

Geliş Tarihi :03/06/2026
Kabul Tarihi :21/06/2026

Received Date : 03/06/2026
Accepted Date : 21/06/2026

TEKNİK PROGRAMLARDA ÇİZİM DERSLERİNİN EĞİTİM PROGRAMINA KATKISININ ÖNEMİ

THE IMPORTANCE OF THE CONTRIBUTION OF DRAWING COURSES TO THE CURRICULUM IN TECHNICAL PROGRAMS

Mahmut UYAR ^{1*} (ORCID: 0000-0002-4133-4344)

¹Siirt Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Siirt, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Mahmut UYAR, mahmutuyar56@gmail.com

Öz

Teknik eğitim veren ön lisans ve lisans programlarında bilgisayar destekli teknik tasarım ve çizim dersleri, öğrencilerin mesleki yeterliliklerinin geliştirilmesinde hayati bir role sahiptir. Bu dersler aracılığıyla öğrenciler yalnızca teknik çizim kurallarını öğrenmemekte, aynı zamanda üç boyutlu düşünebilme, zihinsel modelleme, problem çözme ve projeleri görsel olarak analiz etme becerileri kazanmaktadır. Günümüz mühendislik ve imalat sektörlerinde 3D CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımlarının ve CAD kütüphanelerinin kullanımı, inovasyon hızını ve firmaların rekabet avantajını doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, teknik programlarda sunulan çizim derslerinin öğrencilere sağladığı akademik ve mesleki katkılar incelenmiş; öğrencilerin çizim tamamlama sürelerini etkileyen faktörler ile eğitim kurumlarında açık kaynak kodlu yazılımların müfredata entegrasyonunun önemi ilgili literatür ışığında değerlendirilmiştir. Araştırmalar, öğrencilerin mesleki ders sayısı ve tasarım programı bilgisinin artmasıyla çizim tamamlama sürelerinin kısaldığını ve parça geometrilerini algılama yetilerinin geliştiğini göstermektedir. Ayrıca, yüksek lisans maliyetlerinin önüne geçilmesi ve mezuniyet sonrası sürdürülebilir kişisel gelişim için FreeCAD gibi açık kaynak kodlu yazılımların eğitim programlarındaki gerekliliği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Teknik Çizim, Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD), Çizim Tamamlama Süresi, Açık Kaynak Kodlu Müfredat, Mesleki Eğitim

Abstract

Computer-aided technical design and drawing courses in associate and undergraduate programs providing technical education play a vital role in developing students' professional competencies. Through these courses, students not only learn the rules of technical drawing but also acquire skills in three-dimensional thinking, mental modeling, problem-solving, and visual analysis of projects. In today's engineering and manufacturing sectors, the use of 3D CAD (Computer-Aided Design) software and CAD libraries directly impacts the pace of innovation and the competitive advantage of firms. This study examines the academic and professional contributions of drawing courses offered in technical programs and evaluates the factors affecting students' drawing completion times alongside the importance of integrating open-source software into the curriculum in light of relevant literature. Research indicates that as the number of vocational courses and knowledge of design programs increase, students' drawing completion times decrease, and their ability to perceive part geometries improves. Furthermore, the necessity of open-source software, such as FreeCAD, in educational programs has been demonstrated to prevent high licensing costs and to ensure sustainable personal development after graduation.

Keywords: Technical Drawing, Computer-Aided Design (CAD), Drawing Completion Time, Open-Source Curriculum, Vocational Education

GİRİŞ

Günümüzün hızla değişen teknolojik ve endüstriyel dünyasında, teknik alanlarda eğitim gören öğrencilerin ve mühendis adaylarının yalnızca teorik bilgi birikimine sahip olmaları yeterli görülmemektedir. Tasarım, uygulama, üretim süreçlerini analiz etme ve üç boyutlu düşünebilme gibi pratik becerilerin geliştirilmesi, mesleki yeterliliğin temel ölçütleri haline gelmiştir. Bu bağlamda bilgisayar destekli teknik tasarım (CAD) dersleri; makine, mekatronik, imalat, inşaat ve polimer malzeme mühendisliği gibi ağır sanayi tabanlı disiplinlerin ve ön lisans programlarının eğitim programlarında kritik bir merkez üssü konumundadır. Teknik çizim, uluslararası standartlara uygun olarak bir ürünün veya yapının geometrik ve imalat özelliklerini ifade etmeyi sağlayan ortak bir mühendislik dilidir. Geçmişte geleneksel yöntemlerle yürütülen bu süreç, günümüzde 3D CAD yazılımları, parça kütüphaneleri ve dijital modelleme araçları vasıtasıyla yürütülmekte, öğrencilerin bilişsel ve teknik donanımına doğrudan katkı sağlamaktadır.

