Türk İnşaat Sektöründe 4 Boyutlu (4D) Modellemenin Uygulanabilirliği

Murat Kuruoğlu[1], Emre Gökyiğit[2], Merve Köse[2]

[1] İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Öğr. Gör. Dr., İstanbul

[2] İstanbul Teknik Üniversitesi, Yapı İşletmesi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul

kuruoglu@itu.edu.tr, gokyigit@itu.edu.tr, kosemer@itu.edu.tr

Özet: Geleneksel proje planlama ve programlama yazılımları bugüne değin proje yöneticilerinin ihtiyacına cevap vermiş, ancak inşaat sektörünün gelişimi ve bununla birlikte artan beklentilere karşılık sağlama noktasında yetersiz kalmıştır. Proje yönetim uzmanlarının bu nedenle girmiş olduğu arayış, inşaat proje planlamasında 4. boyut teknolojisine kapı aralamıştır.İnşaat sektörünün yapıları canlandırma talebine cevap veren çeşitli yaklaşımlar vardır. Bunlar üç boyutlu (3D) animasyon, sanal gerçeklik ve dört boyutlu (4D) modellemedir. Son yıllarda inşaat bilişiminde büyük değişimlere yol açan BIM yaklaşımı bu araçların özelliklerini bünyesinde barındırmaktadır. 4D modeli, yapının üç boyutlu (3D) geometrisine dördüncü boyut olan zamanın entegre edilmesiyle oluşturulur. Bir yapının 4D modeli, projenin yapım aşamalarını grafiksel biçimde simüle ederek, proje yöneticisinin inşaat sürecini sanal ve görsel verilerle kavramasını sağlar. Tüm faydalarına rağmen 4D modellemenin ülkemizde yaygın biçimde kullanılmıyor oluşu incelemeye değer bir konudur. 4D'nin Türk inşaat sektöründeki uygulanabilirliğini ele alan anket ve mülakat çalışması neticesinde sektördeki farklı meslek, eğitim, tecrübe, alışkanlık, pozisyon ve firma cinslerine göre farklılık arz eden yönelimler saptanmıştır. 4D teknolojisini uygulama konusunda en az direnç göstererek en yüksek ihtimalle ikna olup uygulamaya koyacak olan profiller belirlenmiş ve 4D'nin ülkemizde yaygınlaşması için yapılması gerekenler sıralanmıştır.

Anahtar Sözcükler: İnşaat, Proje Yönetim, Planlama, İş programı, 3D, 4D, BIM.

Applicability of 4D Modeling in Turkish Construction Industry

Abstract: Traditional project planning and scheduling softwares have responded to the needs of project managers until today – however, the development of the construction industry and with that, providing a response of the growing expectations remained poor. The solution search for project management experts has opened the door to 4 dimension technology for construction project planning. There are various responses for the animation of the structure need in the construction industry. These are three-dimensional (3D) animation, virtual reality , and four-dimensional (4D) modeling . The BIM approach, which helped major changes in construction informatics in recent years incorporates the features of these tools. Considering the wide range of benefits of 4D modeling, the reason why it is not widely used in our country is an issue that that requires attention. The result of the survey and interview studies addressing the applicability of 4D in Turkish construction sector considering different occupations, education, experience, habits, positions and company type identify a different orientation. The minimal resistance during implementation of 4D technology most likely convince and implemented which profiles of individuals on the basis of experienced "20 years and older", " Company owner & General Manager" is designated as a company basis the closest group for 4D has been determined the companies turnover more than "500 Million TL". In order for Turkey to catch up in the 4D construction sector and to save time, money and earn credibility, solutions have been proposed.

Keywords: Construction, Project Management, Scheduling, Planning, 3D, 4D, BIM.

1. Giriş

İnşaat sektörü, her projede tekrar örgütlenmesi gereken tarafların ve gözden geçirilmesi gereken iş kalemlerinin çokluğundan kaynaklı karmaşık yapısı nedeniyle diğer sektörlerden ayrı bir konuma sahiptir. Projelerin başarılı bir şekilde tamamlanması için geliştirilen inşaat proje yönetim disiplini, hedeflere daha rahat erişebilmek için mühendislik ve işletmenin ortak çalışabileceği bir platform olarak ortaya çıkmıştır [1].

