

# **Açık Kod Kaynaklı ve Özgür Matematik Yazılımı: SAGE**

**Hamdi Murat Yıldırım**

Bilgisayar Teknolojisi ve Bilişim Sistemleri Bölümü, Bilkent Üniversitesi  
hmurat@bilkent.edu.tr

**Özet:** SAGE, GNU Genel Kamu Lisansı (GPL) altında geliştirilen ve var olan birçok açık kod kaynaklı yazılım paketleri ve matematik yazılımlar için Python tabanlı ortak bir ara yüz sağlayan, özgür ve açık kod kaynaklı bir matematik yazılımıdır. Bu yazılımın geliştirilmesindeki en önemli amaç, Magma, Maple, Matlab ve Mathematica gibi ünlü ticari yazılımlarına karşı açık kod kaynaklı bir alternatif oluşturmaktır. Bu yazıda, gerek akademik çalışmalar gerekte matematiğin öğretilmesi için Web üzerinden uygun paylaşım ve çalışma ortamı sağlayan SAGE'nin özellikleri, kuruluşu ve kullanımının yanı sıra yüksek başarımlı hesaplamalarda ve Üniversitelerimizde SAGE'nin kullanımına dair önerilere de yer verilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Matematik Yazılım, Açık Kod Kaynak Yazılım, Özgür Yazılımı, Python, Paralel Hesaplama, Matematik Öğretimi.

## **Open Source and Free Mathematics Software: SAGE**

**Abstract:** SAGE, developed under GNU General Public License (GPL), is free and open source software that provides Python based common interface for many existing open source software package and mathematics software. The most important aim for developing this software is to create the open source alternative to commercial mathematics software such as Magma, Maple, Matlab and Mathematica. In this note, in addition to features, installation and use of SAGE which provides suitable sharing and working environments not only for academic research but also for teaching mathematics on the Web, suggestions regarding the use of SAGE in high performance computing and our Universities are also presented.

**Keywords:** Mathematics Software, Open Source Software, Free Software, Python, Parallel Computing, Teaching Mathematics.

### **1. Giriş**

SAGE (Software for Algebra and Geometry Experimentation) [1], GNU Genel Kamu Lisansı (GPL) altında geliştirilen ve var olan birçok açık kod kaynaklı yazılım paketleri (GMP, Python, Common Lisp, Bzip2, FreeType, MoinMoin Wiki v.b.) ve matematik yazılımlar (GAP, NTL, PARI/GP v.b. ) için Python tabanlı, gerek gelişmiş komut satırı gerek Web tabanlı ortak bir ara yüz sağlayan, özgür ve açık kod kaynaklı bir matematik yazılım sistemidir. Bu yazılımlar ve paketleri ayrı ayrı kurmak ve bunları güncellemeleri takip etmek yerine

SAGE'yi kurmak ve güncellemek yeterlidir. Bu sistemin geliştirilmesindeki önemli amaç Magma, Maple ve Mathematica gibi ünlü kapalı kodlu yazılımlarına karşı açık kod kaynaklı bir alternatif oluşturmaktır.

Geliştirilmeye Ocak 2005 tarihinde başlanan SAGE matematik yazılımının ilk sürümü 24 Şubat 2005 tarihinde yayımlanmıştır. Lider geliştiricisi William Stein [2] (Doçent, matematikçi, temel ilgi alanı sayılar teorisi ve bilgisayar bilimi bölümünden lisans derecesine sahip) SAGE'nin geliştirilmesi için öğrencileri istihdam etmiştir. SAGE'nin geliştirmesi hem tüm dünyadan gö-

nüllü çalışmalarla hem de hibelerle desteklenmektedir. SAGE 2007 yılında, özgür yazılım için bir uluslararası yarışması Les Trophees Du Libre'nin bilimsel yazılım bölümünde, birincilik ödülünü kazanmıştır [3]. SAGE hakkında birçok başarı hikayeleri bulunmaktadır [4].

Bu yazının ikinci bölümünde SAGE matematik yazılımının özelliklerine, kurulumuna ve kullanımına; üçüncü bölümde ise bilimsel hesaplamalarda ve Üniversitelerde kullanımı dair önerilere yer verilecektir.

