

MÜDEK Program Çıktıları Madde 5 isterlerinin Bilgisayar Mühendisliği Programlarında Karşılanması

Meeting the Requirements of MÜDEK Program Outcomes Item 5 in Computer Engineering Programs

Atila Bostan¹, Murat Karakaya², Erhan Gökçay³

^{1,2}Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, ³Yazılım Mühendisliği Bölümü Atılım Üniversitesi, Ankara, Türkiye

{¹atila.bostan,²murat.karakaya,³erhan.gokcay}@atilim.edu.tr

Özetçe— Mühendislik eğitimlerinin uluslararası ve ulusal normlara göre akreditasyonu son zamanlarda önem kazanmıştır. Akreditasyon kurumlarının gerekliliği deney tasarlama, yapma, sonuçları toplama, analiz ve yorumlama yeteneklerinin geliştirilmesi konusunda bilgisayar mühendisliği programları genellikle zayıf kalmaktadır. Bu çalışmada MÜDEK tarafından da program çıktıları isteri olarak belirtilen bu boyutların bilgisayar mühendisliği programlarına entegrasyonu maksadıyla iki farklı ders için örnek uygulama tasarımları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler — MÜDEK program çıktıları; deney tasarlama; bilgisayar mühendisliğinde deneyler.

Abstract— International and national accreditation of engineering educations have received substantial importance in recent years. Computer engineering programs usually fall short in meeting the requirement that focuses on experiment design, conduct and collecting, analyzing, interpretation of experiment results. In order to meet such a requirement demanded by MÜDEK program outcomes criterion, two illustrative educational application for two different courses in computer engineering curriculum are presented in this study.

Keywords— MÜDEK program outcomes; experiment design; experiments in computer engineering.

I. GİRİŞ

Mühendislik eğitimi, özellikle teknolojisi hızla değişen alanlarda, oldukça önemlidir. Uygulamaların hızla yaygınlaştiği ve teknolojilerin sürekli şekil değiştirdiği bilişim alanında, mühendislerin yeniliklere uyumu ve yaratıcılıkları, onların sektördeki rekabet güçlerini ve

seçilebilirliklerini belirlemeye önemli faktörlerdir. Dolayısıyla, etkin bir mühendislik eğitiminde hali hazırda kullanılan sistem, araç ve teknolojilerin nasıl çalıştığını öğrenmenin yanında, bunları kullanarak problemlerin nasıl çözüleceği, yeni ürün ve sistemlerin nasıl tasarlanabileceği ve yenilikçi teknolojilerin nasıl geliştirilebileceği konularında pratik yapmış olmak neredeyse vazgeçilmez bileşenler olarak görülmektedir.[1-3]

Mühendislik eğitimlerinde belirli kalite ve olgunluk seviyesinin yakalanması ve bu yeterliklerin kontrol edilerek belgelenmesi amacı ile dünya çapında ve ülkeler bazında çeşitli akreditasyon mekanizmaları kurulmuştur[4-7]. Bu akreditasyon kuruluşlarından Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) [8], Engineering Council—UK [9], Fransa da Commission des Titre d' Ingéneur, European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE) [10] ve International Engineering Alliance (IEA) [11] yaygın olarak bilinenlerdir. Türkiye de ise mühendislik programlarının değerlendirmeleri yapmak ve uyumluluk belgeleri vermek üzere, bağımsız bir kuruluş olan, Mühendislik Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği (MÜDEK) faaliyet göstermektedir [12]. MÜDEK mühendislik programları değerlendirmelerine 2003 tarihinde başlamış 2009 yılında ise ENAE tarafından EUropean ACcredited Engineer (EUR-ACE) [13] sertifikası verme yeterliliğini kazanmıştır. MÜDEK 2011 yılında EIA ile Washington mutabakatını imzalayarak EIA üyesi olmuştur [14].

MÜDEK mühendislik programları değerlendirmesini on ölçüt ile yapmaktadır [15]. Bu ölçütler aşağıda listelenmiştir.