Yapının mal sahibinin hayalindeki halinden başlayarak işin tamamlanıp teslim edilmesi ile sonlanan süreç dahilinde süre, maliyet ve kalite kontrolü için hazırlanan prosedürlerin genel adı olan inşaat proje yönetimi, sektörün ülke ekonomisindeki yeri nedeniyle büyük önemi haizdir [2].

Projenin optimal süre ve maliyet koşulları içerisinde, kalite koşullarını yerine getirerek gerçekleştirilebilmesi için tüm taraf ve çalışanların süre, yer, kapasite ve maliyetler açısından iç ve dış sınır koşulları karşısında zamana bağlı olarak koordine edilmesine planlama denir. Planlamanın bir diğer tanımı ise imalatların fiziksel ve tercihi sıra göz önünde tutularak önem sırasına konma işidir [3].

Geleneksel proje planlama ve programlama yazılımları bugüne değin proje yöneticilerinin ihtiyacına cevap vermiş, ancak inşaat sektörünün gelişimi ve bununla birlikte artan beklentilere karşılık sağlama noktasında yetersiz kalmıştır. Proje yönetim uzmanlarının bu nedenle girmiş olduğu arayış, inşaat proje planlamasında 4. boyut teknolojisine kapı aralamıştır.

2. 4D Hakkında

İnşaat sektörünün yapıları canlandırma talebine cevap veren çeşitli yaklaşımlar vardır. Bunlar üç boyutlu (3D) animasyon, sanal gerçeklik ve dört boyutlu (4D) modellemedir. Son yıllarda inşaat bilişiminde büyük değişimlere yol açan BIM yaklaşımı bu araçların özelliklerini bünyesinde barındırmaktadır [4].

4D CAD (Computer Aided Design) modeli, yapının üç boyutlu (3D) geometrisine dördüncü boyut olan zamanın entegre edilmesiyle oluşturulur. 4D modelde bulunan yapı bileşenleri, 3 boyutlu şekillerini tarif eden geometrik özelliklere sahiptir. Buna ek olarak, bileşenin inşaat başlangıç ve bitiş tarihlerini gösteren zamansal özellik de bileşene ilave edilmiştir. Bir yapının 4D modeli, projenin yapım aşamalarını grafiksel biçimde simüle ederek, proje yöneticisinin inşaat sürecini sanal ve görsel verilerle kavramasını sağlar [5].

4D modelleme altyapısının bir inşaat firmasına adaptasyonu ve aktif bir şekilde kullanımı süreci belirli aşamalar içerir. Bu aşamalar 4D modellemenin kabulü, tasarım koordinasyonu ve inşaat koordinasyonudur. Donanımsal sistem değerlendirme, kullanılabilirlik çalışmaları ve yönetim planı revizyonu konuların incelenmesinin ardından 4D'nin faydalarına ikna olan firmalar tasarım koordinasyonu neticesinde 3D modeli oluşturur ve inşaat koordinasyonuyla 4D'nin takibini sağlar [6].

4D modellemenin proje yönetim disiplinine sunduğu başlıca katkılar en önemliden en az önemliye sıralanmış şekliyle şunlardır; sağladığı görsellikle planlamayı daha anlaşılabilir kılması, farklı disiplinlere ait tasarımları tek modelde birleştirerek çakışmaları tespit etme imkanı sunması, İnşa edilebilirlik analizi yapma fırsatı sunması, proje katılımcıları arası etkileşimi arttırması, proje üzerinde yapılan değişikliğin sonuca etkisini gösterebilmesi, iş güvenliği tehditlerini önceden belirleme imkanı sunması [7].

Tüm bu faydalarına rağmen 4D modellemenin ülkemizde yaygın biçimde kullanılmıyor

oluşu incelemeye değer bir konudur. 4D'nin uygulanmasının önündeki başlıca engeller en önemliden en az önemliye sıralanmış şekliyle şunlardır; bilgi teknolojileri ve 4D alanında deneyim sahibi eleman eksikliği, modelin oluşturulması ve takibi için gerekli olan zaman ve insan kaynağı, sağlıklı analiz yapabilmek için tasarımda gerekli olan yüksek ayrıntı düzeyi, mevcut planlama (CPM) ve tasarım (2D) yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesi, firmanın organizasyonel iş akış yapısının revize edilmesini gerektirmesi, 4D için gerekli olan eğitim ve yazılım maliyeti [6].