## 2. SAGE Özellikleri, Kurulumu ve Kullanımı

### 2.1 Özellikler



**Figür 1:** SAGE ile Araba Yapmak

SAGE, akademik çalışmalarda ve matematiği öğretirken yaygın olarak kullanılan, açık kod ve özgür matematik yazılımları ve araçları bir araya toplayan ve onların etkin ve kolay kullanımını sağlayan bir matematik yazılımıdır. Bu tür yazılımları teker teker kurmak ve güncellemelerini takip etmek ve yapmak büyük uğraşı ve emek gerektirmektedir. Bu yazılımların büyük bir kısmı, komut satırından kullanılmaktadır. Bu durum komut satırına hakim olmayan kullanıcıların, yazılımları öğrenmeleri ve etkili kullanımını zorlaştırmaktadır. SAGE, bu yazılımların bir arada toplamakla kalmayıp kolay kullanımları için hem web tabanlı hem de gelişmiş komut satırı arayüzü sağlamaktadır. Web arayüzü sayesinde yapılan çalışmaların kaydedilmesi, paylaşılması,

komutlar hakkında bilgi alınması ve grafiklerin çizimi, grafik arayüze sahip bir masaüstü uygulamayı kullanır gibi gerçekleştirilmektedir. Önemli tasarım prensiplerine sahip SAGE ile var olan açık kod kaynaklı kütüphane ve paketlerin kullanılarak, tekerleğin yeniden keşfi yerine doğrudan araba yapmak hedeflenmiştir (Figür 1).

SAGE ile çalışmak için kullanılan programlama dili Python, güçlü ve modern bir nesne yönelimli, yorumlanabilen, birimsel (modüler) ve etkileşimli bir programlama dilidir. Python ile yeni veri çeşitleri tanımlamak kolaydır. Python, girintilere dayalı ve son derece kolay okunabilir söz dizimi, dilin öğrenilmesini ve akılda kalmasını kolaylaştırır. Birçok standart Python kütüphanesi istatistik, matematik, fizik, biyoenformatik, iki/üç boyutlu grafik, ağ, veritabanı, kriptografi ve diğer birçok uygulama alanları için mevcuttur [5].

SAGE ile birlikte 70 in üzerinde araç ve yazılımlardan bazılarını Tablo 1 de yer verilmiştir [6]. SAGE çok iyi belgelendirmeye sahiptir [11]. Ek olarak SAGE indirme sayfasından SAGE'nin sürümlerine entegre edilmiş, az entegre edilmiş veya kararsız olan paketlere de ulaşmak mümkündür. Bir kip sayesinde Emacs düzenleyicisinde SAGE kullanılabilir ve bir LaTeX stil dosyası SageTeX sayesinde SAGE kodları, SAGE'de çizilen grafikler ve yapılan işlemlerin sonucu LaTeX belgelerine aktarılabilir [11].

SAGE'yi, komut satırı veya yerel bir web sunucu tarafından sağlanan Python dili arayüzü ile etkileşen bir grafiksel arayüz üzerinden kullanmak mümkündür. SAGE birçok açık kod kaynaklı matematiksel yazılım ve kütüphaneler için bu arayüzleri sağlamaktadır. Böylece SAGE üzerinden bu yazılım ve kütüphaneler ile hesaplamalar kolaylıkla yapılabilmektedir. SAGE'nin kurulumunda bu yazılım ve kütüphaneler de işletim sistemi üzerine kurulmaktadır. Ayrıca SAGE matematik yazılımı, üzerinde koştuğu sistem üzerinde kurulu olan Magma, Mathematica, Matlab gibi ticari matematik yazılımlarına arayüzler sağlamaktadır. SAGE üzerinde koştu-

gulan bazı işlemler, arayüz sağladığı yazılımlar ve kütüphaneleri otomatik olarak kullandırttığı gibi bazılarında ise kullanıcıdan açık olarak hangisinin kullanılacağını belirtmesini bekler. Her bir kütüphane için değişkenlerin durumu bağımsızdır ve kütüphaneler arasında nesnelere transferi genellikle dizilere dönüşümle sağlanır [8].