- Ölçüt 1. Öğrenciler
 Ölçüt 2. Program Eğitim Amaçları
 Ölçüt 3. Program Çıktıları
 Ölçüt 4. Sürekli İyileştirme
 Ölçüt 5. Eğitim Planı
 Ölçüt 6. Öğretim Kadrosu
 Ölçüt 7. Altyapı
 Ölçüt 8. Kurum Desteği ve Parasal Kaynaklar
 Ölçüt 9. Organizasyon ve Karar Alma Süreçleri
 Ölçüt 10. Disipline Özgü Ölçütler

Listelenen bu on ölçütün her birisinde raporlama ve değerlendirmenin nasıl yapılacağına dair detaylar MÜDEK tarafından belirlenmiş ve yayımlanmıştır. Yapılan çalışmanın kapsamında olması ve mühendislik programı yöneticilerinin en çok zorlandıkları ölçüt olması bakımından, bu çalışmada “Program Çıktıları” ölçütü incelenecaktır.

Başlangıcta MÜDEK program çıktıları ölçütü kapsamını ABET düzenlemelerini esas olarak belirlemiş, olmasına rağmen, zaman içerisinde EUR-ACE çerçeveye standartları, Washington mutabakatı gerekleri ve YÖK tarafından belirlenen Türkiye Yükseköğretim Yeterlilikler Çerçevesinin [16] gereklerini de karşılayacak şekilde güncellenmiştir. Böylece, MÜDEK tarafından belirlenen program çıktıları ölçütü isterleri diğer akreditasyon gereklerinden daha kapsamlı bir duruma gelmiştir. İlginen okuyucular ABET ve ENAEE akreditasyon gereklerinin karşılaştırması için [8, 17] referanslarını inceleyebilir.

MÜDEK, mühendislik eğitim programlarının MÜDEK tarafından belirlenen on bir çıktıyı da içerecek şekilde, kendi program çıktılarını belirlemesini öngörmektedir. “MÜDEK Program Çıktıları” olarak isimlendirilen bu on bir çıktı Tablo-1’de verilmiştir [13].

Tablo-1 MÜDEK Program Çıktıları

Nu.	Çıktı İçeriği
1	Matematik, fen bilimleri ve ilgili mühendislik disiplinine özgü konularda yeterli bilgi birikimi; bu alanlardaki kuramsal ve uygulamalı bilgileri, karmaşık mühendislik problemlerinde kullanabilme becerisi.
2	Karmaşık mühendislik problemlerini saptama, tanımlama, formüle etme ve çözme becerisi; bu amaçla uygun analiz ve modelleme yöntemlerini seçme ve uygulama becerisi.
3	Karmaşık bir sistemi, süreci, cihazı veya ürünü gerçekçi kısıtlar ve koşullar altında, belirli gereksinimleri karşılayacak şekilde tasarlama becerisi; bu amaçla modern tasarım yöntemlerini uygulama becerisi.

4	Mühendislik uygulamalarında karşılaşılan karmaşık problemlerin analizi ve çözümü için gerekli olan modern teknik ve araçları geliştirme, seçme ve kullanma becerisi; bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma becerisi.
5	Karmaşık mühendislik problemlerinin veya discipline özgü araştırma konularının incelememesi için deney tasarlama, deney yapma, veri toplama, sonuçları analiz etme ve yorumlama becerisi.
6	Disiplin içi ve çok disiplinli takımlarda etkin biçimde çalışabilme becerisi; bireysel çalışma becerisi.
7	Türkçe sözlü ve yazılı etkin iletişim kurma becerisi; en az bir yabancı dil bilgisi; etkin rapor yazma ve yazılı raporları anlama, tasarım ve üretim raporları hazırlayabilme, etkin sunum yapabilme, açık ve anlaşılır talimat verme ve alma becerisi.
8	Yaşam boyu öğrenmenin gerekliliği bilinci; bilgiye erişebilme, bilim ve teknolojideki gelişmeleri izleme ve kendini sürekli yenileme becerisi.
9	Etik ilkelerine uygun davranışma, mesleki ve etik sorumluluk bilinci; mühendislik uygulamalarında kullanılan standartlar hakkında bilgi.
10	Proje yönetimi, risk yönetimi ve değişiklik yönetimi gibi, iş hayatındaki uygulamalar hakkında bilgi; girişimcilik, yenilikçilik hakkında farkındalık; sürdürülebilir kalkınma hakkında bilgi.
11	Mühendislik uygulamalarının evrensel ve toplumsal boyutlarda sağlık, çevre ve güvenlik üzerindeki etkileri ve çağın mühendislik alanına yansyan sorunları hakkında bilgi; mühendislik çözümlerinin hukuksal sonuçları konusunda farkındalık.