3. Araştırma

4D uygulamaları farklı ülkelerde farklı kabul düzeylerine erişmiştir. Ancak getirdiği tüm faydalara rağmen dünya ölçeğinde beklenen kullanım düzeyini yakalayamamıştır. 4D'nin öncülerinden kabul edilen Stanford Üniversitesi bünyesindeki CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) çatısı altında yapılan bir araştırmada bu durum kabul edilmiş ve 4D'nin yaygın kullanımını engelleyen nedenlerinin araştırılması gerektiği belirtilmiştir [8].

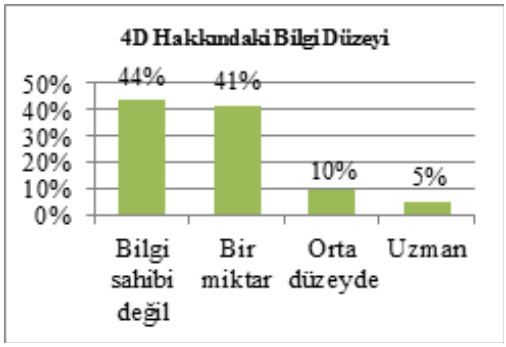
Yapmış olduğumuz bu çalışma, önceden gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde oluşan veri havuzunu sistematik biçimde ele alıp, 4D'nin fayda ve engellerinin kullanıcı gözündeki önem derecesini tespit etme gayesi taşımakla beraber, ortaya konan 112 şahıs katılımlı anket çalışmasıyla, 4D modellemenin geniş kullanım alanına erişebilmesi adına kullanıcı tercihlerini açıklayan verilerin elde edilmesi sağlanarak teşvik edici ve direngen kuvvetlerin ağırlıklarıyla belirlenmesi de hedeflenmiştir.

Fayda ve engel sıralamaları, katılımcıya sunulan 6'şar adet fayda ve engelin önem sıralarına göre dizilimleriyle oluşmuştur. 1-6 arasındaki cetvel içerisinde alınan ağırlıklı ortalama ile her bir fayda ve engel için birer ortalama önem skoru elde edilmiştir. 1'e yakın olmak önem işaretiyken 6'ya yakın olmak söz konusu maddeye az önem verildiğini ifade etmektedir.

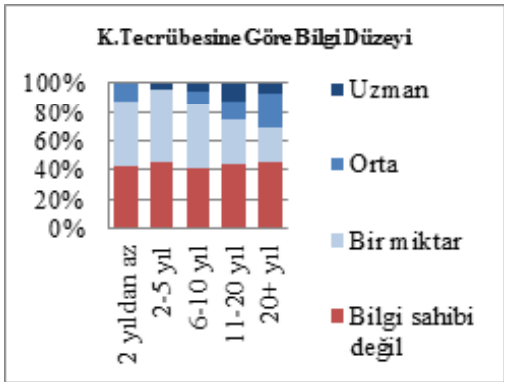
4. Sonuçlar

4.1 Sonuç Bulguları

Araştırma neticesinde Türk inşaat sektörü çalışanlarının önemli bir kısmının 4D hakkında bilgi sahibi olmadığı bulgusuna ulaşılmış ve mevcut durum Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi konu hakkındaki nitelikli bilgi seviyesinin sektör tecrübesine paralel bir şekilde artıyor oluşu teknolojiyle iç içe yetişmiş olan yeni neslin sektöre ilişkin güncel gelişme ve yenilikleri hakkıyla takip etmediğini göstermiştir.