Aritmetik	GMP, MPFR, Givaro, MPFI
Değişmeli Cebir	PolyBoRi, SINGULAR (libSINGULAR)
Lineer Cebir	LinBox, M4RI, IML, fpLLL
Kriptosistemler	GnuTLS, PyCrypto
Tam Sayı Çarpınlarına Ayırma	FlintQS, ECM
Grup Teorisi	GAP
Kombinasyon Hesabı	Symmetricon, sagecombinat
Grafik Teorisi	NetworkX
Sayılar Teorisi	PARI, NTL, Flint, mwrnk, eclib
Sayısal Hesaplama	GSL, Numpy, Scipy, ATLAS
Kalkülüs (hesap), Sembolik Hesaplama	Maxima, Sympy, Pynac
İstatistik	R, Scipy.stats
Kullanıcı Arayüzü	Sage Notebook, jsmath, Moin wiki, Ipython
Grafikler	Matplotlib, Tachyon, libgd, Jmol
Ağ oluşturma	Twisted
Veritabanları	ZODB, SQLite, SQLAlchemy, Python pickle
Programlama Dili	Python, Cython (derlenmiş)

**Tablo 1:** SAGE yazılımın desteklediği bazı alanlar ve beraberinde gelen ilgili araçlar ve yazılımlar

C programlama dili ile yazılmış modülleri Cython yardımıyla SAGE’de kullanılmaktadır. Cython dili Python diline oldukça benzerdir. Cython yardımıyla C fonksiyonları çağrılabilir ve C veri tipleri tanımlanabilir. Böylece hızlı olan C modülleri sayesinde Python kodunun çalışması da hızlandırılabilir [30].

@parallel(n) decorator yardımıyla parçalanabilir işlemlerin alt işlemlerini ayrı ayrı paralel

çalıştırılabilir. Buradaki n, birim zamanda kaç tane farklı işlemin çalıştırılacağını belirten tam sayı girdi değeridir. @parallel(n), SAGE komut satırında çalıştırdıktan sonra paralel çalışması istenilen fonksiyon yazılır ve Enter tuşuna basılarak tekrar SAGE komut satırına dönülür. Yazının ilerleyen kısımlarında çalışan bir örnek verilecektir.

Ayrıca dağıtık hesaplamayı destekleyen bir yapı SAGE ile gelmektedir. Bu yapı için kullanılan isim “Distributed Sage” ve henüz test edilmemiştir [9].

SAGE’nin interaktif (interact) modu özelliği sayesinde komutları yaptıkları işlemleri, animasyon yardımıyla adım adım göstermek mümkündür ve birçok uygulama alanı için örnekler mevcuttur [10].

## 2.2 Kurulum

Mart 2009 itibarıyla SAGE’nin en yeni sürümü 3.4 dür. SAGE’nin Microsoft Windows, Linux ve Apple Mac OS X işletim sistemleri için ikili sürümleri bulunmaktadır [7]. SAGE’yi Windows platformunda kullanabilmek için SAGE’nin VMWare görüntüsü ve WMWare göstericisine ihtiyaç vardır. Aslında bu görüntü, VMWare veya özgür VMWare göstericisini destekleyen her işletim sisteminde kullanılabilir. VMWare yerine özgür yazılım Virtualbox yazılımı da tercih edilebilir. GPL v2 lisansına sahip Virtualbox, Linux, Windows, OS X, Solaris ve OpenSolaris işletim sistemlerine kurulan bir sanal bilgisayar yazılımdır [27],[28]. Kurulduğu sistemin işletim sistemi konakçı (host) (örneğin MS Windows) ve yazılım sayesinde yaratılan sanal makinenin işletim sistemi ise misafir (guest) işletim sistemi olarak adlandırılır. SAGE’nin kurulumu adına misafir işletim sistem için Ubuntu, Fedora, Debian, CentOS, veya OpenSuse Linux dağıtımlarından (doğrudan desteklendikleri için) biri tercih edilebilir ve bu misafir işletim sisteme bağlı bir sabit diske (konakçı sistem üzerinde bir dosya) kurulum gerçekleştirilebilir. Bu diskin üzerine ayrıca izleyen kısmında bahsedilecek SAGE’in ilgili ikili sürümü kurulabilir veya kaynak kodundan kurulum yapılabilir [7].

**SAGE'nin Linux için İkili Sürüm Kurulumu:** İndirilen SAGE ikili sürümü bir tek arşivlenmiş ve sıkıştırılmış, tar.gz uzantılı bir dosyadır. Bu dosyayı indirdikten ve açtıktan sonra ortaya çıkan klasör içine girilip ./sage komudunu koşturmak yeterlidir.

**SAGE'nin Linux veya OS X için Kaynak Koddan Kurulumu :** Kaynak koddan kurulum için ilgili tar.gz uzantılı dosyayı indirip, açtıktan sonra ilgili klasörün içine girdikten sonra root kullanıcısı olarak başka bir ayarlama yapmaya gerek kalmadan, make komudunu çalıştırılır ve kurulum gerçekleştirilebilir. Bu tür bir kurulum, kurulumun yapıldığı sisteme bağlı olarak birkaç saat sürebilir.