Bilgisayar mühendisliği eğitim programlarının MÜDEK isterlerini karşılaması konusunda programa özgü bir takım düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır [18]. Bu programlar MÜDEK program çıktı isterlerinden, özellikle beşinci maddede belirtilen deney tasarlama ve yapma boyuttunda zayıflıklar içermektedir. Her ne kadar aynı madde içeriğinde belirtilen veri toplama, sonuçları analiz etme ve yorumlama becerileri için mühendislik istatistiği konusunda alınan dersler kanıt olarak gösterilse de, bu programlar deney tasarlama ve yapma boyutlarında genellikle kuvvetli kanıtlar ortaya koyamamaktadırlar. Zira program kapsamında alınan eğitim içeriğinde, verilen bir problemi çözümü için öğrencileri deney tasarlama ve uygulamaya yönlendirecek çok fazla uygulama alanı bulunmamaktadır [19]. Benzer kısıtlama bilişim alanında mühendislik eğitimi veren yazılım mühendisliği, bilişim sistemleri mühendisliği gibi diğer programlarda da mevcuttur.

Bu çalışmada, bilgisayar mühendisliği özelinde bilişim alanında mühendislik eğitimi veren programlarda uygulanabilecek ve MÜDEK program çıktıları isterlerinden deney tasarlama ve uygulama boyutunda eğitim programlarını destekleyebilecek uygulama önerileri belirtilmiştir. Bu bildirinin ikinci bölümünde deney tasarlama ve uygulamanın gerekleri konusunda özet bilgi verildikten sonra, üçüncü bölümde bilgisayar mühendisliği programlarında uygulanabilecek öneriler belirtilmiştir. Sonuç bölümünde ise yapılan öneriler için kısıtlamalar belirtilerek, daha ileri çalışmalar konusunda belirlemeler yapılmıştır.

II. DENEV TASARLAMA VE UYGULAMA

Literatürde deney farklı ifadelerle tanımlanmaktadır. D.C. Montgomery [20] deneyi “bir işlem veya sistemin tepki çıktılarında gözlemlenebilecek değişikliklerin sebeplerini açıklayacak şekilde girdi değişkenlerinde değişiklikler yapılan bir sinamalar serisi” olarak tanımlamaktadır. M.D.Casler [21] ise “bir veya birkaç problem çözmek amacı güden yaratıcı kararlar serisi” olarak ifade etmektedir. Bilimsel literatürde deney tasarlama bir disiplin ve öğreti şeklinde ilk olarak ele alan bilim insanlarından R.Betrand [22], deneyi “bir gizemi ortaya çıkarmak isteği ile doğaya sorulan basit bir soru” olarak belirtmiştir. T.B.Barker ve A. Milivojevich ise “Quality by Experimental Design” isimli kitaplarında, deney için “bir sürecin anlaşılması için beraber olarak analiz edilen yapılandırılmış, bağıdışık testler” tanımlamasını yapmışlardır.

Yukarıda verilen deney tanımlamalarında da görülebileceği gibi deneyin bir problemin çözümünü bulmaya veya bir bilinmeyeni açıklamayı hedeflemesi gerekmektedir. Sinama (test) ile deney bu noktada farlılaşmaktadır. Sinama “başarılı” veya “başarısız” neticelerine ulaşılan iki sonuçlu bir işlem olup, tek başına etki tepki ilişkisini açıklamaya genellikle yeterli değildir. Sinama başarı odaklı iken deney bilgi odaklıdır [23]. Ancak bir seri ve yapılandırılmış sinama kullanarak işlem veya sistemlerdeki neden-sonuç ilişkisini açıklamak mümkündür. Sinamaların bir problemin çözümünü veya bilinmeyeni açıklamak üzere yapılandırılmış olması ihtiyacı kaçınılmaz olarak planlamayı gereklilik etmektedir.

Deney planlamada ise üç temel faktör öne çıkmaktadır. Bu faktörler aşağıda listelenmiştir [24].

