

Ege Eğitim Teknolojileri Dergisi

Journal of Ege Education Technologies

Cilt 1, Sayı 1, Temmuz 2017, Sayfa 28- 41



Çizge Algoritmaları için Bir Mobil Öğrenme Uygulaması

Birol Çiloğlugil

*Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
birol.ciloglugil@ege.edu.tr*

Mustafa Murat İnceoğlu

*Ege Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü
mustafa.inceoglu@ege.edu.tr*

Geliş Tarihi: 06.12.2016

Kabul tarihi: 17.03.2017

Yayınlanma Tarihi: 01.07.2017

Özet

Bu çalışmada, üniversitelerde Ayrık Yapılar derslerinde işlenen çizge teorisi kapsamındaki çizge algoritmalarının öğretimini desteklemek için geliştirilen bir mobil öğrenme uygulaması sunulmaktadır. Geliştirilen mobil uygulama; öğrencilerin çizgeleri oluşturmalarını, var olan çizgeleri yeniden biçimlendirmelerini ve bu çizgeler üzerinde temel çizge algoritmalarını çalıştırmalarını sağlayan bileşenler içermektedir. Bu bağlamda, kullanıcılar oluşturdukları yönsüz/yönlü, ağırlıksız/ağırlıklı çizgeler üzerinde DFS (Depth First Search - Derinlik Öncelikli Arama), BFS (Breadth First Search - Genişlik Öncelikli Arama), Dijkstra'nın En Kısa Yol Bulma, Euler Yol/Devre (Path/Circuit), Hamilton Yol/Devre (Path/Circuit) ve Çizge Renklendirme (Graph Coloring) algoritmalarını çalıştırabilmektedir. Ayrıca, öğrenciler bilgi düzeylerini sınamak amacıyla mini sınavlar olabilmektedir. Geliştirilen mobil öğrenme uygulaması, Ege Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde verilen Ayrık Yapılar dersi kapsamında gönüllü öğrenciler tarafından kullanılarak test edilmiştir. Öğrenciler mobil öğrenme uygulamasının lab çalışmaları için faydalı olduğunu belirtmiş ve ilerleyen yıllarda tamamlayıcı bir araç olarak kullanılmasını önermiştir. Bunun yanı sıra, önerilen mobil öğrenme uygulamasının kullanımının, test gubundaki öğrencilerin notlarına olan olumlu katkısı istatistiksel olarak ispatlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çizge teorisi; çizge algoritmaları; mobil öğrenme; ayrık yapılar

Ege Eğitim Teknolojileri Dergisi

Journal of Ege Education Technologies

Cilt 1, Sayı 1, Temmuz 2017, Sayfa 28- 41



A Mobile Learning Application for Graph Algorithms

Abstract

In this paper, a mobile learning application developed to support teaching graph algorithms as part of the graph theory topics in discrete mathematics courses at universities is presented. The mobile application includes components that enable students to draw graphs, edit previously formed graphs and apply basic graph theory algorithms on these graphs. In this context, the users can apply DFS (Depth First Search), BFS (Breadth First Search), Dijkstra's Shortest Path, Euler Path/Circuit, Hamilton Path/Circuit and Graph Coloring algorithms on the undirected/directed, unweighted/weighted graphs they have formed. Additionally, students can take quizzes to test their knowledge level. The mobile learning application has been tested by voluntary students as a part of the Discrete Mathematics course in Ege University, Department of Computer Engineering. The students stated that the mobile learning application is useful for lab works and suggested it to be used as a complementary tool in the following years. Besides, the positive effect of the usage of the proposed mobile learning application on the grades of the students in the test group has been proven statistically.

Keywords: Graph theory; graph algorithms; mobile learning; discrete structures

Giriş

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler, öğrenme etkinliklerinin geliştirilmesinde ve desteklenmesinde büyük katkı sağlamıştır. Teknolojik gelişmelerle birlikte, sırasıyla uzaktan öğrenme (distance learning), elektronik öğrenme (electronic learning) ve mobil öğrenme (mobile learning); geleneksel sınıf içi öğrenmeyi destekleyen yeni eğitim çeşitleri olarak ortaya çıkmıştır (Jan, Ullah, Ali ve Khan, 2016; Martin ve Ertzberger, 2013; Sharples, Taylor ve Vavoula, 2010; Vavoula ve Karagiannidis, 2005). Bu öğrenme teknikleri sağlık eğitimi (Walton, Childs ve Blenkinsopp, 2005), dil eğitimi (Kukulka-Hulme, 2013), öğretmen eğitimi (Seppälä ve Alamäki, 2003), çevre eğitimi (Lee ve Lee, 2005) ve Ayrık Yapılar eğitimi (Inceoglu, 2005; Bitincka ve Antoniou, 2004) gibi farklı dallardaki eğitim etkinliklerinde kullanılmıştır.

Çizge teorisi; matematiğin ve Ayrık Yapılar'ın ana konularından birisidir ve mühendislik, kimya, fizik, ekonomi, insan kaynakları, ekoloji ve spor organizasyonları gibi çeşitli araştırma alanlarına uygulanabilir. Çizge teorisi pek çok akademik çalışmaya ve derse altyapı oluşturmaktadır. Ağlardaki trafik akışı, yol belirleme problemleri (en küçük kapsama ağacı - minimum spanning tree, en kısa yol bulma, gezgin satıcı, vb.) ile kimya ve fizikteki molekül modelleme çalışmaları çizge teorisinin uygulama alanlarından bazılarıdır. Bu örnekler, çizgelerin pek çok modern çok-disiplinli uygulamada kullanılabilirliğini göstermektedir. Bu nedenle, Ayrık Yapılar derslerinde çizge teorisinin iyi anlaşılması, ileriki çalışmalarda kolaylık sağlaması bakımından büyük önem taşımaktadır.