SAGE'nin en güncel kaynak kodlarına çevrim içi olarak kaynak kod depolarını izlenerek ulaşılabilir. SAGE, Canlı (Live) CD imajı sayesinde de çalıştırılabilir ve bu sürüm üzerinden kullanılabilir.

### 2.3 Kullanım

Bu kısımdan SAGE'nin iki arayüzü üzerinden kullanımına dair açıklamalara, tecrübeler ve örneklerle yer verilecektir.

#### Komut Satır Arayüz Kullanımı:

- SAGE, indirilen ve açılan ikili sürümden ortaya çıkan klasör içinde ./sage (ya da sage komudunun dosya sistemi üzerinde tam adresini vererek) çalıştırılabilir. ./sage -help komudu çalıştırıldığında, ./sage komudunun opsiyonel kullanımları için açıklamalara ulaşılabilir.
- ./sage komudu çalıştırdıktan sonra ipython etkileşimli kabuk arayüzü (sage: görüntülenir) üzerinden SAGE fonksiyonları, python komutları ve SAGE ile gelen paket ve yazılımlar kullanılabilir. Örneğin t harfini yazdıktan sonra Tab tuşuna basılırsa, t harfi ile başlayan komutlar listelenir (bash kabuğunda olduğu gibi). maxima. yazıp, Tab tuşuna basılırsa Maxima matematik yazılımının komutlarının listesi ekran gelir. Bu listeden de aranan Maxima komuduna ulaşılabilir.

- Komutlar için yardım almak oldukça kolaydır. Örneğin factor komudu hakkında bilgiyi görüntülemek için factor? yazıp Enter tuşuna basmak yeterli olacaktır. Eğer komut sonuna ?? konursa, ? kullanımında görüntülenen bilgilere ek olarak komutta kullanılan kod veya algoritma hakkında bilgiler de görüntülenir.

#### SAGE Web Tabanlı Arayüz Kullanımı:

Bu arayüze ulaşmak SAGE komut satırında notebook() komudu çalıştırılmalıdır. İlk kez çalıştırılmasında kullanıcı yaratılmasına dair ayarlar istenecektir. Notebook arayüzü kullanmak için Web tarayıcısında http://localhost:8000 adresine bağlanmak ve ilk kez notebook() çalıştırıldığında belirlenen kullanıcı adını ve parolası ile giriş yapmak gerekmektedir.

- Notebook arayüzünün kullanımı kolaydır. Bu arayüzde daha önce oluşturulan veya paylaşılan işlem tabloları (worksheets) listelenir. Yeni işlem tablosu oluşturulabilir. İşlem tablolar üzerinde arama yapılabilir.
- Bir işlem tablosunun en temel birimi hücredir (cell). Bu hücre içine komutlar konur ve çalıştırılır. Eğer bir hücre içinde birden fazla komut var ise tek satırda yer alan komutların arasına ; konur ya da her bir satıra tek bir komut konabilir. Bir hücredeki komut veya komutları koşturmak için bu hücre üzerinde Shift+Enter tuş kombinasyonuna (ya da evaluate bağlantısına tıklanır) basılır. Bu hücre komutlarının çıktısı izleyen hücreden önceki boşlukta görüntülenir.
- Komut satırında olduğu gibi komutların başlangıcı harflerden Tab tuşuyla komut isimleri listelenebilir ve de ? ve ?? sembolleri, komutlar hakkında bilgi almak için kullanılır.
- İşlem tablosu üzerinde sol üste menü yer alan birçok işlem (isim değiştirme, farklı kaydetme, çıktı alma ve silme vb.) uygulanabilir. Ayrıca hücrelerdeki komutlar çalıştırılabilir ve dosyalardan girdi alınması veya yeni bir işlem tablosunu yüklenmesi sağlanabilir.

- Notebook arayüzü istenirse sadece yerel olarak değil Web üzerinden ulaşılabilir hale getirilebilir. Bu tür kullanımda birden fazla kullanıcı tanımlanabilir [31] ve bu kullanıcılar kendi aralarında işlem tablosu paylaşımını, Publish bağlantısını seçerek sağlayabilirler.
- SAGE'yi sisteminize kurmadan çevrim içi denenmek istenirse, proje tarafından desteklenen bir web sitesi [31] üzerinde kullanıcı oluşturabilir ve SAGE kullanılmaya başlanabilir.