- Tekrarlama
- Rastsallık
- Bloklama

İlgilenen okuyucular, deney planlamada dikkat edilmesi gereken faktörlerin detaylı açıklamalarını ve etkilerini [Dean, Morris et.al.]’da bulabilirler. Deneyler kullanım amaçlarına göre aşağıda verilen üç farklı sınıfta gruplanabilirler [23].

- İşlem detaylarının belirlenmesi
- Problem tespiti
- Hata ölçümü

Bu çalışmada MÜDEK program çıktıları madde beş isterlerini karşılamak üzere bilgisayar mühendisliği programları için önerilen çözümler, “problem tespiti” grubuna dahil olan deneylerdir.

III. MÜDEK PROGRAM ÇIKTILARI MADDE 5 İÇİN BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI UYGULAMA ÖNERİLERİ

Bilgisayar mühendisliği programları en genel bakış açısından ile, elektronik hesaplama yapmanın alt yapısı, hesaplama yöntemleri ile bilgi işleme, saklama ileme tekniklerinin öğretildiği ve öğrencilerin bu bilgileri kullanarak sistem ve ürünler tasarlama konusunda pratik yaptığı eğitim programlarıdır. Bu programların içeriği gereği ve alıṣılalı klasik öğretim şekli ile öğrencilere belirli bir mantık sırası ve aşamalar halinde prensipler, yöntemler ve teknikler anlatılarak verilen problemleri çözmeleri beklenmektedir. Öğrenciler bu süreç içerisinde prensip, yöntem ve tekniği öğrenerek bunlarla problemlerin nasıl çözüleceği konusunda tecrübe sahibi olmaktadır. Genellikle hangi prensip, yöntem veya tekniğin nerede ve nasıl kullanılacağı öğrencilere öğretilmektedir. Öğrenciler problem tespiti, izlenen olgunu anlamlandırma, ölçüleme ve analiz konularında yeterince pratik yapamamaktadırlar.

Mühendislik programlarında öğrencilerin çok boyutlu yetişirilmesini, çok disiplinli takımlarda etkin çalışabilimelerini, iletişim becerilerinin geliştirilmesini ve hayat boyu öğrenme gerekliliği prensibinin edinilmesini amaçlayan MÜDEK, belirlediği program çıktılarında da bu boyutları hedeflemektedir. MÜDEK program çıktıları beşinci madde özellikle öğrencilerin problem çözmede ve sistem veya işlem detaylarını anlamada deney kurgulayabilme, yapabilme ve sonuçlarını yorumlayabilme becerilerine odaklanmıştır.

Bilgisayar mühendisliği program yöneticileri, program içeriğine MÜDEK program çıktıları madde beşi karşılayabilecek uygulamalar bulma konusunda zorluklar yaşamaktadır. Zira alıṣılalı eğitim çok yaygın değildir. Bu durumun nedenleri bu çalışma kapsamına girmemekle beraber, yazarlar tarafından, deneye veya keşfe dayalı eğitimin, daha çok emek, zaman, altyapı ve planlamaya ihtiyaç göstermesinin izlenen mevcut durumda etkili olabileceği değerlendirilmektedir.

MÜDEK program çıktıları madde beş isterlerini karşılamak amacı ile bilgisayar mühendisliği programlarında uygulanabilecek örnek tasarımlar aşağıdakiler alt maddelerde sunulmuştur. Burada sunulan uygulama önerileri Atılım Üniversitesi Bilgisayar, Yazılım ve Bilişim Sistemleri mühendisliği programlarında ortak olarak yer alan Bilgisayar Ağları dersi ve sadece Bilgisayar Mühendisliği programında yer alan Mikroişlemciler dersi esas almarak tasarlanmıştır.

A. Bilgisayar Ağları dersi için örnek tasarım

Bilgisayar ağları dersi Atılım Üniversitesi'nde Bilgisayar, Yazılım ve Bilişim Sistemleri mühendisliklerinin içinde de zorunlu ders olarak ortak verilmektedir. Ders haftada üç saat ders anlatımı ve iki saat laboratuar uygulaması şeklinde yapılmaktadır. Ders anlatımlarında bilgisayar ağları konularının prensipleri, yöntemleri ve teknikler nazari olarak verilmektedir. Laboratuar uygulamalarında ise, basit ağ izleme ve haberleşme araçları kullanılarak ağ iletişimini izlenerek nazari olarak öğrenilen prensip ve yöntemlerin nasıl çalıştığı öğrenciler tarafından izlenmeye ve pratikler yapılmaktadır. Öğrenciler ağ izleme ve iletişim araçlarının kullanımı konusunda tecrübe sahibi olmaktadır. Ayrıca laboratuar uygulamalarında ağ iletişimini yapan uygulama yazılımları da öğrenciler tarafından geliştirilmektedir.