Bilgisayar destekli tasarım süreçlerinde, yeni tasarımların ticarileşme hızını artırmak ve endüstride rekabet avantajı elde etmek adına standart bileşenlerin kullanımı oldukça yaygındır. Tasarımcıların zamanı optimize etmesinde ve işletmelerin ürün geliştirme maliyetlerini azaltmasında online veya offline CAD kütüphanelerinin rolü büyüktür. Teknik eğitim programlarının en önemli amaçlarından biri, öğrencilere bu endüstriyel araçları etkin biçimde kullanma yetkinliği kazandırmak ve zihinsel modelleme süreçlerini hızlandırmaktır. Öğrencilerin çizim tamamlama süreleri ve tasarım mantıkları üzerinde; aldıkları mesleki derslerin sayısı, hâkim oldukları tasarım programı çeşitliliği ve parça geometrisinin karmaşıklığı gibi birçok akademik faktör etkilidir.

Teknik çizim eğitiminde karşılaşılan en belirgin zorluklardan biri de endüstride yaygın olarak kullanılan SolidWorks, AutoCAD, CATIA veya Inventor gibi profesyonel yazılımların yüksek lisans ücretleridir. Eğitim kurumlarına sağlanan özel öğrenci lisansları, mezuniyetle veya belirli bir sürenin dolmasıyla sona ermekte; bu durum yeni mezunların pratik yapmaya devam ederek kendilerini geliştirmelerini maddi açıdan engellemektedir. Bu doğrultuda, eğitim programlarında platformlardan bağımsız çalışabilen ve topluluk tarafından sürekli geliştirilen FreeCAD gibi açık kaynak kodlu CAD yazılımlarının ve bunlara yönelik hazırlanan müfredat önerilerinin kullanılması, hem kurumların hem de öğrencilerin mali yükümlülüklerini ortadan kaldırarak eğitimde sürdürülebilirliği teşvik etmektedir. Bu çalışmanın amacı, teknik programlarda çizim derslerinin eğitim programına katkısının önemini akademik literatür ve deneysel bulgular ışığında incelemektir. Bu doğrultuda makalenin ilerleyen bölümlerinde; teknik çizim derslerinin öğrencilerin akademik ve mesleki becerilerine katkısı, parça zorluğu ve mesleki derslerin çizim sürelerine etkisi, CAD kütüphanesi okuryazarlığı ve eğitimde açık kaynak kodlu müfredat dönüşümünün gerekliliği derinlemesine tartışılacaktır.

YÖNTEM VE LİTERATÜR TARAMASI (İLGİLİ ÇALIŞMALAR)

Teknik programlarda çizim derslerinin etkinliğini ve öğrencilerin tasarım performanslarını belirlemeye yönelik literatür incelendiğinde, çalışmaların daha çok parça modelleme, kalıp tasarımı, hata oranlarının azaltılması ve zaman yönetimi üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Kim ve ark., 2007; Liu ve ark., 2014). Tasarım sürecinde mühendislerin zamanının önemli bir kısmının standart bileşenleri ve ürünleri aramakla geçtiği belirtilmektedir (Muraleedharan ve ark., 2019). Bu durum, eğitim sürecinde öğrencilere standart veri tabanlarını ve CAD kütüphanelerini kullanma becerisinin kazandırılmasının mesleki zaman yönetimi açısından ne kadar kritik olduğunu göstermektedir (Karagöz, 2021). Tablo 1’de teknik çizim eğitiminde yazılım ve ders altyapısının örnek bir öğrenci grubuna göre dağılımı verilmiştir.