**Belge Oluşturma/Paylaşım:** Çalışmaların belgelendirilmesi ve tecrübelerin paylaşılması için SAGE ile birlikte gelen Moin Moin Wiki kullanılabilir. Bu yazılım kullanımı için komut satırından wiki() komudu çalıştırılıp, Web tarayıcısında <http://localhost:9000> adresine gidilir.

**Standart, Seçmeli, Deneysel Paket Kurulumu ve Paket Güncellemesi:** <http://www.sagemath.org/packages> adresteki standart (standard), seçmeli (optional) ve deneysel (experimental) klasörleri altında ilgili paketlere ulaşmak mümkündür. Örneğin SAGE ile birlikte gelen atlas paketini bir daha kurulmak istenirse izleyen komut çalıştırılır:

```
./sage -i  
http://www.sagemath.org/packages/  
standart/atlas-3.8.3.p0
```

Seçmeli gnuplot paketini kurmak için ise izleyen komut çalıştırılır:

```
./sage -i http://www.sagemath.org/  
packages/optional/gnuplotpy-1.7.p3.spkg
```

SAGE tüm standart paketleri güncellenmek istenirse, izleyen komutu çalıştırmak yeterli olacaktır:

```
./sage -upgrade
```

**Örnekler:** SAGE'nin belgelendirilmesinden seçilen örnekleri içeren örnek işlem tablolarına izleyen adreslerden ulaşılabilir.

- ORNEK-1: <http://www.sagenb.org/home/pub/259/> (SAGE interaktif (interact) mod

örnekleri)

- ORNEK-2: <http://www.sagenb.org/home/pub/260/> (Birkaç matematik yazılımında üst alma işlemi sürelerinin karşılaştırılması)
- ORNEK-3: <http://www.sagenb.org/home/pub/261/> (Temel Kalkülüs ve Lineer Cebir komutlarına örnekler)
- ORNEK-4: <http://www.sagenb.org/home/pub/458/> (Hill Şifreleme Sistemi örneği)
- CYTHON: [http://www.sagenb.org/home/pub/262](http://www.sagenb.org/home/pub/262/) (Cython örneği)

SAGE üzerinde @parallel(n) decorator denemesi için 2 adet kişisel bilgisayar sistemi bir araya getirildi. Bu bilgisayarların donanım özellikleri ve işletim sistemleri Tablo 2 de verilmektedir.

Bilgisayar	Donanım Özellikleri	İşletim Sistemi	Kurulu Yazılımlar
Bilgisayar A	Intel Core 2 Duo CPU E8200, 2.66GHz, önbellek 6144 KB, 2 GB sistem belleği	Linux Ubuntu 8.10 (32 bit sürümü)	SAGE 3.4
Bilgisayar B	Intel Pentium 4 CPU 2.80GHz, 1024 kb önbellek, 2 GB sistem belleği	Pardus 2008.2 Linux	SAGE 3.4

**Tablo 2:** Teste Kullanılan Bilgisayarların Özellikleri

Tablo 3.1  $2n - 1$  için  $n$  nin bazı değerleri için çarpanlarına ayırma işlemi ve gereken süre (Bir zamanda bir sayının çarpanlarına ayırma işlemi) [12]

```
sage: ls = [2An -1 for n in  
[190..210]] sage: time v= [factor(x)  
for x in ls ]
```

Tablo 3.2  $2n - 1$  için  $n$  nin bazı değerleri için çarpanlarına ayırma işlemi ve gereken süre (Bir zamanda iki sayının çarpanlarına ayırma işlemi) [12]

```
sage: ls = [2An -1 for n in  
[190..210]] sage: @parallel(2) ...  
def f_para(n): return factor(n)  
sage: time v= list (f_para(ls))
```