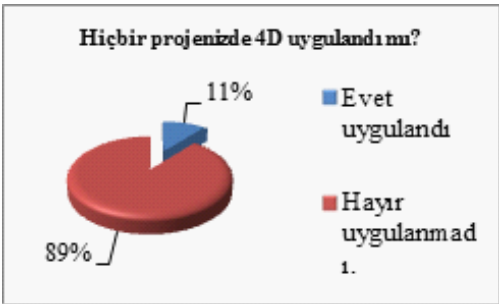
Şekil 1 : 4D hakkındaki bilgi düzeyi



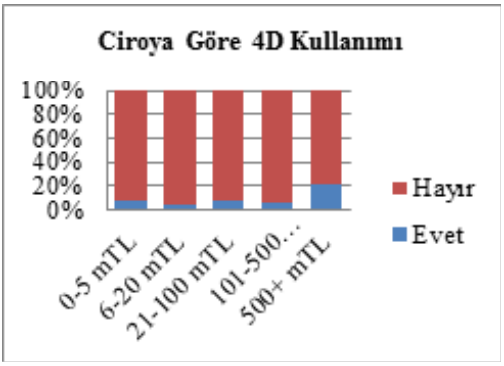
Şekil 2 : Kullanıcı tecrübesine göre bilgi düzeyi

En çok hakediş ve planlama, tasarım ofisi ve teknik ofis çalışanlarının ilgisini çekmekte olan 4D araçlarını şimdiye dek en az bir projesinde kullanmış olan firmaların oranı Şekil 3'te görüldüğü gibi %11'de kalmaktadır. Şekil 4'te en yüksek kullanım oranının 500 milyon

TL üstü cirolu firmalarda oluşundan hareketle Türkiye'de 4D ancak büyük ölçekteki firmaların cesaret edebileceği bir teknoloji olarak görülmektedir. 2 ila 5 yıl arasında tecrübeye sahip firmaların görece yüksek kullanım oranı ise 4D danışmanlığı yapan firmaları işaret etmektedir.



Şekil 3 : 4D Kullanımı

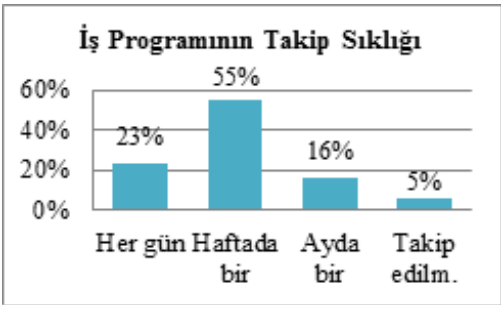


Şekil 4 : Ciroya göre 4D kullanımı

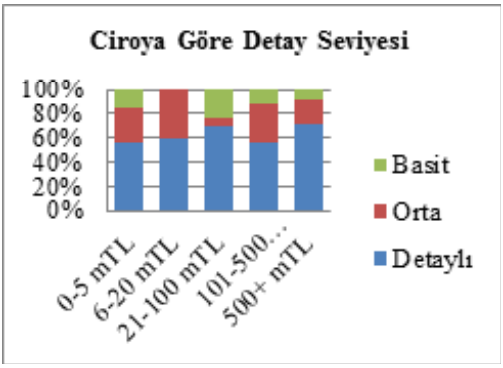
Sonuçlardan hareketle inşaat sektöründe proje yönetim firması ile birlikte çalışma disiplininin yarıya yakın oranda olduğu saptanmıştır. Türkiye'de 4D'nin yaygınlaştırılmasının, neredeyse her ciro grubundan yüklenici firmanın birlikte çalışmayı önemli oranda tercih ettiği proje yönetim firmaları kanalıyla gerçekleştirilebileceği görülmüştür.

Sektörde çoğunlukla tercih edilen iş programı takip sıklığının "haftada bir" olması, başarılı bir 4D uygulaması için gerekli kontrol disiplininin inşaat sektöründe mevcut olduğunu göstermektedir. Bu veri Şekil 6'da gösterilmiştir.

İnşaat firmalarının planlama yaparken oluşturdukları aktivitelerin detay seviyesi 4D uygulaması için yeterli ayrıntı seviyesindedir. Her bir aktivitelerin 3D olarak modellenmesi halinde sağlıklı bir 4D uygulaması gerçekleştirilebilir. Şekil 7'de görüldüğü gibi firmaların çalıştıkları ayrıntı düzeyi cirolarına paralel bir şekilde arttığından 500 milyon TL'den fazla ciroya sahip şirketler bu açıdan 4D'ye daha rahat adapte olma fırsatına sahiptir.