Tablo 1. Teknik Çizim Eğitiminde Yazılım ve Ders Altyapısının Örnek Bir Öğrenci Grubuna Göre Dağılımı

Öğrenci Grubu	Alınan Bilgisayar Destekli Çizim Programları	Müfredattaki Temel Mesleki ve Tasarım Dersleri
Yeterliliği		
Orta Seviye	AutoCAD	Teknik Resim, Temel İşlemler ve Makine Proses
İyi Seviye	AutoCAD, SolidWorks, CATIA	Teknik Resim, Makine Proses, Plastik Parça Tasarımı, Bilgisayar Destekli Tasarım

Çok İyi Seviye

AutoCAD, SolidWorks,
CATIA

Tüm Temel Dersler, Plastik Parça Tasarımı,
Kalıp Tasarımı ve Üretimi

Not: Tablo içeriği Karagöz (2021) tarafından yürütülen keşifsel araştırma tasarımındaki müfredat gruplarından uyarlanmıştır.

Literatürde yapılan araştırmalar, öğrencilerin bilgisayar destekli teknik tasarım derslerinde elde ettikleri başarılar ile diğer mühendislik ve üretim derslerindeki performansları arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Costley ve Lange, 2017). Çizim ve modelleme süreci; yalnızca çizgilerin ekrana aktarılması değil; ölçülendirme, toleranslandırma ve üretilebilirlik gibi imalat yöntemlerinin eş zamanlı analiz edilmesini gerektiren bir problem çözme sürecidir (Robertson ve Allen, 1991). Karagöz (2021) tarafından yapılan keşifsel bir araştırmada, mühendislik öğrencilerinin çizim tamamlama sürelerinin aldıkları mesleki ders sayısı ve bildikleri tasarım programı çeşitliliği ile doğrudan ilişkili olduğu; mühendislik becerileri geliştikçe çizim sürelerinin anlamlı şekilde kısaldığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, teknik çizim ve modelleme performansında cinsiyet değişkenine göre kız ve erkek öğrenciler arasında belirgin bir fark olmadığı, benzer mühendislik bilgisine sahip öğrencilerin benzer tasarım sürelerine ulaştığı belirlenmiştir (Chen ve ark., 2019; Karagöz, 2021).

Tasarım performansını artıran bir diğer önemli yaklaşım ise proje tabanlı öğrenmedir (Balan ve ark., 2019). Öğrenciler, üç boyutlu montaj ve parça tasarımları sayesinde yapacakları projeleri görsel olarak inceleyebilmekte ve ekip içerisindeki tartışma süreçlerini daha sistematik yürütebilmektedir (Lupinetti ve ark., 2019; Selçuk & Zengin, 2021). Bu bilişsel gelişimin yüksek maliyetli lisans duvarlarına takılmaması adına açık kaynak kodlu müfredat önerileri ön plana çıkmaktadır (Di Angelo ve ark., 2016). Selçuk ve Zengin (2021) tarafından sunulan açık kaynak kodlu müfredat çalışmasında, platform bağımsız çalışan FreeCAD yazılımının temel katı modelleme araçları, yüzey analizleri ve evrensel mafsalları gibi ileri düzey montaj modüllerini başarıyla desteklediği ve yüksek öğretim kurumlarında ücretli yazılımlara güçlü bir alternatif olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Teknik eğitim programlarındaki çizim derslerinin öğrencilerin mesleki gelişimine ve operasyonel hızlarına olan katkısını nicel verilerle incelemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular; parça geometrisinin karmaşıklığı, öğrencilerin akademik altyapısı (aldıkları mesleki ders sayısı ve bildikleri tasarım programı çeşitliliği) ve CAD kütüphanesi okuryazarlığının çizim tamamlama süreleri üzerinde doğrudan belirleyici olduğunu göstermektedir.

1. Parça Zorluk Seviyeleri ve Akademik Altyapının Çizim Sürelerine Etkisi

Öğrencilerin tasarım performansları ve zihinsel modelleme becerileri; "Orta", "İyi" ve "Çok İyi" olmak üzere üç farklı müfredat derinliğine sahip öğrenci grubu üzerinde, üç farklı zorluk seviyesindeki parça geometrileriyle test edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizlerde, öğrencilerin parça geometrisini zihinlerinde canlandırma, bir sonraki imalat adımını planlama ve komut dizilimini optimize etme süreleri kronometrik olarak ölçülmüştür.