Buradan hareketle, bu çalışma kapsamında, Ayrık Yapılar derslerinde kullanılmak üzere çizge teorisi eğitime destek olmak için önerilen bir mobil öğrenme uygulaması geliştirilmiştir. İlerleyen bölümlerin yapısına bakılırsa, ilk önce geliştirilen mobil öğrenme uygulaması kapsadığı bileşenler incelenerek tanıtılmıştır. Daha sonra, önerilen m-öğrenme uygulamasının Ayrık Yapılar dersi kapsamında kullanımına ilişkin izlenen yöntem ve elde edilen bulgular ele alınmıştır. Son olarak ise, sonuçlar ve ileriki çalışmaların değerlendirilmesi yapılmıştır.

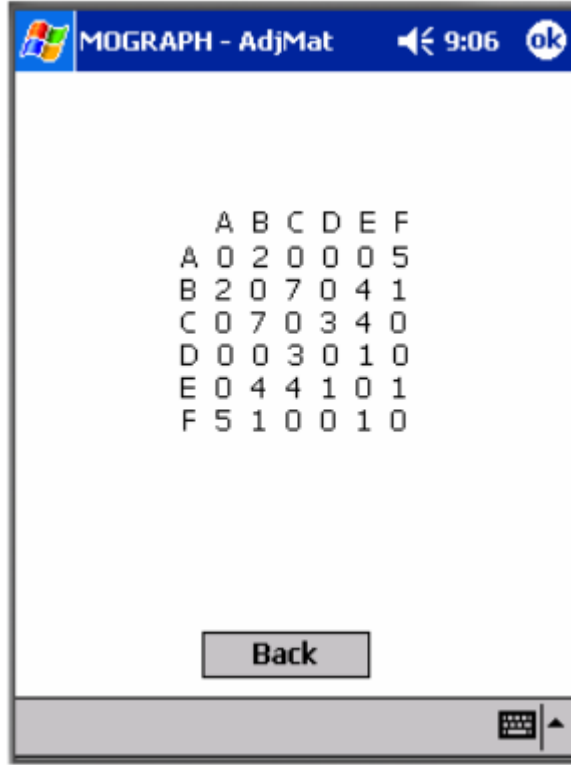
Geliştirilen Mobil Öğrenme Uygulamasının Tanıtımı

Çizge teorisi eğitimine yönelik geliştirilen mobil öğrenme uygulamasının kullanıcılarına sağladığı temel fonksiyonlar aşağıdaki gibi 3 temel grupta değerlendirilebilir:

- ✓ Çizgelerin oluşturması ve var olan çizgelerin yeniden biçimlendirilmesine yönelik işlemler
- ✓ Çalışma alanındaki çizge üzerinde çizge algoritmalarının çalıştırması
- ✓ Mini sınav yapılması

İlk grup kapsamında; çizgeye yeni bir düğüm ekleme, var olan bir düğümü silme, seçilen bir düğümü yeniden adlandırma, düğümlerin konumunu değiştirme, yeni bir kenar ekleme, mevcut bir kenarı silme, kenarlara ağırlık değeri atama ya da mevcut ağırlık değerlerini güncelleme, çalışılan çizge türünü seçme veya değiştirme (yönlü/yönsüz çizge - directed/undirected graph), çizgenin bitişiklik ve insidans matrislerini (adjacency and incidence matrix) görüntüleme işlemleri sıralanabilir. Şekil 1'de bu gruba ait örnek bir ekran görüntüsü olarak, bir çizgenin bitişiklik matrisi verilmiştir. Şekil 1'deki

çizge A'dan F'ye kadar alfabetik olarak adlandırılmış 6 tane düğüm ve bu düğümler arasında oluşturulmuş çeşitli ağırlık değerlerine sahip 9 tane kenar içermektedir.



	A	B	C	D	E	F
A	0	2	0	0	0	5
B	2	0	7	0	4	1
C	0	7	0	3	4	0
D	0	0	3	0	1	0
E	0	4	4	1	0	1
F	5	1	0	0	1	0

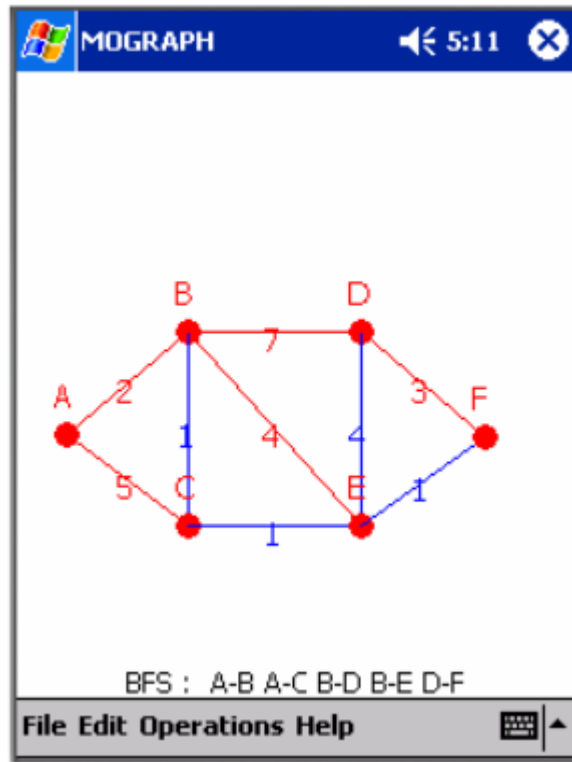
Şekil 1. Örnek bir çizgeye ait bitişiklik matrisi gösterimi

İkinci grup kapsamında çalışma alanındaki çizge üzerinde çalıştırılmak üzere altı temel çizge algoritması desteklenmektedir. Bunlar DFS (Depth First Search - Derinlik Öncelikli Arama), BFS (Breadth First Search - Genişlik Öncelikli Arama), Dijkstra'nın En Kısa Yol Bulma, Euler Yol/Devre (Path/Circuit), Hamilton Yol/Devre (Path/Circuit) ve Çizge Renklendirme (Graph Coloring) algoritmaları olarak sıralanabilir. Öğrenciler bu algoritmaların çizgeler üzerinde nasıl çalıştığını adım adım gözlemleyebilmektedir.