MÜDEK program çıktıları madde beş, problemin tespiti, çözümü ve sistemin, işlemin anlaşılması için yapılacak deneylerin öğrenci tarafından tasarlanması ve sonuçların yorumlanması hedeflemektedir. Bilgisayar Ağları dersinde uygulanması önerilen yöntem bu hedefler için tasarlanmıştır.

Uygulama için bir başlangıç oluşturması amacı ile 28 adet farklı ağ problemi hazırlanmıştır. Her problemde, öğrenciler tarafından, bilgisayar ağları ile ilgili bir sorunun çözümlenmesi veya bir sistem veya işlem detaylarının kanıt göstererek açıklanması beklenmektedir. Bu amaçla öğrenci terminalerinde ağ ayarları ile uygulama yapılandırmalarının problem yaratacak şekilde değiştirilmesi ve ağ üzerinde ilave uygulama çalıştırması gibi tedbirlerin eğitici ve teknisyenler tarafından uygulama öncesinde alınması öngörmüştür. Her terminal numaralandırılmış ve her problemde uygulamanın hangi terminalde yapılacağına belirtilmiş olması gereklidir. Tasarlanan soru içerikleri ve formatı hakkında fikir sahibi olunması amacıyla, örnek olarak aşağıda iki soru, yapılacak ayarlamalar ve öğrencilerden bekleneler belirtilerek verilmiştir.

Örnek Soru-1:

XX numaralı terminale geçiniz. Web tarayıcı kullanarak “yyy” web adresine bağlanmayı deneyiniz. Bağlantıda bir problem bulduysanız, problemin tanımınız, muhtemel nedenlerini belirterek problemin gerçek sebebini bulmak için yapacağınız denemeleri size verilen form üzerinde uygulama sırası ile belirtiniz. Yaptığınız deneme/test sonuçlarını ve bu sonuçlara bağlı yorumunuza formda özetleyin ve ders öğretmenine sözel olarak açıklamaya hazır olun.

NOT: Bu soru için ilgili terminalde host dosyasına kayıt eklenmesi, varsayılan ağ geçit ayarının değiştirilmesi, DNS sunucu ayarlarının bozulması, ARP önbellek zehirlemesi v.b. yapılandırma ayarlarından birisi önceden yapılarak web tarayıcının bu adres için farklı bir siteye yönlendirilmesi

sağlanmalıdır. Bu soru kalibi terminalde yapılan yapılandırımıya göre çoklu kullanılabilir.

Beklentiler : Öğrencinin problemin tanımını, muhtemel sebep alternatiflerini, yapılacak denemeleri mantıklı ve uygun sıra ile belirtmesi, denemeleri uygun şekilde yapması ve sonuçları kanıt göstererek yorumlaması beklenmektedir.

Örnek Soru-2:

XX numaralı terminale geçiniz. Terminalinizin bağlı olduğu ağa yerel DNS sunucusu devre dışı kalmıştır. “nslookup” uygulaması kullanarak “aaa.bbbbb.ccc.dd” isimli terminal için IP adresini tespit ediniz. Bu amaçla yapacağınız denemeleri, sorgulamaları sırası ile önce planlayınız ve formda belirtiniz, sonra planınıza uygun olarak deneyleri yaparak sonuçları ve bu sonuçlara bağlı yorumunuza formda özetleyin ve ders öğretmenine sözel olarak açıklamaya hazır olun.

NOT: Bu soru için ilgili terminalde yerel DNS sunucu adresi değiştirilmeli veya ağ üzerinden yerel DNS sunucusu erişim engellenmelidir.

Beklentiler: Öğrencinin kök sunucudan itibaren isim-IP sorgulamasını “nslookup” uygulaması kullanarak DNS hiyerarşisi içerisinde yapması. Her bir etki alanı için DNS sunucusuna gönderdiği soru ve aldığı cevabı izah edebilmesi ve DNS protokolü işleyişini deney bulguları ile kanıtlayarak izah edebilmesi beklenmektedir.