Bilgisayar A ve B işletim sistemleri üzerine SAGE yazılımın son 3.4 sürümü kuruldu. Bilgisayar A da SAGE üzerinde Tablo 3.1 de yer alan komutlar koşturuldu. Bu işlem 10 kez tekrarlandı ve ortama bu işlem 10.88 sn (İşlemcinin kullanım süresi, en düşük 10.86 sn en yüksek 10.90 sn) sürdü. Bilgisayar B de ise bu işlem 10 tekrarlandı ve ortalama süre 23.12 sn (en düşük 21.18 en yüksek 24.22). Tablo 3.2 de yer alan kod for döngüsündeki işlemlerden ikisini @parallel(2) decorator içinde 2 değerinden dolayı işlemcinin iki çekirdeğine dağıtmaktadır. Açıkçası her bir işlem (örneğimizde çarpanlara ayırma için) için bir çekirdek kullanılmaktadır. Böyle toplamda Tablo 3.1 de gerçekleştirilmesi arzulanan çarpanlara ayırma işlemi ilk denemeni yaklaşık 2 katı hızda yani yarı zamanda gerçekleştirildi (10 denemenin ortalama çalışma süresi 5.74 sn). Bilgisayar B üzerinde @parallel(2) decorator kullanımının süre açısından bir artışı yoktur çünkü Bilgisayar B'nin işlemcisi tek çekirdektir.

İşlemcisi 4 çekirdeği (her çekirdek eşit hıza sahip) olan bir bilgisayarda, SAGE üzerinde;  $3(2 > \text{parallel}(4))$  decorator kullanarak paralel koşabilecek komutlar çalıştırıldığında, her çekirdeğe birer işlem gönderilecektir. Sonuçta bu işlemin süresi, tek çekirdek üzerinde (paralel decorator kullanılmadan kaynaklı çalışma süresinin yaklaşık dörtte biri olacaktır. Eğer (parallel(4) decorator kullanılsaydı, tüm işlemler için tek bir çekirdek üzerinde çalıştırılacaktı.

PS3 oyun konsolunun işlemcisi, Sony, Toshiba ve IBM ortak yapımı olan ve multi-core (çoklu çekirdek) mimarisine sahip Cell mikro işlemcisidir. Bu işlemci IBM'in PowerPC mimarisini kullanan bir 1 Ana çekirdekten (PPE) ve bunun yanında 8 adet yardımcı çekirdekten (SPE) oluşuyor. PPE ve tüm SPE'lerin çalışma frekansı ise 3.2 GHZ dir [13],[14]. Dünya bazı bilimsel araştırma grupları bilimsel hesaplamaları için Playstation 3 (PS3) oyun konsollarından oluşan kümeleri kullanmaktadırlar [15],[16], [17]. M. Stevens, A.K. Lenstra, and B. de Wegerhave tek

bir PS3 konsolunun, MD5 özetleme (hash) algoritmasına yapılan birkaç saat sürecek bir kriptanalizi uygulamada kullanılabileceğini gösterdiler. Aslında bu grup, tek bir PS3 (maliyeti bir kişisel bilgisayar kadar) ile 30 kişisel bilgisayarlık bir bilgisayar kümesi performansının yakalanabileceğini ifade etmişlerdir [29].

PS3'lerden oluşan kümeler için her PS3 üzerine Linux (Yellow Dog, Ubuntu, Fedora, OpenSuse ve Gentoo Linux dağıtımların PS3 sürümü mevcut) kurulmaktadır. SAGE matematik yazılımını PS3 platformu üzerinde çalışabilirliği testi için bir PS3 üzerine, Ubuntu 8.10 Linux PS3 sürümü kuruldu. Ek olarak SAGE 3.4 sürümünün PS3 için ikili sürümü olmadığından, kaynak kodu üzerinden Ubuntu Linux PS3'e kurulmaya çalışıldı. Sonuçta SAGE ile birlikte standart gelen sadece 5-6 paketin kurulumunda sorunlar ile karşılaşıldı. Bu yüzden SAGE, PS3 üzerinde başarı ile çalıştırılmadı fakat gelecek SAGE sürümlerin, PS3 üzerine sorunsuz bir şekilde kurulabileceği konusunda umut veriyor.

### 3. Öneriler

SAGE var olan birçok özgür ve açık kod kaynaklı yazılımı bünyesinde toplayarak bunlara çok iyi arayüz sağlayan ve kullanımları oldukça kolay kılan, örneğine çokta rastlanamayacak türden, başarılı, destek gören ve gelecek vaat eden bir matematik yazılımdır.