DFS algoritması, çizgedeki düğümleri derinlik öncelikli olarak, başlangıç düğümünden itibaren her adımda mümkünse daha alt dallara incek şekilde dolaşmaktadır (Johnsonbaugh, 1997; Lafore ve Waite, 2003; Rosen, 1995). BFS algoritması ise, çizgeyi genişlik öncelikli bir mantıkla, çizgenin daha alt dallarına geçmeden önce, aynı katmanda bulunan bütün düğümleri bulup işaretleyerek dolaşmaktadır (Johnsonbaugh, 1997; Lafore ve Waite, 2003; Rosen, 1995). Dijkstra'nın en kısa yol algoritması; ağırlıklı bir çizgede, iki düğüm arasındaki en kısa yolu bulmak için kullanılan en etkin algoritmalarından birisidir (Johnsonbaugh, 1997; Kruse ve Tondo, 2007; Rosen, 1995). Euler yol/döngü bulma algoritması, aynı kenar üzerinden sadece bir kez geçerek bir çizgedeki bütün kenarları dolaşmayı hedeflemektedir (Johnsonbaugh, 1997; Rosen, 1995). Hamilton yol/döngü algoritmasında amaç, aynı düğüm üzerinden sadece bir kez geçerek çizgedeki bütün düğümleri dolaşmaktır (Johnsonbaugh, 1997; Rosen, 1995). Dolayısıyla, Euler ve Hamilton'un temelinde ayrıldıkları nokta birinin kenarları, diğerinin düğümleri dolaşmakla ilgilenmesidir. Her iki algoritma da, eğer çizge dolaşılırken başlanan düğümde bitiş sağlanabiliyorsa döngü, başlangıç ve bitiş düğümleri farklı ise yol

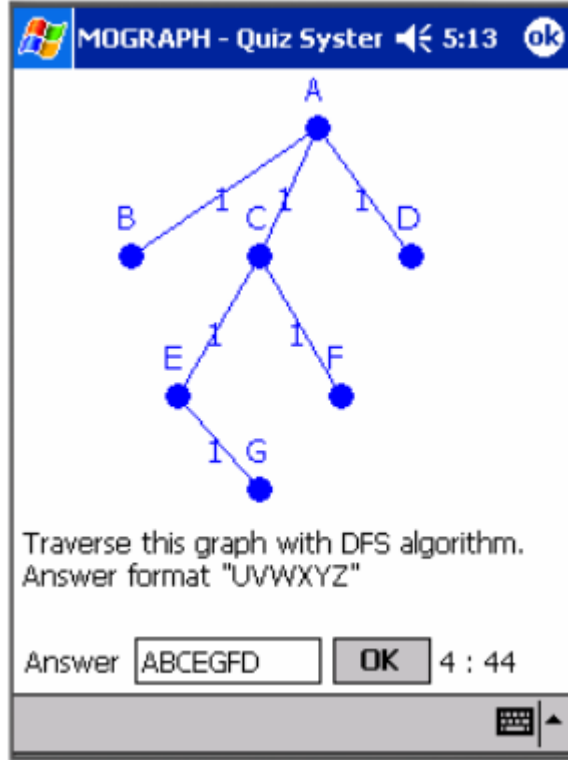
oluşturmaktadır. Çizgelerin renklendirilmesi ise, çizge teorisinin çok kapsamlı bir alt alanı olup, çizgelerdeki düğümlerin, kenarların veya düğümler ve kenarlar yardımıyla oluşturulan bölgelerin renklendirilmesi çalışmaları yapılabilir (Johnsonbaugh, 1997; Rosen, 1995). Geliştirilen mobil çizge uygulamasında sadece düğümlerin renklendirilmesi üzerinde durulmuş ve çizge renklendirme algoritması olarak dört-renk teoremi gerçekleştirilmiştir.

İkinci gruba ilişkin örnek olarak Şekil 2'de bir çizge üzerinde DFS algoritmasının çalışmasına ait ekran görüntüsü verilmiştir. Şekil 2'deki çizge A düğümünden başlanarak genişlik öncelikli olarak A, B, C, D, E, F sırası ile dolaşmaktadır. M-öğrenme uygulamasını kullananlar çizgenin dolaşmasını bir saniyelik adımlarla gözlemleyebilmektedir. Ekran görüntüsü dolaşmanın bitimine ait olup, dolaşılan düğümler ve kenarlar kırmızı renkle gösterilmiştir. Ayrıca, kenarların dolaşılma sırası ekran görüntüsünün alt tarafında her adımda güncellenerek verilmektedir.



Şekil 2. Örnek bir çizge üzerinde BFS algoritmasının çalıştırılması

Geliştirilen uygulamanın üçüncü temel bileşeni ise, mini sınav (quiz) yapılmasıdır. Öğrenciler bu bileşeni kullanarak bilgi düzeylerini sınamak amacıyla istedikleri zaman mini sınav olabilmektedir. Şekil 3'te örnek bir mini sınav ekran görüntüsü verilmektedir. Mini sınavlar toplam üç sorudan oluşmaktadır ve her soru için öğrencilere beş dakika zaman verilmektedir.



