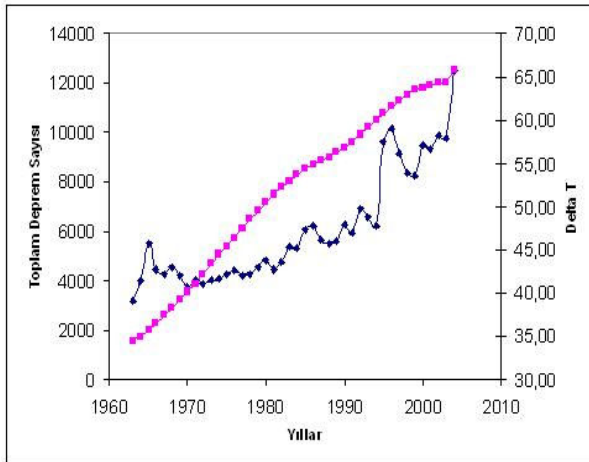
Yer üzerinde olan birkaç millik madde yerinin değişimi (katı veya sıvı) merkeze uygulanan açısal momentumu değiştireceğinden Yer'in dönüş hızı da değişecek buna bağlı olarak gün uzunluğu da artacak veya azalacaktır. Mesela bir buz patencisi kolları açıkken dönmesiyle kapalı dönmesindeki dönüş hızı farklıdır. Bunu patencinin kollarına uygulanan açısal momentumun kütle merkezine yakınlaştığı için açısal momentum hızının artmasına yol açacak böylece dönüş hızı artacaktır. Aslında Yer'de de buna benzer olay gerçekleşir

Aslında atmosferik hareketlerin asıl nedeni, rüzgar ve hava basıncı değişimleri Yer kabuğuyla etkileşerek bir sürtünme kuvveti oluşturur ve bu sürtünmeden dolayı Yer'in dönüş hızını azaltır. El Nino'na da bu hava hareketleri daha yoğun yaşandığı için Yer'in dönüş hızını da daha fazla azalacaktır ve gün uzunluğu da buna bağlı artacaktır. Yapılan hesaplamalar sonucunda 1982- 1983 yılları arasında El Nino Kasırgası'nın gün uzunluğunu 0.0008 sn artırdığını ve normal mevsimsel hava hareketleri de 0.0004 sn artırdığı gözlenmiştir. [4,5,6,7,8,9]

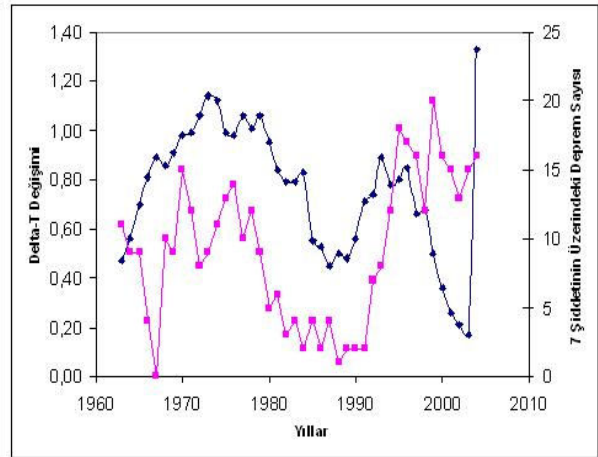
2.4 Yer'in Sismik Hareketlerinin Etkisi

Yer'in sismik hareketlerinin de Yer'in dönüşüne etkisi Atmosferik Hareketlerin ki gibidir. Yer'in manto katmanı üzerindeki levhaların sismik hareketler sonucundaki hareketleri açısal momentumun değişimine neden olmaktadır., Yer'in dönme süresinin etkilenmesi açısından örnekler verilmesi gerekirse, 26 Aralık 2004'te Hint Okyanusunda meydana gelen çok aletsel büyüklüğü 9.0 olan Sumatra depreminin Yer'in dönüş hızını arttırdığı Jeofizikçilerin tanımlamalarından yola çıkarak ortaya konulmuştur. Oluşan şok dalgalarıyla, Yer'in bir tam devrini 3 mikro saniye kısalttığı tahminini yürütmektedirler. California, Pasadena'da bulunan NASA araştırmacıları bu değişikliğin kütlelerin yer merkezine doğru ötelenmesine sebep olduğunu ve Endonezya'nın altındaki ağır tektonik plakayı salladığını belirtmişlerdir. [12]

Advanced National Seismic System Catalog'tan alınan verilerle 1964-2004 yılları arasındaki aletsel büyüklüğü 4 ve üzerindeki depremler incelenip, delta-T verileriyle kıyaslandığında şu grafikler elde edilmiştir.



