



Python’da Arayüzlü Minimum/Maksimum Zamanı Belirleme Programı: XTREMA

Engin Bahar^{1,2*}, Cihan Tuğrul Tezcan^{1,2}, Onur Yörükoğlu^{1,2}, Didem Dilan İzci^{1,2}, Damla Gümüş^{1,2},
İbrahim Özavcı^{1,2}, Hakan Volkan Şenavcı^{1,2}, Mesut Yılmaz^{1,2}, Özgür Baştürk^{1,2}

¹Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Ankara, Türkiye.

²Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi, Ankara, Türkiye.

Özet: Bu çalışmada örten değişen ve zonklayan yıldızların ışık eğrilerinden minimum/maksimum zamanı hesaplayan Python programlama dilinde yazılmış arayüzlü bir program olan Xtrema tanıtılmıştır. Xtrema aynı anda binlerce minimum/maksimum zamanını (örneğin Kepler ve CoRoT gibi uzay teleskoplarından elde edilen uzun zaman aralığına yayılmış neredeyse kesintisiz ışık eğrileri gibi) kullanıcının belirleyeceği kriterler altında hızlı ve etkili bir şekilde hesaplayabilmektedir. Bu ekstremum zamanlarının hesabı için kullanıcıya birçok farklı yöntem sunmakta olan Xtrema, profillerin az noktadan oluşması durumunda çevrim birleştirme özelliğinin yanında kullanıcı dostu arayüzü ve kullanışlı grafik çizim aracı gibi daha pek çok faydalı özelliğe sahiptir.

Anahtar Kelimeler: minimum/maksimum zamanı, örten değişen yıldızlar, zonklayan yıldızlar, O-C diyagramı

Abstract: We develop a python-based GUI code, Xtrema, that can be used for calculating the times of minimum for eclipsing binary systems as well as the maxima of pulsating stars. Xtrema performs minimum/maximum time determination from multicycle light curves (i.e., 1000) such as from Kepler/CoRoT data, using different methods, and also provides error estimates. Despite the coarse sampling rate of the long cadence Kepler data, Xtrema can be used to determine reliable times of minimum/maximum by combining successive minimum/maximum profiles as defined by the user.

Key Words: minimum/maximum times, eclipsing binary stars, pulsating stars, O-C diagram