Şekil 3. Örnek bir mini sınav ekran görüntüsü

Yöntem

Bu çalışmada sunulan mobil öğrenme uygulaması, Ayrık Yapılar dersinde kullanılmak amacıyla geliştirilmiştir. Ayrık Yapılar dersi Ege Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde, birinci sınıfın ikinci döneminde verilmektedir. Ayrık Yapılar dersi, her hafta verilen 3 saatlik ders üzerinden, vize hariç olmak üzere toplam 14 hafta yapılmaktadır. Bu dersin kapsamı içinde, önermeler (propositions) 1 hafta, kümeler ve küme teorisi (sets and set theory) 1 hafta, fonksiyonlar (functions) 1 hafta, matrisler (matrices) 1 hafta, kümeler, fonksiyonlar ve matrisler için algoritmalar (algorithms for sets, functions and matrices) 2 hafta, matematiksel çıkarıma (mathematical reasoning) 2 hafta, sayma teknikleri (counting techniques) 1 hafta, ilişkiler (relations) 1 hafta, çizge teorisi, uygulamaları ve algoritmaları (graph theory, applications and algorithms) 3 hafta ve ağaçlar (trees) 1 hafta olarak işlenmektedir.

Önerilen mobil öğrenme uygulaması, Ayrık Yapılar dersinde çizge teorisi konularının işlendiği 11., 12. ve 13. haftalarda derse yardımcı ek bir kaynak olarak kullanılmıştır. Üç hafta boyunca Ayrık Yapılar dersini takip eden 45'er dakikalık laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda çizge teorisinin özellikle o hafta derste işlenen bölümlerine ilişkin uygulamalar yapılmıştır.

İlk hafta, uygulamanın genel tanıtımı yapılmıştır. Bu kapsamda, temel çizge oluşturma işlemleri yapılmış; oluşturulan çizgelerin bitişiklik (adjacency) ve insidans (incidence) matrisleri görüntülenmiş ve derste görülen bölümle ilgili mini sınav çalışması yapılmıştır. İkinci hafta, derse paralel olarak DFS, BFS, Euler ve Hamilton yol/döngü algoritmaları ile ilgili örnekler ve mini sınav çalışması yapılmıştır.

Üçüncü hafta ise, Dijkstra en kısa yol bulma ve çizge renklendirme algoritmaları ile ilgili çalışılmış ve mini sınav yapılmıştır.

Araştırma Modeli

Geliştirilen mobil öğrenme uygulaması, gönüllülük esasına göre seçilen öğrencilerden oluşan deney grubu tarafından 3 haftalık laboratuvar çalışmalarında kullanılmıştır. Önerilen uygulamanın öğrencilerin başarı durumlarına etki edip etmediğini ölçmek için, istatistiksel analiz yapılmıştır. Bu amaçla, Ayrık Yapılar dersinin final sınavı sonuçlarından yararlanılmıştır. laboratuvar çalışmalarına katılan test grubundaki öğrenciler ile dersi alan diğer öğrencilerden oluşan kontrol grubu arasındaki başarı durumunu karşılaştıran ve buna göre laboratuvar çalışmalarının öğrencilerin başarı düzeylerine etki edip etmediğini belirleyen istatistiksel analiz çalışmasının sonuçları Bulgular bölümünde detaylı olarak ele alınmıştır.

Bu çalışmada, öğrencilerin önerilen sistemi kullanmalarının başarı düzeylerine etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda uygulamayı kullanan öğrenciler gönüllülük esasına göre belirlendiği için yarı deneysel bir araştırma yürütülmüştür. Deney grubundaki öğrenciler, kontrol grubundaki öğrencilerle dersin final sınavındaki çizge sorularındaki başarıları ölçülerek karşılaştırılmıştır. Dolayısıyla, bu çalışmada araştırma modeli olarak deney-kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır.

Katılımcılar (Çalışma Grubu)

Geliştirilen mobil öğrenme uygulamasının kullanımı kapsamında, gönüllülük esasına dayanan 39 kişilik bir öğrenci grubu üç hafta sürecek laboratuvar çalışmaları için isimlerini yazdırmışlardır. Bu öğrenciler için bir yoklama listesi hazırlanmış ve laboratuvar çalışmalarına devam durumları her hafta gözlenmiştir. laboratuvar çalışmalarının yarısından fazlasına (3 hafta üzerinden en az 2 haftasına) katılan öğrencilerin notlarının istatistiksel çalışmalarda dikkate alınmasına karar verilmiştir. Bu durumda laboratuvar çalışmalarının 2 haftadan daha azına katılan 5 öğrenci test grubundan çıkartılmış, test grubunu geriye kalan 34 öğrenci oluşturmuştur.

Veri Toplama Araçları

“Acaba geliştirilen mobil uygulama, laboratuvarda bu uygulamayı kullanan gönüllü öğrencilerin oluşturduğu deney grubunun başarı durumuna etki etti mi?” sorusunu cevaplayabilmek için öğrencilerin Ayrık Yapılar dersinin final sınavındaki başarı durumlarından faydalanılmıştır.

Final sınavında öğrencilere çizge teorisi konusundan toplam 45 puanlık 2 soru ve ders kapsamındaki diğer konulardan da toplam 55 puanlık 2 soru sorulmuştur. Öğrencilerin çizge sorularından ve diğer sorulardan aldıkları puanlar, istatistiksel olarak değerlendirilmek üzere, veri kaynağı olarak ayrı ayrı ele alınmıştır. Ayrıca, öğrencilerin bu iki soru grubundan aldığı toplam puan olan final sınavı notu ve ara sınav notlarının da dikkate alınması ile oluşan Ayrık Yapılar yıl sonu başarı notu (YSN) da veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

Bunun yanı sıra, laboratuvar çalışmalarına gönüllü olarak katılan öğrenci grubunun tüm sınıf içerisindeki genel başarı durumlarına ışık tutması açısından, tüm öğrencilerin genel not ortalamaları

(GNO) da ayrı bir veri kaynağı olarak dikkate alınmıştır. Genel not ortalamaları Ege Üniversitesi Öğrenci Bilgi Yönetim Sistemi'nden (EBYS) alınmıştır.