Yukarıda verilen sorulardan Soru-1'de hedeflenen öğrencinin denemeler yaparak, problemin kaynağını mantıklı bir sıra içerisinde tespit etmesi ve deneme sonuçlarını akıcı bir şekilde izah edebilmesi beklenmektedir. Soru-2'de ise ağ üzerinde çalışan DNS protokolü çalışma esaslarını deney sonuçlarını kanıt olarak kullanarak izah etmesi, protokol işleyişini deneylerle gösterebilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçlar ikinci bölümde belirtilen deney kullanım amaçlarından ilk ikisi ile örtüşmektedir.

Bilgisayar ağları dersi için tasarlanan bu uygulamanın aşağıdaki şekilde ve sıra ile gerçekleştirmesi kurgulanmıştır.

1. Öğrenciler laboratuardaki terminal miktarının müsaade ettiği ve hazırlanan soru sayısına göre gruplar halinde belirli zaman aralıklarında laboratuar alır.
2. Uygulamanın nasıl yapılacağı, formların nasıl doldurulacağı, öğrencilerden bekleneler, neleri deneyebilecekleri, toplam süre ve değerlendirme esasları konusunda öğrenci grubu bilgilendirilir.
3. Daha önceden hazırlanmış ve tek tek ayrı kağıtlarda katlanmış olan sorular bir kutu içerisinde rastgele öğrencilere seçilir.
4. Öğrencilere soruyu anlamaları, kendi kendilerine denemeleri yapmaları ve formları doldurmaları için yeterli

zaman (15-30 dakika arasının yeterli olacağı değerlendirilmektedir) verilir. Ancak erken bitiren öğrenci daha erken değerlendirme talep edebilir.

5. Hazır olan veya süresi dolan öğrencinin hangi denemelerle neyi tespit ettiği, deney sonuçlarının yorumlanması, tespit edilen kantıtlar öğretmen tarafından sözlü olarak karşılıklı soru-cevap ve uygulamalar ile değerlendirilir.

B. Mikroişlemciler dersi için örnek tasarım

Mikroişlemciler dersi Bilgisayar Mühendisliği programı öğrencilerine zorunlu olarak verilen bir derstir. Ders haftada üç saat ders anlatımı ve iki saat laboratuar uygulaması şeklinde verilmektedir. Ders anlatımında mikroişlemcilerin çalışma prensipleri, komut yapısı ve programlama esasları ele alınmaktadır. Laboratuar uygulamalarında ise Intel 8051 mikrokontrolcü tabanlı deney setleri üzerinde denemeler ve uygulama geliştirmeleri yapılmaktadır. Öğrenciler laboratuar uygulamalarında kontrolcülerin veri giriş, çıkış kapılarını kullanmayı ve belirli fonksiyonları yerine getirmek üzere mikroişlemci için kod geliştirmeyi öğrenmektedir.

MÜDEK program çıktıları madde beşte mühendislik programlarından, öğrencilerde deney planlama, icra etme, sonuçları sistematik olarak toplama, analiz etme ve yorumlama becerilerinin de geliştirilmesini beklemektedir. Mikroişlemciler dersi için tasarlanan uygulama belirtilen bu boyutlara odaklanmıştır.

Bu ders için geliştirilen tasarımda her bir mikrokontrolcü deney setine farklı algoritmalar ile çalışan, farklı sayıda giriş, çıkış pini kullanan uygulamalar öğretmenler ve teknisyenler tarafından yüklenmelidir. Öğrencilerden farklı girdiler verip, çıktıları gözleleyerek çalışan algoritmayı çözmeleri beklenmektedir. Bir anlamda, kontrolcü üzerindeki işleyışı kara kutu olarak kabul ederek, tersine mühendislik çalışması yapmaları beklenmektedir. Kullanılan Intel 8051 mikrokontrolcünün her biri giriş veya çıkış olarak yapılandırılabilen toplam 32 adet pini bulunmaktadır. Dolayısı ile öğrencinin denemesi gereken girdi-çıktı alternatif sayısı yaklaşık 8,6 Milyar olmaktadır. Bu karmaşıklığı azaltmak ve makul bir zaman ve deneme sayısı ile sonuca ulaşmayı temin edebilmek amacıyla, yazarlar tarafından, mikrokontrolcüde ilk iki kapının (port-her biri 8 bit) giriş ve diğer iki kapının çıkış olarak kullanılması, uygulamada kullanılan toplam giriş ve çıkış pin sayılarının 4'er pin ile sınırlanması (16 pin içerisinde herhangi bir 4 adedi) önerilmektedir. Farklı deney setleri kullanarak yapılacak uygulamalar için de benzer kısıtlamaların yapılması faydalı olacaktır.