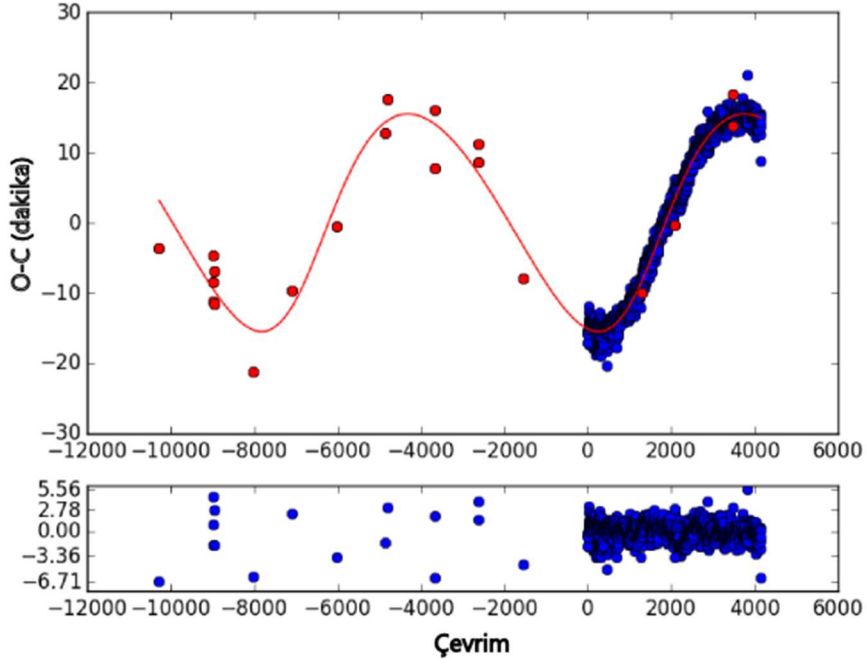
1. Giriş

Örten değişen yıldızların tutulma zamanlarındaki zamana bağlı değişim bize bileşenler arası kütle aktarımı, ilave başka bir cisim (örneğin bir ötegezegen), manyetik aktivite ve eksen dönmesi gibi bu sistemlerin dinamiği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Fakat bu dinamikleri hassas bir şekilde analiz edebilmek, yapılan gözlemlerin kalitesinin yanında veri üzerinden yapılacak olan hesaplamaların (minimum zamanı hesabı gibi) hassasiyetine de oldukça bağlıdır. Özellikle ötegezegenler gibi sistemin minimum zamanları üzerinde oldukça küçük bir etkiye sebep olunan durumlarda, minimum zamanlarının hassas bir şekilde ölçülmesi büyük önem arz etmektedir. Kepler ve CoRoT gibi yüksek duyarlılıkta ve uzun zaman aralığında neredeyse kesintisiz ışık eğrisi elde eden uzay teleskopları sayesinde bilim insanlarının analizine sunulmuş binlerce örten değişen ve zonklayan yıldızla ait ışık eğrileri mevcuttur. Literatürde ekstremum zamanı hesabı yapan Peranso (www.peranso.com), AVE (astrogea.org/soft/ave/aveint.htm), Minima ve B_Minima (members.shaw.ca/bob.nelson/software1.htm) gibi programların özellikle büyük boyutlardaki ışık eğrisi verilerinde (aynı anda çok fazla sayıda ekstremum zamanı hesabında) oldukça kullanışsızdır. Xtrema büyük boyutlardaki veri üzerinde etkili ve hızlı çalışmasına imkan sunar.

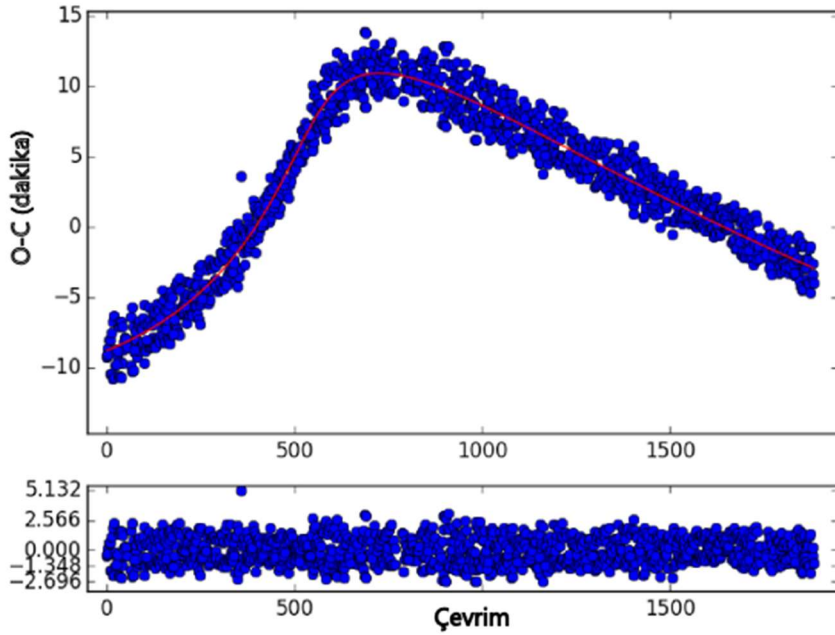
2. Xtrema Nedir?