Dolayısıyla, veri kaynağı olarak, öğrencilerin final sınavındaki çizge teorisi sorularından aldıkları puanları, final sınavındaki diğer sorulardan aldıkları puanları, toplam final puanları, Ayrık Yapılar yıl sonu başarı notları (YSN) ve o döneme kadarki genel not ortalamaları (GNO) kullanılmıştır.

Ayrıca, öğrencilerin geliştirilen m-öğrenme uygulamasından memnuniyet düzeylerini ölçmek için Likert tipi 7 sorudan oluşan bir anket de uygulanmıştır. Bu anketin sonuçlarına ve ayrıntılı analizine Çiloğlugil (2006) ile Inceoglu, Ciloglugil ve Karabulut (2007)'den erişilebilir. Anket sonuçlarına göre, öğrencilerin az %79 oranıyla mobil öğrenme uygulamasının lab çalışmaları için faydalı olduğunu belirtmiş ve %87 oranıyla m-öğrenme uygulamasını ilerleyen yıllarda tamamlayıcı bir araç olarak kullanılmak üzere önermiştir.

Bulgular

Geliştirilen mobil öğrenme uygulamasının test grubundaki öğrencilerin başarı durumunda etkili olup olmadığı istatistiksel yöntemlerle ölçülmüş ve bu ölçüm sonucu elde edilen bulgular bu bölümde paylaşılmıştır. Önerilen mobil öğrenme uygulamasının test grubundaki öğrencilerin notları üzerinde etkili olup olmadığını ölçebilmek için, sırasıyla Kolmogorov-Smirnov testi, korelasyon analizi, bağımsız iki grup t-testi ve kovaryans analizi uygulanmıştır. Uygulanan istatistiksel testlerin sonuçlarına ilişkin tablolara Çiloğlugil (2006)'dan ulaşılabilir. Bu çalışmada, elde edilen istatistiksel analiz sonuçları uygulanan test sırasına göre yorumlanmıştır.

Gönüllülerden oluşan deney grubu, gönüllü olmayanları kapsayan kontrol grubu ile bu iki grubun birleşiminden oluşan tüm sınıf için temel istatistiksel veriler Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu kapsamda; deney ve kontrol grupları ile tüm sınıf için; kişi sayısı, aritmetik ortalama, standart sapma, medyan, minimum değer, maksimum değer ve değer aralığı (maksimum ve minimum'un farkından oluşmaktadır) bilgileri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Tablo 1'de gönüllü 34 öğrencinin oluşturduğu test grubunun çizge sorularından aldıkları ortalama not 31.65 iken, 109 kişiden oluşan kontrol grubu için bu değer 23.02'dir. Final sınavında çizge teorisi dışındaki konulara ilişkin sorularda deney grubunun ortalaması 41.79 iken, kontrol grubu 31.88 ortalamaya sahiptir. Diğer karşılaştırma kriterleri açısından da bakıldığında, test grubunun kontrol grubundan daha iyi değerlere sahip olduğu görülmektedir.

İstatistiksel analiz kapsamında ilk olarak, deney ve kontrol grupları için ayrı ayrı "Kolmogorov-Smirnov" testi uygulanmıştır. Kolmogorov-Smirnov testinin uygulanma amacı; deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin; çizge soruları, diğer sorular, final sınavı, yıl sonu ve genel not ortalamaları notlarının; normal dağılışa uyup uymadığını gözlemlemektir. Deney grubunda "Asymp. Sig. (2-tailed)" değerleri sıra ile 0.753, 0.213, 0.439, 0.962 ve 1.000; kontrol grubunda ise, 0.129, 0.818, 0.565, 0.597 ve 0.421 olarak ölçülmüştür. Gözlemlenen değerlerin hepsi 0.05'ten büyük olduğu için, her iki grubun bütün not çeşitlerindeki notları normal dağılışa uymaktadır.

Tablo 1. Deney-kontrol grupları ve tüm sınıf için temel istatistiksel veriler

Grup	Değer	Final Çizge	Final Diğer	Final Toplam	YSN	GNO
Deney	N	34	34	34	33	34
	Ortalama	31.65	41.79	73.44	79.88	76.54020
	Std. Sapma	7.555	13.323	16.795	10.364	5.982803
	Medyan	30.00	47.50	77.50	81.00	76.58318
	Min	14	0	28	57	63.417
	Maks	45	55	96	100	87.357
	Aralık	31	55	68	43	23.940
Kontrol	N	109	109	109	89	109
	Ortalama	23.02	31.88	54.90	71.57	72.83093
	Std. Sapma	11.063	14.822	22.380	12.061	6.524918
	Medyan	25.00	33.00	56.00	72.00	72.30000
	Min	0	0	3	46	61.125
	Maks	43	55	98	98	93.800
	Aralık	43	55	95	52	32.675
Tüm Sınıf	N	143	143	143	122	143
	Ortalama	25.07	34.24	59.31	73.82	73.71285
	Std. Sapma	10.952	15.043	22.566	12.163	6.573433
	Medyan	27.00	35.00	62.00	76.00	73.87000
	Min	0	0	3	46	61.125
	Maks	45	55	98	100	93.800
	Aralık	45	55	95	54	32.675

İkinci aşamada, “Korelasyon Analizi” uygulanarak öğrencilerin çizge sorularındaki başarı durumları ile YSN (Yıl Sonu Notu) ve GNO (Genel Not Ortalaması) puanları arasında bir ilişki olup olmadığına bakılmıştır. Bu kapsamda deney grubu, kontrol grubu ve tüm sınıf için korelasyon analizi ayrı ayrı uygulanmıştır. Sonuçları yorumlamak için kullanılan “Pearson Correlation”, -1 ile 1 aralığında değer alan r değerine karşılık gelmektedir. Bu değer 1’e ne kadar yakın olursa, karşılaştırılan not çeşitleri arasında o kadar kuvvetli bir ilişki vardır. “Sig. (2-tailed)” değeri ise; sonuç tablolarının altında “*” ve “***” ile belirtilmekte olup, karşılık geldiği 0.01 ve 0.05 değerlerine göre karşılaştırılan not çeşitleri arasında bulunan ilişkinin düzeyini belirlemektedir. “p” olarak da bilinen bu değer 0.05’ten büyük olursa, karşılaştırılan değerler arasında bir ilişkidir söz edilemez.