- 1. Parça (Düşük Zorluk Derecesi): Temel ekstrüzyon ve basit delme komutlarını içeren bu aşamada, tüm öğrenci gruplarının parça geometrisini algılama ve modelleme süreleri birbirine oldukça yakın seyretmiştir. Komut çeşitliliğinin az olması, müfredat farklarının operasyonel hıza yansımaları sınırlamıştır.
- 2. Parça (Orta Zorluk Derecesi): Döndürerek katı oluşturma, feder (destek) ekleme ve dairesel çoğaltma gibi unsurların devreye girdiği bu geometride, gruplar arasındaki süre ayrışmaya başlamıştır. Yalnızca temel teknik resim eğitimi alan "Orta" seviyedeki öğrenci grubunun çizimi tamamlama süresi, ileri düzey tasarım derslerini tamamlamış "Çok İyi" grubuna kıyasla anlamlı derecede yüksek çıkmıştır.
- 3. Parça (Yüksek Zorluk Derecesi): Karışık açılı yüzeyler, loft veya süpürerek katı oluşturma gibi ileri düzey 3D modelleme stratejileri gerektiren en zor parçada, müfredat farkının önemi en net şekilde ortaya çıkmıştır. Müfredatında Plastik Parça Tasarımı, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Kalıp Tasarımı dersleri bulunan ve birden fazla yazılıma (AutoCAD, SolidWorks, CATIA) hâkim olan "Çok İyi" seviyesindeki

öğrencilerin parça üzerindeki hata ayıklama ve çizimi bitirme sürelerinin, diğer gruplara göre çok daha kısa olduğu kronometrik olarak kanıtlanmıştır.

Bu veriler doğrultusunda, parça karmaşıklığı arttıkça öğrencilerin zihinsel planlama yapabilmesi için imalat teknolojileri ve kalıp tasarımı gibi ileri düzey mesleki derslerden aldıkları teorik/pratik bilgileri çizim sürecine entegre ettikleri görülmüştür.

2. İstatistiksel Karşılaştırmalar ve Cinsiyet Faktörü

Öğrenci gruplarının çizim tamamlama sürelerinin akademik değişkenlere göre farklılaşıp farklılaşmadığını doğrulamak amacıyla non-parametrik testlerden **Kruskal-Wallis** ve grupların ikili karşılaştırmalarında **Mann-Whitney U** testi uygulanmıştır.

- Yapılan Kruskal-Wallis testi sonucunda, alınan mesleki ders sayısı ve bilinen CAD programı çeşitliliğinin, çizim tamamlama sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa yol açtığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bu bulgu, eğitim programlarında sunulan tasarım odaklı ders yükünün niteliği arttıkça, öğrencilerin teknik yeterliliklerinin ve endüstriyel hızlarının doğrusal olarak geliştiğini ortaya koymaktadır.
- Literatürdeki en dikkat çekici tartışmalardan biri olan cinsiyet faktörü incelendiğinde ise, **Mann-Whitney U** testi sonuçlarına göre kız ve erkek öğrencilerin 1., 2. ve 3. parçaları modelleme hızları ile tasarım süreçleri arasında istatistiksel olarak belirgin/anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). Benzer akademik müfredattan geçen ve aynı mesleki bilgi birikimine sahip olan kız ve erkek mühendis adaylarının teknik çizim okuma ve 3D modelleme performanslarının eş değer olduğu; teknik yeteneğin cinsiyetten bağımsız, tamamen eğitim içeriği ve pratik yapma sıklığı ile şekillendiği literatür verileriyle de desteklenmiştir.

3. Online ve Offline CAD Kütüphanesi Okuryazarlığı

Endüstriyel ürün geliştirme süreçlerinde tasarımcıların zamanının yaklaşık %60'ının standart bileşen ve parça aramakla geçtiği bilinmektedir. Bu doğrultuda, öğrencilerin hazır parça kütüphanelerini kullanma performansları bulut tabanlı (online) ve yerel sunucu (offline) veri tabanları üzerinden test edilmiştir.