Xtrema Python (www.python.org) programlama dilinde yazılmış ve arayüzü QT (qt-project.org) platformu aracılığıyla oluşturulmuş örten değişen ve zonklayan yıldızların ışık eğrileri üzerinden ekstremum zamanı hesabı yapan bir programdır. Ayrıca sistemin yörünge/pulsasyon dönemi hesabı da bu program vasıtasıyla yapılabilmektedir. Xtrema binlerce minimum/maksimum zamanını aynı anda kullanıcının belirlediği kriterler altında hızlı ve etkili bir şekilde hesaplayabilir ve hesapladığı bu zamanları kullanarak anında bir O-C diyagramı çizebilir. Zamanları hesaplarken kullanıcıya 5 farklı yöntem sunar. Bunlar Kwee & van Woerden (K.K. Kwee & van Woerden 1956) yöntemi, polinom fiti, Fourier fiti, krişi yöntemi ve kullanıcının gireceği herhangi bir fonksiyondur. Işık eğrileri çok az sayıda noktadan oluştuğu durumda (Kepler teleskobunun yaklaşık 30 dakikalık poz süresiyle gözlediği kısa dönemli örten değişenlerde olduğu gibi) ardışık çevrimler üst üste katlanarak ölçüm hassasiyeti artırılabilir. Kullanıcı ilgili ekstremum profillerinin tamamının mı yoksa bir bölümünün mü ekstremum zamanında kullanılacağını belirleyebilir. Böylece hangi durumlarda daha hassas bir zaman hesabı yapabildiği zamanları hesapladıktan sonra programın çizdiği O-C diyagramı üzerinden görebilir. Xtrema ayrıca çok kullanışlı bir arayüze ve grafik çizim pencerelerine sahiptir. Kullanıcı farklı bir çok kriter ve zaman hesaplama yöntemi kullanarak en iyi sonucun hangi kriterlerde ve yöntemde ortaya çıktığını hızlı bir şekilde görebilir. Yukarıda bahsedilen özellikler göz önüne alındığında, Xtrema diğer rakiplerine göre (Peranso, Minima, AVE vb.) söz konusu hızlı ve hassas bir şekilde çok fazla sayıda ekstremum profile üzerinden zaman hesabı olduğunda kullanıcıya büyük bir avantaj sağlamaktadır.

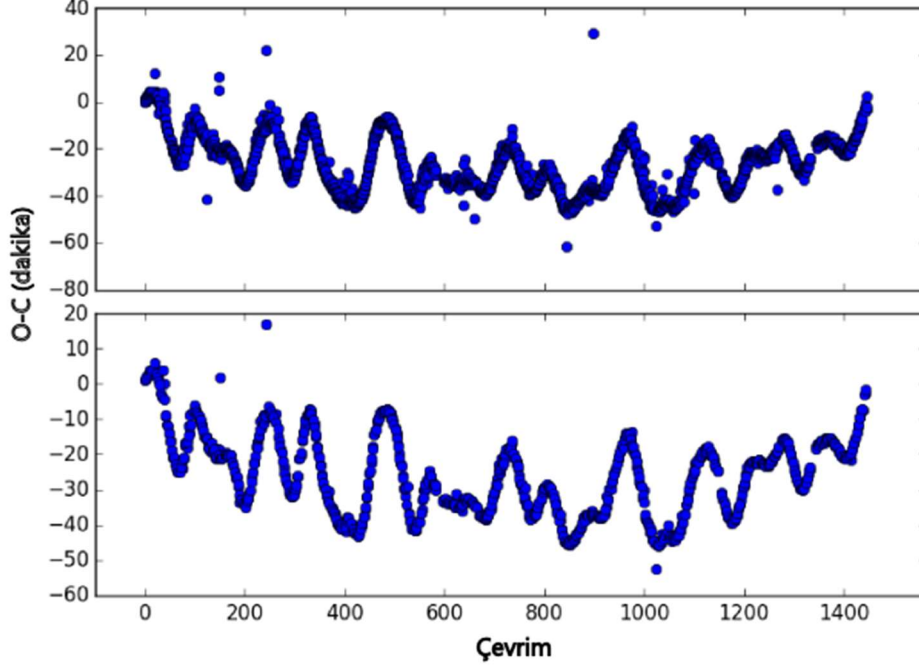
*Sorumlu Yazar E-Posta: engin.bahar@ankara.edu.tr