Deney grubuna ait korelasyon analizi sonuçlarına bakıldığında, deney grubundaki öğrencilerin çizge sorularından aldıkları not ile yıl sonu notları arasında pozitif yönde doğrusal bir ilişki vardır ($r=0.632$; $p=0.000$). Pozitif yöndeki doğrusal bu ilişkinin bir benzeri, öğrencilerin çizge sorularından aldıkları not ile genel not ortalamaları arasında da mevcuttur ($r=0.429$; $p=0.011$). Değinilen ikinci ilişkide; r değeri daha küçük olduğu için aradaki pozitif yönde doğrusal ilişki daha zayıftır ve p değeri daha yüksek olduğu için, (** $p<0.01$) yerine (* $p<0.05$) olan daha yüksek hata oranı ile ilişki belirlenmiştir. Çizge sorularından alınan notlar ile diğer sorulardan alınan notlar arasında, anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($r=0.236$; $p=0.179$). Final sınavında çizge sorularından alınan notlar ile final sınavı toplam puanları

arasında ise, pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır ($r=0.637$; $p=0.000$). Bu durum, çizge sorularından alınan puanların toplam puan hesaplanırken kullanılması ile açıklanabilir.

Kontrol grubuna ait korelasyon analizi sonuçlarında, çizge sorularından alınan notlar ile; diğer sorulardan alınan notlar ($r=0.484$, $p=0.000$), toplam final sınavı notları ($r=0.815$, $p=0.000$), YSN ($r=0.427$, $p=0.000$) ve GNO ($r=0.422$, $p=0.000$) arasında pozitif yönde doğrusal ilişki söz konusudur. Tüm sınıf için uygulanan korelasyon analizi sonuçları kontrol grubunun sonuçlarıyla paralellik göstermekte olup, çizge soruları notları ile diğer sorular ($r=0.495$, $p=0.000$), final toplam puanı ($r=0.815$, $p=0.000$), YSN ($r=0.515$, $p=0.000$) ve GNO ($r=0.465$, $p=0.000$) arasında doğrusal ilişki gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, deney grubu, kontrol grubu ve tüm sınıf için uygulanan korelasyon analizleri, öğrencilerin çizge sorularındaki başarı durumları ile YSN ve GNO'ları arasında pozitif yönde doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir.

“Acaba test grubundaki öğrenciler zaten başarılı mıydı, yoksa geliştirilen mobil öğrenme uygulamasının kullanımı mı başarılarına etki etti?” sorusunu cevaplayabilmek için “Bağımsız iki grup t-Testi” uygulanmıştır. Deney grubun ve kontrol grubunun YSN ve GNO'ları için uygulanan “Bağımsız iki grup t-Testi” sonuçlarına göre, “Independent Samples Test” tablosunda “Levene” testi, hem YSN hem de GNO için gruplar arası varyans farkının olmadığına ($\text{Sig.}>0.05$) işaret ettiği için (YSN için $\text{Sig.}=0.184$ ve GNO için $\text{Sig.}=0.394$), “Equal Varance Assumed” satırına bakılmaktadır. Hem YSN hem de GNO için, $\text{Sig. (2-tailed)}<0.05$ olduğundan (YSN için $p=0.001$ ve GNO için $p=0.004$), deney grubu ile kontrol grubu arasında, hem YSN hem de GNO'daki başarı düzeyleri bakımından anlamlı bir farklılık vardır. Gönüllü öğrencilerden oluşan deney grubunun ortalamaları ve başarı düzeyi daha yüksektir.

Bu durumda sorulan sorunun cevabı “Evet, bu öğrenciler zaten başarılıydı” olmaktadır. Aslında bu beklenen bir durumdur, çünkü test grubundaki öğrenciler tamamıyla gönüllülük esasına göre belirlenmiştir. YSN ve GNO'ları yüksek olan öğrenciler; derslere daha fazla önem verip derslerle daha yakından ilgilendikleri için, bu öğrencilerin kendi istekleri ile gönüllü olması normal bir sonuçtur. Zaten e-öğrenme ve m-öğrenme'nin en temel dayanağı, bu sistemlerde öğrencilerin sorumluluk alması ve bilinçli şekilde çalışması olduğu için; önerilen mobil çizge öğrenme sisteminde de bilinç düzeyi daha yüksek öğrencilerin test grubunda yer alması, m-öğrenme'nin getirdiği bir sonuç olarak yorumlanabilir.

Deney grubundaki öğrencilerin, kontrol grubundaki öğrencilerden daha başarılı olduğu belirlendiği için; “Kovaryans Analizi” uygulanarak, iki grup arasında çizge sorularındaki başarıları karşılaştırılırken GNO'ya göre düzeltme (correction) yapılmalıdır. Bu sayede GNO'nun çizge sorularından alınan notlar üzerindeki etkisi ortadan kaldırılmaktadır. “Kovaryans Analizi” sırasıyla çizge soruları, diğer sorular ve final sınavı notları için ayrı ayrı ele alınmış ve her grup için “Univariate Analysis of Variance” ve “Estimated Analysis of Variance” tabloları oluşturulmuştur.