Şekil 6 : İş programı takip sıklığı

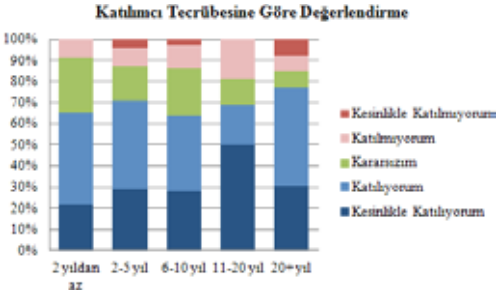


Şekil 7 : Ciroya göre detay seviyesi

Tasarım konusunda firmalar büyük ölçüde 2 boyutu tercih etse de 3 boyutlu tasarım yapan firmaların oranı azımsanmayacak düzeyde olup geçmişe kıyasla artış göstermektedir. 4D'nin uygulanabilmesi için gerekli olan 3D modelleme kültürünün yaygınlaşmasıyla bu teknolojinin de paralel olarak geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşacağı ön görülmüştür.

4D'nin ülkemizde az kullanılıyor oluşu bir eksikliktir. Bu tespit, çalışmaya katılan sektör

mensuplarının artan tecrübelerine paralel şekilde artan katılım oranı ile Şekil 8'de tasdik edilmiştir. Proje yöneticileri ve firma sahipleri, bu eksikliği en fazla hisseden grup olarak öne çıkmıştır.



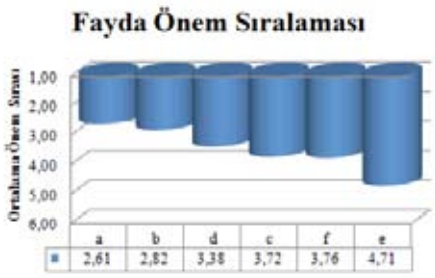
Şekil 8 : 4D'nin Türk inşaat sektöründe az kullanılıyor oluşu bir eksikliktir.

Teknolojik gelişmelerin inşaat projelerine çabuk entegre edilememesinin sektörün doğasından kaynaklandığına dair olan yaygın kanı çalışma sonucuyla tekrardan onansa da aynı sektörün farklı ülkelerdeki uygulamalarına bakıldığında bu iddia geçerliliğini kaybetmektedir.

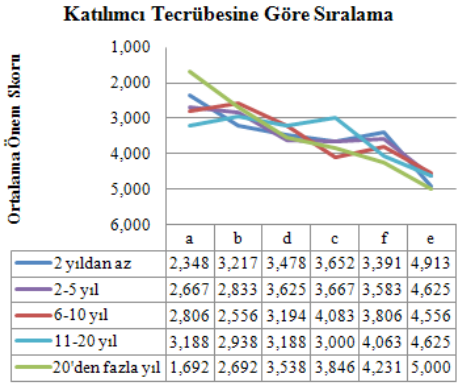
Türk inşaat sektörünün teknolojik gelişmelere karşı muhafazakar tutumunu farklı dönemlerde farklı kimlik göstermiş olan kültür kavramıyla açıklamak ise çözümsüzlüğü beraberinde getirmektedir. Sektördeki çalışma şartlarının düzeltilerek planlamaya verilen önemin arttırılması ve 4D'nin iyi anlatılarak faydaları konusunda sektörün ikna edilmesi halinde bu teknolojinin gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de yaygın bir biçimde kullanılacağı düşünülmektedir.

Her değişimin zor olduğunu ve alışkanlıklara yapılan her müdahalenin bir korkuya neden olacağı gerçeği unutulmamalıdır. Değişime karşı ortaya konan direnç negatif bir unsur olarak değerlendirilmemeli, karşı tarafın teknolojiyi daha iyi kavraması ve eksik yönleri hakkında geri besleme sağlaması için bir fırsat olarak görülmelidir. 4D ürün temsilcilerinin muhatap oldukları firmaların ölçeklerine göre farklı değişim stratejileri izlemeleri gerekmektedir.