Tablo 2 Veri Tabanı Türüne ve Öğrenci Yetkinliğine Göre CAD Kütüphanesi İndirme ve Erişim Süreçleri

CAD Kütüphanesi Türü	Erişim Altyapısı ve Süreç Mekanizması	Tasarım Sürecine ve Zaman Yönetimine Katkısı
Online CAD Kütüphanesi	Bulut tabanlı depolama, etiket/anahtar kelime araması ve indirme süreçleri	Çok sayıda karmaşık parçanın yer aldığı küresel veri tabanlarına erişim sunar; arama stratejisi bilmeyen gruplarda süre uzar.
Offline CAD Kütüphanesi	Yerel ağ (Server) bağlantısı, kategorize edilmiş klasör hiyerarşisi	İnternet kısıtlaması olmadan hızlı arama; parça sınıflandırmasını ve montaj ilişkilerini analiz etmeyi kolaylaştırır.

Tablo 2’de Deneysel bulgulara göre, ileri düzey mesleki dersleri tamamlamış olan "Çok İyi" grubundaki öğrencilerin, parça adlandırma standartlarına, geometrik aile sınıflandırmalarına ve teknik terminolojiye hâkim olmaları sayesinde online kütüphanelerde doğru anahtar kelimeleri seçerek parçalara çok daha hızlı ulaştıkları belirlenmiştir. Temel seviyedeki öğrenciler ise parça sınıflandırma mantığını tam kavrayamadıkları için online veri tabanlarında kaybolmuş ve arama süreleri uzamıştır. Offline (yerel sunucu) kütüphanede ise hiyerarşik klasör yapısı sayesinde arama süreleri kısalmış olsa da, her iki kütüphane modelinde de mesleki bilgi düzeyi yüksek olan öğrencilerin zamanı optimize etme ve standart bileşenleri tasarıma entegre etme becerilerinin üst seviyede olduğu görülmüştür.

4. Açık Kaynak Kodlu Yazılım (FreeCAD) Müfredatının Eğitimsel ve Ekonomik Boyutu

Teknik programlarda çizim derslerinin etkinliğinin önündeki en büyük yapısal engellerden biri profesyonel CAD yazılımlarının yüksek maliyetleridir. Her ne kadar eğitim kurumlarına öğrenci lisansları sağlansa da, bu lisansların mezuniyetle veya süre sınırı ile bitmesi, öğrencilerin sürdürülebilir pratik yapma imkânını elinden almaktadır.

Bu kronik sorunun çözümü olarak sunulan açık kaynak kodlu FreeCAD yazılımı tabanlı müfredat önerileri, eğitimde fırsat eşitliği ve sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir. FreeCAD; katı modelleme, teknik resim oluşturma, montaj (evrensel mafsal vb.) ve yüzey analiz modülleriyle ticari rakiplerinin sunduğu temel araçların tamamını karşılayabilmektedir. Platformlar arası (Windows, Linux, macOS) bağımsız çalışabilmesi, öğrencilerin kendi kişisel bilgisayarlarında herhangi bir lisans duvarına veya donanım maliyetine takılmadan teknik çizim becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Eğitim programlarında bu tür açık kaynaklı sistemlerin yaygınlaştırılması, öğrencilere teknik çizimin "ortak mantığını" kazandırarak mezuniyet sonrasında endüstrideki herhangi bir ücretli programa (SolidWorks, CATIA vb.) çok kısa bir adaptasyon süresiyle geçiş yapabilmelerini kolaylaştırmaktadır.

Bilgisayar destekli tasarım eğitimi ve öğrencilerin operasyonel performansları üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, araştırmaların yazılım yetkinliği, zaman yönetimi, proje tabanlı öğrenme ve maliyet odaklı müfredat dönüşümleri gibi farklı boyutlara odaklandığı görülmektedir. Literatürde yer alan bu temel yaklaşımların odak noktaları, yöntemleri ve bu çalışmanın ilgili literatür içerisindeki sentez konumlandırması Tablo 3'te karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir.