Çizge soruları için elde edilen sonuçlara bakıldığında, “Tests Between-Subjects Effects” tablosunda GNO satırına karşılık gelen Sig. değeri (p), 0.000 olduğu için, çizge soruları üzerine GNO etkisi anlamlıdır. Ayrıca, Grup satırına karşılık gelen Sig. değeri 0.002 olduğu için; çizge sorularında, iki grubun arasındaki başarı düzeyi farklılığı, istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır. “Estimated Marginal Means” “2. Grup” tablosunda; çizge sorularından alınan notların ortalamaları, GNO'ya göre düzeltme yapıldıktan sonra; test grubu için 31.65'ten 29.726'ya düşmüş, diğer grup için ise 23.02'den

23.618'e çıkmıştır. Ortaya çıkan bu yeni değerlerde, GNO'ya göre düzeltme yapıldıktan sonra da deney grubundaki öğrencilerin, kontrol grubuna göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Bu sonuç, geliştirilen mobil öğrenme uygulamasının Ayrık Yapılar dersinde yardımcı kaynak olarak kullanılmasının, deney grubundaki öğrencilerin başarı durumlarına olumlu yönde katkıda bulunduğunu istatistiksel olarak ispatlamaktadır.

Çizge soruları için ortaya çıkan bu sonuçlar, diğer sorular ve final sınavı notları için yapılan testlerin sonuçları ile paraleldir. Ortaya çıkan bu paralellik, çizgeler konusunda gönüllü öğrencilerle yapılan çalışmaların, bu öğrencilerin hem final sınavında çizge sorularından aldıkları puanlara, hem de final sınavı notları aracılığıyla yıl sonu notlarına olumlu yönde katkı sağladığını göstermektedir.

Sonuçlar ve İleriki Çalışmalar

Bu çalışmada, Ayrık Yapılar dersinde, çizge konularının anlatımını uygulamalarla ve mini sınavlar ile destekleyen, öğrencilerin kendi kendilerine çalışmasını kolaylaştıran ve dersi veren öğretim üyelerinin konuların anlaşılıp anlaşılmadığını sınavabilmelerini sağlayan bir mobil öğrenme uygulaması tanıtılmıştır.

Ayrıca, önerilen mobil öğrenme uygulaması, Ayrık Yapılar dersi kapsamında çizge teorisinin işlendiği üç hafta süresince, 34 kişilik bir test grubu ile derse yardımcı ek kaynak olarak laboratuvar çalışmalarında kullanılmıştır. Yapılan laboratuvar çalışmaları yolu ile geliştirilen uygulamanın, test grubundaki öğrencilerin notlarına olumlu yönde katkı sağladığı Bulgular bölümünde istatistiksel olarak ispatlanmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı, Ayrık Yapılar dersinde çizge teorisinin öğrenciler tarafından daha iyi bir şekilde kavranmasına destek olan, derse yardımcı bir uygulama geliştirmektir. Elde edilen bulgular, çalışmasının amacına ulaştığını göstermektedir.

İleriki çalışmalarda geliştirilen mobil öğrenme uygulamasına yeni bileşenler eklenerek kapsamı pek çok açıdan geliştirilebilir. Bu kapsamda, ilk olarak öğrencilerden gelen geribildirimler doğrultusunda kullanıcı arayüzünde güncellemeler yapılarak uygulamanın etkinliğinin artırılması planlanmaktadır. Bunun yanı sıra, öğrencilerin geliştirilen mobil öğrenme uygulamasını derse yardımcı bir kaynak olarak kullanmayı beğenmelerinin bir uzantısı olarak, Ayrık Yapılar dersinin diğer konularının da mobil uygulama tarafından desteklenmesi yönünde talep gelmektedir.

Kaynakça

- Bitincka, L., & Antoniou, G. E. (2004). PDA-based Boolean Function Simplification: a Useful Educational Tool. *Informatica*, 15(3), 329-336.
- Çiloğlugil, B. (2006). *Mobil çizge öğrenme sistemi gerçekleştirimi* (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi).
- Inceoglu, M. (2005). A discrete mathematics package for computer science and engineering students. *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2005*, 538-546.
- Inceoglu, M. M., Ciloglugil, B., & Karabulut, K. (2007). MOGRAPH: Mobile Graph Algorithms Library for Engineering Students. *International Journal of Engineering Education*, 23(3), 499-507.
- Jan, S. R., Ullah, F., Ali, H., & Khan, F. (2016). Enhanced and Effective Learning through Mobile Learning an Insight into Students Perception of Mobile Learning at University Level. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology (IJSRSET)*, Print ISSN, 2395-1990.
- Johnsonbaugh, R. (1997). Discrete mathematics. *Prentice-Hall*, 4th ed, New York.
- Kukulska-Hulme, A. (2013). Mobile-Assisted Language Learning. *The encyclopedia of applied linguistics*.
- Kruse, R., & Tondo, C. L. (2007). *Data structures and program design in C*. Pearson Education India.
- Lafare, R., & Waite, M. (2003). *Data structures & algorithms in Java* (pp. 251-313). Sams.
- Lee, K. W., & Lee, J. H. (2005, May). Design and implementation of mobile-learning system for environment education. In *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 856-862). Springer Berlin Heidelberg.
- Martin, F., & Ertzberger, J. (2013). Here and now mobile learning: An experimental study on the use of mobile technology. *Computers & Education*, 68, 76-85.
- Rosen, K. H. (1995). Discrete Mathematics and its Applications. *Higher Education*. 4th edition. McGraw-Hill.
- Sharples, M., Taylor, J., & Vavoula, G. (2010). A theory of learning for the mobile age. In *Medienbildung in neuen Kulturräumen* (pp. 87-99). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Seppälä, P., & Alamäki, H. (2003). Mobile learning in teacher training. *Journal of computer assisted learning*, 19(3), 330-335.
- Vavoula, G., & Karagiannidis, C. (2005). Designing mobile learning experiences. *Advances in informatics*, 534-544.
- Walton, G., Childs, S., & Blenkinsopp, E. (2005). Using mobile technologies to give health students access to learning resources in the UK community setting. *Health Information & Libraries Journal*, 22(s2), 51-65.