SAGE ve beraberinde gelen matematiksel yazılımlar ile ilgili birçok belgeler, SAGE'nin notebook arayüzü üzerinden kolaylıkla görüntülenmektedir. SAGE sayesinde bu kolaylığı, etkileşim bir yapı altında matematiksel hesapları kolaylıkla yapar, yayımlar, sonuçları görsel yorumlar ve dersler verebilir hale gelinmiştir. Bu rüzgarın, Üniversitelerimizde esmesine imkan sağlamalıdır. Bunun ilk basamağı, diğer ülkelerde olduğu gibi kalkülüs, lineer cebir, ayrık matematik ve türevsel denklemler gibi derslerde [18] SAGE matematiksel yazılımına yer vermektir. Dersler için örnek sorular ve çö-

zümlelerine yer verilebilir ve ödevlerin SAGE ile yapılması istenebilir. Derslerde konu işlenirken verilecek SAGE örneklerinde SAGE'nin interaktif (interact) modu kullanılmasının matematiği öğretmeye olumlu katkıları olacaktır. İkinci basamağı ise gerek Üniversitelerde gerek sanayideki araştırma-geliştirme ortamlarında SAGE kullanımını arttırmak ve teşvik etmekten geçmektedir. Bunun içinde Üniversite veya kurumlarda merkezi bir bilgisayar sistemi üzerine SAGE kurulabilir. Böylesi bir sistem hem merkezi bir hesaplama gücünün çok kişi tarafından paylaşılması adına hem de kullanıcıların çalışmalarını yani işlem tabloları (worksheets) paylaşabilmesi adına önemlidir. Bu paylaşım, SAGE ile birlikte gelen notebook yardımıyla sağlamaktadır. SAGE ile birlikte gelen Moin Moin wiki yazılımı üzerinden de bu paylaşım daha kuvvetlendirilebilir. Ayrıca paylaşılan işlem tabloları (worksheets) için RSS beslemeleri oluşturulabilir (SAGE yazılımının henüz böyle bir desteği yoktur). Ek olarak SAGE belgeleri Türkçe'ye çevrilebilir. Buna paralel olarak, Türkiye'den SAGE yazılımı geliştirilmesine katkıda bulunacak araştırmacılarımız olmalıdır [19]. Hali hazırda sistemlerinde Magma, Maple, Mathematica ve Matlab gibi ticari matematiksel yazılım kullanan kurumlar da SAGE'yi kullanmayı tercih ederek, bu yazıda SAGE'nin sıralanan özelliklerinden yararlanabilirler ve de kurum çalışanlarının matematik yazılımlarını kolayca kullanmalarını sağlayabilirler.

Araştırmalarında yüksek hesaplama gücüne ihtiyaç duyacaklar için SAGE yazılımının paralel ve dağıtık hesaplama yetenekleri kullanılabilir. Bunun için bazı bilgisayar kümesi inşaat yöntemleri ve yazılımları kullanılabilir; yüksek başarılı hesaplama kümesi için tüm gereklerini sunan OSCAR (açık kod küme uygulama kaynakları) dağıtımı [20], LinuxPMI Projesi [21] (Devam etmeyen Openmosix projesinin [22] devamı) ve Kerrighed Bilgisayar Kümesi Projesi [23]. LinuxPMI, Openmosix, Kerrighed ve SSI- OSCAR [24], [25] projeleri, Tek

Sistem Görüntüsü Kümesi Bilgisayar kümesi kurulumu ve beraberinde SAGE'nin kullanımı ve SAGE için örnek kodlar için ileride yapılacak çalışmalar ve ilgili haberlere [32] web sayfasından ulaşılabılır. (Single System Image Cluster) [26] oluşturmaya yöneliktirler. Bu tür kümelerde, dağıtık hesaplamada bilgisayarlar kümesinin tek bir sistem gibi gözükmesi hedeflenir. SAGE'nin PS3 üzerine başarılı ile kurulabilecek sürümü takiben PS3'lerden oluşan bir bilgisayar kümesi kurulabilir. Böylece PS3'ün bir kişisel bilgisayar ile karşılaştırıldığında fiyat/performans avantajından dolayı daha az bütçe ile yüksek hesaplama gücü elde edilebilir.

### **Kaynaklar**

- [1] SAGE Matematik Yazılımı, <http://www.sagemath.org/>
- [2] William Stein Kişisel Web Sayfası, <http://modular.math.washington.edu/>
- [3] 2007 Özgür Yazılım İçin Bir Uluslararası Yarışması Les Trophées Du Libre'nin Bilimsel Yazılım Bölümünü Birincisi SAGE Hakkında Haber, <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/12/071206145213.htm>
- [4] SAGE Başarı Hikayeleri, <http://www.sagemath.org/library/stories.html>.
- [5] Python Programlama Dili (Özgür ansiklopedi Wikipedia girdisi) [http://tr.wikipedia.org/wiki/Python\\_\(programlama\\_dili\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/Python_(programlama_dili))
- [6] SAGE Günleri 12, <http://wiki.sagemath.org/days12>
- [7] SAGE İndirme Web Sayfası, <http://www.sagemath.org/download.html>
- [8] SAGE (Özgür ansiklopedi Wikipedia girdisi), [http://en.wikipedia.org/wiki/SAGE\\_\(compute\\_r\\_algebra\\_system\)](http://en.wikipedia.org/wiki/SAGE_(compute_r_algebra_system))