Şekil 1: V2294 Cygni örten değişen sistemine ait O-C eğrisi (üstte), bu eğriye yapılan fit (kırmızı düz çizgi) ve fitten kalan artık (altta) gösterilmektedir. Kırmızı noktalar yer tabanlı teleskoplardan elde edilen minimum zamanları mavi noktalar ise Kepler uzay teleskobundan elde edilen ışık eğrileri üzerinden Xtrema ile hesaplanan minimum zamanlarının O-C değerlerini göstermektedir.



Şekil 2: Xtrema ile oluşturulan KIC8265951 örten değişen sistemine ait O-C grafiği. Üst panelde eğriye yapılan fit (kırmızı düz çizgi), alt panelde ise bu fitten kalan artık gösterilmektedir.



Şekil 3: Xtrema ile KIC7671081 zonklayan yıldızının hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C grafiği. Üst panelde hiç çevrim birleştirilmeden elde edilen O-C diyagramı. Alt panelde ise art arda gelen üç çevrim birleştirilerek elde edilen O-C diyagramı.

3. Tartışma ve Sonuç

-Xtrema ile V2294 Cygni, KIC7671081 ve KIC8265951 sistemleri üzerinde yapılan uygulama sonucunda minimum zamanı hesabı için profili oluşturan nokta sayısı, seçilen bölge ve tercih edilen yöntemin önemli bir rol oynadığı görüldü. V2294 Cygni örten değişen sisteminin yer tabanlı teleskoplarla elde edilen ışık eğrileri üzerinden belirlenen minimum zamanları ile hesaplanan O-C değerleri, Xtrema programı yardımıyla bu sisteme ait Kepler ışık eğrilerinden belirlenen minimum zamanlarından elde edilen O-C değerleri oldukça tutarlı olduğu Şekil 1’de görülmektedir. Ayrıca Şekil 2’de KIC8265951 örten değişen sistemi için Xtrema ile oluşturulan O-C grafiğine bakıldığında dönem değişim trendi oldukça belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Çarpıcı sonuçlardan bir tanesi de KIC7671081 zonklayan yıldız için Xtrema yardımıyla oluşturulan O-C grafikleridir. Şekil 3’te üst panelde hiç çevrim birleştirilmeden oluşturulan O-C grafiği ile alt panelde bulunan art arda üç çevrim birleştirilerek oluşturulan O-C grafiğinde saçılmanın ciddi derecede azaldığı görülmektedir. Bunun sebebi Kepler uzay teleskobunun 30 dakikalık poz süreleri ile bu sistemin gözlenmesi sonucu maksimum profillerinde çok az sayıda noktanın bulunmasıdır. Xtrema’nın çevrim birleştirme özelliği sayesinde bu dezavantaj oldukça minimum düzeye inmekte olduğu görülmektedir. Bunların dışında Xtrema sayesinde binlerce böyle sistemin O-C grafikleri hızlı bir şekilde oluşturulabilir ve bu grafiklerin analiz edilmesi sonucunda elde edilen bilgiler üzerinden bu sistemlerin dönem değişim doğaları hakkında daha ayrıntılı bilgiye sahip olunabilir.

-Xtrema tüm metodlarında ekstremum zamanları için formal hata verebilmektedir. Fakat bu hata değerlerinin çokta gerçekçi olmadığı görülmektedir. Xtrema programının geliştirilmesi hala devam etmektedir. İleriki sürümlerinde daha gerçekçi bir hata hesabının programa eklenmesi planlanmaktadır.

4. Kaynaklar

Kwee, K. K., Van Woerden, H. 1956, Bull. Astron. Inst. Netherlands, 12, 327