Extended Abstract

Learning technologies have evolved with the developments in information and communication technologies, and distance learning, electronic learning and mobile learning have emerged to support traditional in-class education (Jan, Ullah, Ali and Khan, 2016; Martin and Ertzberger, 2013; Sharples, Taylor and Vavoula, 2010; Vavoula and Karagiannidis, 2005). These technologies have been used in health education (Walton, Childs and Blenkinsopp, 2005), language learning (Kukulka-Hulme, 2013), teacher training (Seppälä and Alamäki, 2003), environment education (Lee and Lee, 2005) and Discrete Mathematics education (Inceoglu, 2005; Bitincka and Antoniou, 2004).

Graph theory is one of the main topics in Mathematics and Discrete Structures that is widely used in various research areas such as engineering, chemistry, physics, economy, human resources, ecology and sports organizations. Since graph theory is used in numerous multi-disciplinary application fields, its education is important to provide a proper background for further studies. With this motivation, we present a mobile learning application developed to support teaching graph theory topics in discrete mathematics courses at universities. The basic functionalities provided by the proposed mobile application can be categorized as follows:

- ✓ Operations for creating graphs and editing previously formed graphs
- ✓ Application of graph theory algorithms on graphs
- ✓ Having quizzes

The first category includes operations such as; adding a new vertex, deleting a vertex, renaming a vertex, moving a vertex, adding a new edge, deleting an edge, assigning/updating edge values, changing the graph type to work with (directed/undirected graph), viewing adjacency and incidence matrices of graphs. As an example screenshot for this category, Figure 1 illustrates the adjacency matrix of a graph containing six vertices alphabetically named from A to F and nine edges between these vertices with various weight values.

The second category consists of six graph algorithms that can be applied on graphs. These algorithms are; DFS (Depth First Search), BFS (Breadth First Search), Dijkstra's Shortest Path, Euler Path/Circuit, Hamilton Path/Circuit and Graph Coloring algorithms. Students can observe operation of these algorithms on graphs in a step by step manner.

DFS algorithm traverses the graph in a depth first manner by starting from the selected vertex and going to a deeper level if possible; whereas BFS algorithm traverses the graph in a breadth first manner by starting from the selected vertex and marking all vertices at the same level before going to a deeper level (Johnsonbaugh, 1997; Lafore and Waite, 2003; Rosen, 1995). Dijkstra's shortest path algorithm is one of the most efficient algorithms that can be used to find the shortest path between two selected vertices in a weighted graph (Johnsonbaugh, 1997; Kruse and Tondo, 2007; Rosen, 1995). Euler path/circuit detection algorithm aims to traverse all edges by using each edge only once, whereas Hamilton path/circuit detection algorithm aims to traverse all vertices by using each vertex only once (Johnsonbaugh, 1997; Rosen, 1995). Both algorithms form a circuit if traversal of the graph can finish at the starting vertex, or a path if the start and end vertices are different. Graph coloring is

a detailed subfield of graph theory that can be used to color vertices, edges or areas formed by vertices and edges in a graph (Johnsonbaugh, 1997; Rosen, 1995). The proposed mobile application is focused on coloring vertices and four color theorem is used for the implementation.

As an example screenshot for this category, Figure 2 shows how DFS algorithm works. Students can observe the traversal of the graph with steps of one second intervals and the route followed can be seen at the bottom of the screen.

The third main component of the proposed mobile application is the quiz feature. Students can take quizzes to test their knowledge level whenever they want. An example screenshot for a quiz session is given in Figure 3. Quizzes contain three questions and students have five minutes to answer each question.

The mobile learning application has been used as a supplementary tool for the Discrete Structures course in Ege University, Department of Computer Engineering. Laboratory studies of 45 minutes has been organized for three weeks. The experimental group was consisted of 34 voluntary students, while the other 109 students taking the Discrete Structures course formed the control group. Thus, *quasi*-experimental research design is used in this study.

The main data source for statistical analysis was the final exam of the course. The final exam contained 2 graph theory related questions with 45 points in total and 2 questions of other subjects with 55 points. The data sources used for statistical analysis can be listed as; points taken from graph theory questions in the final exam, points taken from other questions in the final exam; total grade of the final exam; term long grade of the Discrete Structures course "YSN"; and the cumulative GPA of the students "GNO".

For the statistical analysis, One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test, Correlation Analysis, *Independent-Samples T-Test and Analysis of Variance (ANOVA)* has been applied in the given order. The results of these tests are listed as tables in more detail in Çiloğlugil (2006). Table 1 lists basic statistical data such as; N (number of participants), arithmetic average, standard deviation, median, minimum value, maximum value and range; for experimental and control groups and the whole class. The results of the statistical analysis show that the points students in the experimental group take in graph theory related questions has a positive correlation with their YSN and GNO values, and these correlations are statistically significant after the correction of the ANOVA test as well. Therefore, it can be concluded that the proposed mobile learning application's positive effect on the grades of the students in the experimental group has been proven statistically.

A questionnaire with 7 Likert type questions was also used for evaluation. More detailed analysis of the results of this questionnaire were given in Çiloğlugil (2006) and Inceoglu, Ciloglugil and Karabulut (2007). Results show that %79 of the students stated that the mobile learning application is useful for the lab studies and %87 suggested that it can be used as a complementary tool in the following years.