Mikroişlemciler dersi için tasarlanan bu uygulamada öğrencinin öncelikle giriş ve çıkış için kullanılan 4'er pin denemeler yaparak tespit etmesi ve bunu takiben giriş kombinasyonlarının her biri için çıktı değerlerini bulması beklenmektedir. Bileşimli mantık (combinational logic) çalışma denemelerinden sonra öğrencinin sırasal mantık (sequential logic) denmelerini yapması gerekmektedir.

Ancak burada da sırasallık derinliğinin sınırlanması karmaşıklığın azaltılması ve uygulama süresi açısından tavsiye edilmektedir. Yazarlar, sırasallık derinliğinin bir basamak olmasını, başka bir deyişle algoritma davranışının girdi ve bir önceki girdi birleşimine göre belirlenmesini önermektedir. Daha derin durum bilgisi kullanan algoritmaların deneme sayısını artırması, uzun uygulama süresine ihtiyaç duyması ve sonuç hesaplama karmaşıklığından dolayı uygulanabilir olmayacağı değerlendirilmektedir.

Bu ders için tasarlanan örnek deney uygulamasında, öğrencilerden tekrarlama, rastsallık ve bloklama faktörlerini etkin olarak kullanılması ve elde edilen sonuçların mantıklı analizi beklenmektedir.

Geliştirilen bu uygulamanın gerçekleştirilenmesinde öğrenciler öncelikle tasarladıkları denemeleri sırasal olarak nasıl yapılacağını raporlayacak, planlamaya uygun şekilde denemeleri yapacak ve bulguları kanıtlar olarak kullanarak yorumlayacak ve mikrokontrolcüde çalışan uygulamanın algoritmasını belirlemiş olacaktır.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada MÜDEK program çıktıları madde beş ile tanımlanmış, mühendislik eğitim programlarından beklenen isterleri karşılamak amacıyla bilgisayar mühendisliği eğitiminde uygulanabilecek çözüm önerileri sunulmuştur. Bu çalışmada sunulan öneriler, öğrencilerin etkin deney tasarlama, deney yapma, sonuçları toplama, analiz etme ve yorumlama becerilerini geliştirmeye odaklanmıştır.

Önerilen uygulamalar, özellikle deney sonuçlarının analizi ve yorumlanması gerekliliği istatistiksel beceriler konusunda zayıftır. Bu konuda olasılık ve istatistik odaklı bir dersin zorunlu ders olarak programa eklenmesi uygun çözüm olabilir. Öğrencilerde bu tür istatistiksel becerilerin geliştirilmesini sağlayacak farklı eğitim modül ve uygulamalarına program ve diğer dersler içerisinde yer vermek faydalı olacaktır.

Bu çalışmada iki farklı ders için sunulan iki farklı deney uygulamasının eğitim müfredatında yer alan daha fazla ders için çoklanması yarar sağlayacaktır. Öğrencilerin eğitimleri boyunca, deney ve keşfe dayalı öğrenmeye yönlendirilecek uygulamalarla sıkılık karşılaşması, hedeflenen becerilerin kazanılması ve kalıcı olmasında katkı sağlayacaktır.

Önerilen deney uygulamalarında öğrenci performanslarının değerlendirilmesi kaçınılmaz olarak yanlı (subjective) olmaktadır. Öğrenci performanslarının yanlı değerlendirilmesini önleyecek değerlendirme ölçüklerinin hazırlanmasına da ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

- [1] Dym, Clive L., et al. "Engineering design thinking, teaching, and learning." Journal of Engineering Education 94.1 (2005): 103-120.