- [9] SAGE için Dağıtık Hesaplama Yapısı: DSAGE, <http://www.sagemath.org/doc/reference/sage/dsage/dsage.html>
- [10] SAGE İnteraktif Modu Wiki Sayfası, <http://wiki.sagemath.org/interact>
- [11] SAGE Kullanım Kılavuzu, <http://www.sagemath.org/doc/reference/index.html>
- [12] What does Sage do?, C. Citro and W. Stein, Ocak 21 2009, Sage Days 12: San Diego <http://wiki.sagemath.org/days12?action=AttachFile&do=view&target=craig-stein.pdf>
- [13] Playstation 3, Wikipedia Maddesi [http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation\\_3](http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_3)
- [14] Playstation 3 (Türkçe), Wikipedia Maddesi [http://tr.wikipedia.org/wiki/PlayStation\\_3](http://tr.wikipedia.org/wiki/PlayStation_3)
- [15] Playstation 3 Kümesi, Wikipedia Maddesi [http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation\\_3\\_cluster](http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_3_cluster)
- [16] J. Kurzak, A. Buttari, P. Luszczek ve J. Dongarra, The PlayStation 3 for High Performance Scientific Computing, <http://www.netlib.org/utk/people/JackDongarra/PAPERS/ut-cs-08-608.pdf>
- [17] A Buttari, P. Luszczek, J. Kurzak, J. Dongarra, G. Bosilca, A Rough Guide to Scientific Computing On the PlayStation 3, <http://www.netlib.org/utk/people/JackDongarra/PAPERS/scop3.pdf>
- [18] SAGE'nin Matematik Öğretiminde Kullanımına Dair Wiki Sayfası, [http://wiki.sagemath.org/Teaching\\_with\\_SAGE](http://wiki.sagemath.org/Teaching_with_SAGE)
- [19] Dünya Haritasında SAGE'yi Geliştiricilerinin Dağılımı, <http://www.sagemath.org/development-map.html>
- [20] OSCAR (Açık Kod Küme Uygulama Kaynakları), <http://svn.oscar.openclustergroup.org/trac/oscar>
- [21] LinuxPMI Projesi, <http://linuxpmi.org/trac/>
- [22] Openmosix Wikipedia Maddesi, <http://en.wikipedia.org/wiki/OpenMosix>
- [23] Kerrighed Bilgisayar Kümesi Projesi, <http://www.kerrighed.org>
- [24] SSI OSCAR Projesi, <http://ssi-oscar.gforge.inria.fr/>
- [25] SSI-OSCAR: a cluster distribution for high performance computing using a single system image, Vallee, G.; Scott, S.L.; Morin, C.; Berthou, J.-Y.; Prisker, H. High Performance Computing Systems and Applications, 2005. HPCS 2005. 19th International Symposium on Volume , Issue , 15-18 May 2005 Page(s): 319 - 325
- [26] Tek Sistem Görüntüsü Kümesi (Single System Image Cluster) Wikipedia Maddesi, [http://en.wikipedia.org/wiki/Single-system\\_image](http://en.wikipedia.org/wiki/Single-system_image)
- [27] Virtualbox Güçlü Bir X86 Ailesi Sanallaştırması, <http://www.virtualbox.org>
- [28] Virtualbox Kullanıcı Belgesi, <http://download.virtualbox.org/virtualbox/2.1.4/UserManual.pdf>
- [29] How does the Sony PlayStation 3 come into play?, <http://www.win.tue.nl/hashclash/Nostradamus/>
- [30] Cython Dili Kullanıcı Belgelendirmesi, <http://www.cython.org/docs/cython-docs/build/latex/cython.pdf>
- [31] SAGE Çevrim İçi Kullanımını Sağlayan Bir Site, <http://www.sagenb.org/>
- [32] SAGE Örnekler, Haberler ve Belgeler Sayfası, <http://www.bilkent.edu.tr/~hмурat/SAGE>