Şekil 2.4a : 1964-2004 yılları arasında olan Toplam Deprem Sayısı ile delta-T'nin yıllara göre grafikleri [1,11]



Şekil 2.4b : 1964-2004 yılları arasında delta-T değişimiyle aletsel büyüklüğü 7 ve üzerindeki deprem sayısının yıllara göre grafikleri [1,11]

Şekil 2.4a'daki grafikten gördüğümüz gibi, 1964 ila 2004 yılları arasında, yıllara göre toplam deprem sayısı artış gösterirken, delta-T de aynı şekilde bir yönelim izlemektedir. Benzer şekilde Şekil 2.4b deki grafiğe de baktığımızda, delta-T değişimi ile aletsel büyüklüğü 7 ve üzerinde olan deprem sayısı grafikleri hemen hemen örtüşmektedir.

3. Veri ve Yöntem

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda, Yer'in dönme hızının değişimini sağlayan parametrelerden bahseden çeşitli makalelerden; Advanced National Seismic System (ANSS) Katoloğu'ndaki M.S. 1963 ve 2004 yılları arasında meydana gelmiş ve aletsel büyüklüğü 4 ve üzerinde olan tüm depremlerden ve The Astronomical Almanac 2005'ten Yer'in sismik hareketleri ile karşılaştırmak üzere aynı tarihler arasındaki delta-T değişim bilgilerinden yararlanılmıştır.

M.S. 1963 ile 2004 yılları arasında gerçekleşen 253973 deprem verisi, aynı tarihlerdeki delta-T ve delta-T'nin değişimi ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar yapılırken izlenen yol, öncelikle tüm veriye ilişkin değerlerin hesaplanmasıdır. İkinci adımsa, verilerin elde edilen zamanlara göre grafiğinin çizilmesidir. Üçüncü adımda ise grafikler arasında karşılaştırma ve yorumlama yapılmıştır.

4. Sonuç

Yaptığımız araştırmalar, incelenen makaleler ve verilerin karşılaştırılması sonucunda, Yer'in dönme hızını etkileyen parametreler bu çalışmada sunulmuştur. Gel-Git olayları, Ay ve diğer gezegenlerin kütle-çekim kuvveti, Atmosferik hareketler ve Yer'in sismik hareketleri Yer'in dönme hızını etkilediği ortaya konulmuştur. Ancak bu parametrelerin yıl içinde etkileme miktarlarının önceden tam olarak belirlenme gibi bir durumun söz konusu olmaması sebebi ile, delta-T değerleri asla kesin olarak gelecek yıllar için belirlenemez. Astronomlar çeşitli yollarla sadece değişim için bir öngöründe bulunurlar.

Kaynaklar

- [1] The Astronomical Almanac 2005
- [2] <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/SEhelp/rotation.html>
- [3] <http://bowie.gsfc.nasa.gov/ggfc/tides/intro.html>
- [4] <http://image.gsfc.nasa.gov/poetry/ask/a11608.html>
- [5] <http://image.gsfc.nasa.gov/poetry/ask/q772.html>
- [6] <http://image.gsfc.nasa.gov/poetry/ask/q396.html>
- [7] <http://www.novan.com/earth.htm>
- [8] http://www.eurekaalert.org/pub_releases/2003-03/nsfc-cit030503.php
- [9] <http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003/0210rotation.html>
- [10] <http://solarsystem.nasa.gov/index.cfm>
- [11] Advanced National Seismic System Catalog
- [12] <http://www.worthyboards.com/index.php?showtopic=18147>