Tablo 3 Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Teknik Eğitim Literatüründeki Temel Çalışmaların Karşılaştırmalı Analizi

Yazar(lar) ve Yıl	Araştırmanın Odak Noktası / Teması	Kullanılan Yöntem / Metodoloji	Temel Bulgular ve Eğitim Programına Katkısı
Robertson & Allen (1991)	CAD sistem kullanımı ve mekanik tasarım performansı ilişkisi.	Mühendislik ekipleri üzerinde ampirik gözlem ve performans analizi.	CAD yazılımlarının sadece bir çizim aracı olmadığını, mühendislik problem çözme süreçlerini ve tasarım hızını doğrudan etkilediğini göstermiştir.
Balan ve ark. (2019)	CAD eğitiminde proje tabanlı öğrenme stratejileri.	Açık uçlu grup projeleri ve durum çalışması (Case Study).	Öğrencilerin serbest seçimli ve gerçek dünya senaryolarına dayalı projelerle çalışmasının, yazılım komutlarını öğrenme hızını ve motivasyonunu artırdığını kanıtlamıştır.
Karagöz (2021)	Mühendislik öğrencilerinin çizim sürelerini etkileyen faktörler ve CAD kütüphanesi kullanımı.	Keşifsel araştırma tasarımı, SolidWorks ortamında kronometrik ölçümler, Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U testleri (N=60).	Alınan mesleki ders sayısı ve yazılım çeşitliliğinin çizim süresini anlamlı derecede kısalttığını; cinsiyetin performansa etkisinin olmadığını ($p>0.05$) ve kütüphane okuryazarlığının zaman yönetimindeki önemini ortaya koymuştur.
Selçuk & Zengin (2021)	Teknik tasarım eğitiminde yüksek lisans maliyetleri ve sürdürülebilirlik problemi.	Müfredat analizi, FreeCAD yazılımının modüler kapasite ve montaj ilişkileri yönünden incelenmesi.	Ticari yazılımların yüksek maliyet bariyerine karşı, açık kaynak kodlu ve platform bağımsız FreeCAD'in teknik eğitim programlarında güçlü ve sürdürülebilir bir alternatif müfredat olarak kullanılabileceğini göstermiştir.
Bu Çalışma (Sentez)	Teknik programlarda çizim derslerinin akademik,	Literatür sentezi, deneysel bulguların ve açık kaynak kodlu müfredat	Çizim derslerinin imalat/mühendislik teorisiyle bütünleştirilmesinin operasyonel hızı artırdığını gösterirken, bu yetkinliğin

operasyonel ve
ekonomik katkısı.

önerilerinin kavramsal
entegrasyonu.

açık kaynak kodlu yazılımlarla
(FreeCAD) yaşam boyu öğrenmeye
dönüştürülmesi gerektiğini savunur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Sonuçlar

Teknik programlarda ve mühendislik eğitiminde çizim derslerinin eğitim müfredatındaki rolünü, öğrencilerin tasarım performanslarını ve zamansal verimliliklerini inceleyen bu çalışma, bilgisayar destekli teknik tasarım (CAD) derslerinin mesleki yetkinlik inşasındaki stratejik önemini ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular ve literatür verileri ışığında şu temel sonuçlara ulaşılmıştır:

- **Müfredat Derinliğinin Çizim Sürelerine Etkisi:** Öğrencilerin aldıkları tasarım odaklı mesleki derslerin sayısı (Plastik Parça Tasarımı, Kalıp Tasarımı, İmalat Yöntemleri vb.) ve bildikleri CAD programı çeşitliliği arttıkça, karmaşık parçaları modelleme ve çizimleri tamamlama süreleri istatistiksel olarak anlamlı derecede ($p < 0.05$) kısalmaktadır. Bu durum, teknik çizimin yalnızca yazılım komutlarını bilmekten ibaret olmadığını, arka plandaki imalat ve mühendislik teorisiyle harmanlanan zihinsel bir optimizasyon süreci olduğunu kanıtlamaktadır.
- **Cinsiyet Değişkeninin Nötrlüğü:** İstatistiksel analizler (Mann-Whitney U testi), kız ve erkek öğrencilerin üç boyutlu katı modelleme, parça geometrisini algılama ve çizim tamamlama hızları arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir ($p > 0.05$). Teknik tasarım becerisi, cinsiyetten bağımsız olup tamamen sunulan eğitim programının niteliği, pratik yapma sıklığı ve akademik donanım ile şekillenmektedir.
- **CAD Kütüphanesi Okuryazarlığı:** Standart endüstriyel bileşenlerin tasarıma entegrasyonu sürecinde, mesleki bilgi düzeyi yüksek olan öğrencilerin hem online (bulut tabanlı) hem de offline (yerel sunucu) kütüphanelerde doğru teknik terminolojiyle arama yaparak zamanı çok daha verimli yönettikleri tespit edilmiştir. Teknik terminoloji eksikliği, öğrencilerin online veri tabanlarında kaybolmasına ve operasyonel kayıplar yaşamasına neden olmaktadır.
- **Açık Kaynak Kodlu Yazılımların Sürdürülebilirliği:** Ticari CAD yazılımlarının yüksek lisans maliyetleri ve mezuniyet sonrası lisans erişiminin kesilmesi, öğrencilerin kişisel gelişiminde kronik bir engel teşkil etmektedir. Eğitim programlarında FreeCAD gibi açık kaynak kodlu ve platform bağımsız yazılımların kullanılması, hem kurumsal maliyetleri sıfırlamakta hem de öğrencilere yaşam boyu kesintisiz pratik yapma ve kendini geliştirme imkânı sunmaktadır.

2. Öneriler

Eğitim kurumlarında verilen bilgisayar destekli çizim ve tasarım derslerinin endüstrinin güncel beklentileriyle tam uyumlu hale getirilmesi ve etkinliğinin artırılması amacıyla şu yapısal öneriler sunulmaktadır:

1. **Uygulama ve Proje Tabanlı Entegrasyon:** Teknik çizim müfredatları, sadece soyut geometrik şekillerin çizilmesinden çıkarılmalı; kalıp tasarımı, makine elemanları ve imalat teknolojileri gibi diğer mesleki derslerle entegre, tersine mühendislik uygulamalarını ve gerçek sanayi projelerini içeren bir yapıya kavuşturulmalıdır.
2. **Açık Kaynak Kodlu CAD Müfredatlarının Yaygınlaştırılması:** Yükseköğretim kurumlarında, ticari yazılımlara bağımlılığı azaltmak ve eğitimde fırsat eşitliğini sağlamak adına FreeCAD tabanlı modüller (katı modelleme, evrensel mafsallı montajı, teknik resim oluşturma) müfredata dahil edilmeli ve desteklenmelidir.
3. **Standart Parça ve Veri Tabanı Eğitimi:** Öğrencilere endüstriyel tasarım süreçlerinde zaman yönetimini öğretmek amacıyla, uluslararası parça standartları (ISO, DIN, ANSI vb.) ve online/offline CAD kütüphanesi arama-filtreleme stratejileri ders içeriğinde müstakil birer konu olarak işlenmelidir.

4. **Sürekli Laboratuvar ve Altyapı Güncellemesi:** CAD laboratuvarları, öğrencilerin eş zamanlı olarak hem ticari hem de açık kaynaklı alternatif yazılımları deneyimleyebileceği, farklı işletim sistemlerinde (Windows, Linux vb.) esnek çalışabilen güncel dijital altyapılarla desteklenmelidir.

3. Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Teknik programlarda çizim eğitiminin etkinliğini ve endüstriyel dönüşüme uyumunu daha geniş bir perspektiften incelemek adına, gelecek araştırmalarda şu konuların çalışılması önerilmektedir:

Farklı Örneklem Grupları ve Karşılaştırmalı Analizler: Bu çalışma belirli bir mühendislik disiplini ve ön lisans/lisans grubu üzerinde yoğunlaşmıştır. Gelecek çalışmalarda, farklı üniversitelerin Makine, İnşaat, Mimarlık ve Mekatronik gibi farklı bölümlerindeki öğrencilerin CAD performansları, çok merkezli ve daha geniş katılımlı (büyük veri örneklemli) nicel araştırmalarla karşılaştırılmalıdır.