- [2] Bains, Sunny, et al. "Work in progress: Multi-disciplinary curriculum review of engineering education. UCL's integrated engineering programme." 2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). IEEE, 2015.
- [3] Yelamarthi, Kumar, and Eron Drake. "A flipped first-year digital circuits course for engineering and technology students." IEEE Transactions on Education 58.3 (2015): 179-186.
- [4] M. L. Tanke, Accreditation: What It Is . . . and Is Not, *Hospitality Review*, 3, 1985, pp. 38–44.
- [5] G. Augusti, Quality and Accreditation in Engineering Education in Europe, International Symposium on Innovation and Quality in Engineering Education, Valladolid—SPAIN, 26–28 April 2012.
- [6] R. Shearman and D. Seddon, Challenges for academic accreditation: the UK experience, *European Journal of Engineering Education*, 35(4), 2010, pp. 469–477.
- [7] A. Patil and G. Codner, Accreditation of engineering education: review, observations and proposal for global accreditation, *European Journal of Engineering Education*, 32(6), 2007, pp. 639–651.
- [8] ABET, About ABET, retrieved from <http://www.abet.org/about-abet/>, last accessed on 15 Aug. 2016.
- [9] Engineering Council-UK, About Us, retriever from <https://www.engc.org.uk/about-us/>, last accesses on 15 Aug. 2016.
- [10] European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE), About ENAEE, retrieved from <http://www.enacec.eu/about-enaee/>, last accessed on 15 Aug. 2016.
- [11] International Engineering Alliance (IEA), Introduction, retrieved from <http://www.ieagreements.org/>, last accessed on 15 Aug. 2016.
- [12] Mühendislik Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği (MÜDEK), Kısaca MÜDEK, retrieved from <http://www.mudek.org.tr/tr/hak/kisaca.shtml>, last accessed on 15 Aug. 2016.
- [13] European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE), EUR-ACE System, retrieved from <http://www.enaee.eu/eur-ace-system/>, last accessed on 15 Aug. 2016.
- [14] International Engineering Alliance, Washington Accord (1989–2014): Celebrating international engineering education standards and recognition, retrieved from http://www.ieagreements.org/25_years/25YearsWashingtonAccord-A5booklet-FINAL.pdf, last accessed on 15 Aug. 2016.
- [15] Mühendislik Eğitim Programları Değerlendirme ve Akreditasyon Derneği (MÜDEK), Mühendislik Lisans Programları Değerlendirme Ölçütleri Sürüm 2.1–23.12.2014, retrieved from [http://www.mudek.org.tr/doc/tr/MUDEK-Degerlendirme_Olcutleri_\(2.1-23.12.2014\).pdf](http://www.mudek.org.tr/doc/tr/MUDEK-Degerlendirme_Olcutleri_(2.1-23.12.2014).pdf), last accessed on 15 Aug. 2016.
- [16] T.C. Yükseköğretim Kurulu (YÖK), Türkiye Yükseköğretim Yeterlilikler Çerçevesi, retrieved from <http://tyyc.yok.gov.tr/>, last accsesed on 15 aug. 2016.
- [17] E. Coyle, Engineering Education in the US and the EU, Chapter 5 in *Engineering in Context*, Academia, 2009.
- [18] Cigdem Turhan, Gökhan Şengül ve Murat Koyuncu, Comprehensive Assessment Plan for Accreditation in Engineering Education: A Case Study in Turkey, *International Journal of Engineering Education* Vol. 31, No. 5, pp. 1270–1281, 2015
- [19] Sjøberg, Dag IK, et al. "A survey of controlled experiments in software engineering." *IEEE transactions on software engineering* 31.9 (2005): 733-753.
- [20] Montgomery, Douglas C. *Design and analysis of experiments*. John Wiley & Sons, 2008.
- [21] Casler, Michael D. "Fundamentals of experimental design: Guidelines for designing successful experiments." *Agronomy Journal* 107.2 (2015): 692-705.
- [22] Bertrand,Russell, On Education, Especially in Early Childhood, London: George Allen and Unwin; repr. as *Education and the Good Life*, New York: Boni and Liveright, 1926
- [23] Barker, Thomas B., and Andrew Milivojevich. *Quality by experimental design*. CRC Press, 2016.
- [24] Dean, Angela, et al., eds. *Handbook of Design and Analysis of Experiments*. Vol. 7. CRC Press, 2015.