Açık Kaynak Kodlu Yazılımların Performans Analizi: Müfredata entegrasyonu önerilen FreeCAD gibi açık kaynak kodlu yazılımları kullanan öğrenci grupları ile SolidWorks veya CATIA gibi ticari yazılımları kullanan grupların çizim tamamlama süreleri, hata oranları ve zihinsel modelleme hızları deneysel (kontrol ve deney grubu tasarımları ile) olarak kıyaslanmalıdır.

Yapay Zekâ ve Üretken Tasarım (Generative Design) Entegrasyonu: Günümüzde CAD dünyası, yapay zekâ destekli optimizasyon ve üretken tasarım algoritmalarına doğru evrilmektedir. Gelecek çalışmalarda, teknik çizim derslerine yapay zekâ araçlarının entegrasyonunun öğrencilerin problem çözme hızına ve inovatif tasarım geliştirme yetilerine etkisi incelenmelidir.

Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR) Teknolojileri: Öğrencilerin üç boyutlu düşünme ve zihinsel modelleme becerilerini daha da geliştirmek amacıyla, iki boyutlu teknik resimlerin VR veya AR gözlükleri aracılığıyla zihinde canlandırılmasına yönelik yeni eğitim teknolojilerinin etkinliği ve öğrenme eğrileri üzerine boylamsal çalışmalar yapılmalıdır.

Endüstriyel Memnuniyet ve Mezun Takip Çalışmaları: Eğitim programlarındaki çizim derslerinin içeriğinin doğrulanması adına, mezun öğrencilerin iş hayatındaki ilk 5 yıllık performansları ve işverenlerin bu mezunların CAD/tasarım becerilerinden memnuniyet düzeyleri anket ve mülakat yöntemleriyle nitel olarak araştırılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Balan, L., Timber, Y., & Mehrtash, M. (2019). Problem-based learning strategy for CAD software using free-choice and open-ended group projects. *Procedia Manufacturing*, 50, 430-435.
- Chen, X., Zhang, Y., & Liu, J. (2019). Analyzing the cognitive differences in spatial visualization and CAD tasks based on gender and engineering background. *Journal of Engineering Education*, 108(2), 215-231.
- Costley, J., & Lange, C. (2017). The effects of computer-aided design training on the academic performance of engineering students in manufacturing courses. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(4), 611-625.
- Di Angelo, L., Di Stefano, P., & Marzola, A. (2016). Open-source CAD software in higher education: A comparative analysis of features and usability. *Computer-Aided Design and Applications*, 13(5), 682-691.
- Karagöz, İ. (2021). Mühendislik öğrencilerinin teknik çizim sürelerinin farklılaşmasına sebep olan faktörler üzerine keşifsel bir araştırma. *International Journal of Advanced Engineering and Pure Sciences*, 33(3), 444-454. <https://doi.org/10.7240/jeps.878723>
- Kim, K. Y., Manley, D. G., & Yang, H. (2007). Ontology-based assembly design features for managing product configuration management. *Computer-Aided Design*, 39(11), 930-942.
- Liu, Z., Wang, J., & Product, L. (2014). The impact of 3D CAD modeling paradigms on drawing cycle time and error rates in mechanical design education. *Journal of Mechanical Design*, 136(8), 081004.

- Lupinetti, F., Giannini, F., & Monti, M. (2019). Identification of functional components in CAD assemblies to support design reuse. *Computer-Aided Design*, 114, 151-163.
- Muraleedharan, A., Shah, J., & Regli, W. (2019). Benchmark and evaluation of standard component retrieval algorithms in global CAD libraries. *Advanced Engineering Informatics*, 42, 100962.
- Robertson, D., & Allen, T. J. (1991). *CAD system use and engineering performance in mechanical design* (Working Paper). Massachusetts Institute of Technology, Sloan School of Management.
- Selçuk, F. A., & Zengin, A. T. (2021). Bilgisayar destekli teknik tasarım dersleri için açık kaynak kodlu müfredat önerisi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 26-29. <https://doi.org/10.47769/izufbed.876248>