Sektörün tercihleri neticesinde 4D'nin planlamayı daha anlaşılabilir kılması (a) ve çakışmaları önleyen fonksiyonu (b) 4D'nin en önemli faydaları olarak öne çıkarmıştır. Farklı meslek, eğitim, tecrübe, alışkanlık, pozisyon ve firma cinslerine göre farklılık arz eden bu öncelik sıralamaları sayesinde her bir grubun 4D konusundaki zihin haritası çıkarılarak, 4D ürünü tanıtımı için kimle muhatap olurken hangi noktalara odaklanacakları konusunda veri sağlanmıştır. İnşa edilebilirlik (d) ve değişim yönetimi (f) gibi fonksiyonlar 4D'nin yan faydaları olarak değerlendirilirken, en az önem gören fayda 4D'nin iş güvenliğine sunacağı katkılar (e) olmuştur. Genel sıralama Şekil 9'de verilirken sektör tecrübesine göre yapılan analiz Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 9 : Fayda önem sıralaması

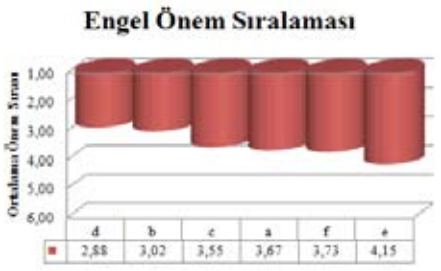


	a	b	d	c	f	e
2 yıldan az	2,348	3,217	3,478	3,652	3,391	4,913
2-5 yıl	2,667	2,833	3,625	3,667	3,583	4,625
6-10 yıl	2,806	2,556	3,194	4,083	3,806	4,556
11-20 yıl	3,188	2,938	3,188	3,000	4,063	4,625
20'den fazla yıl	1,692	2,692	3,538	3,846	4,231	5,000

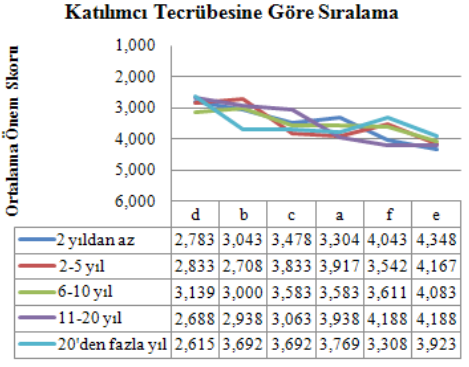
Şekil 10 : Katılımcı tecrübesine göre f ayda önem sıralaması

4D'nin daha yaygın bir şekilde kullanımını hedefleyen çalışmamızda sektörün beklentile-

riyle birlikte çekinceleri de dikkate alınmıştır. 4D'nin geniş ölçekte kullanılır olmayışının altında yatan sebepler ve bu teknolojinin önündeki engellerden en ciddileri; konu hakkında deneyim ve bilgi sahibi eleman eksikliği (d) ile modelin oluşturulması ve takip edilmesi için gerekli olan zaman ve insan kaynağı (b) olarak öne çıkmıştır. Şirketler hem nitelikli eleman eksikliğinden yakınmış hem de böyle bir iş için gerekli olan zaman ve insan kaynağı ihtiyacını bir engel olarak görmüştür. Genel sıralama Şekil 11'da verilirken sektör tecrübesine göre yapılan analiz Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 11 : Engel önem sıralaması



	d	b	c	a	f	e
2 yıldan az	2,783	3,043	3,478	3,304	4,043	4,348
2-5 yıl	2,833	2,708	3,833	3,917	3,542	4,167
6-10 yıl	3,139	3,000	3,583	3,583	3,611	4,083
11-20 yıl	2,688	2,938	3,063	3,938	4,188	4,188
20'den fazla yıl	2,615	3,692	3,692	3,769	3,308	3,923

Şekil 12 : Katılımcı tecrübesine göre engel önem sıralaması

Sağlıklı analiz yapmak için tasarımda gerekli olan yüksek ayrıntı düzeyi (c), firmanın organizasyonel iş akış yapısının değiştirilmesi (a), mevcut planlama ve tasarım yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesi (f) birbirlerine yakın önem seviyesinde engeller olarak belirlenmiştir. Sektör eğilimleri gösterdiği üzere 4D'nin neden olacağı yazılım ve eğitim maliyetleri (e) teferruat sayılabilecek ölçüde önemsiz kabul edilmiştir.

4.2 Uygun profiller

4D teknolojisini uygulama konusunda en az direnç göstererek en yüksek ihtimalle ikna olup uygulamaya koyacak olan profiller aşağıda verilmiştir.

20 yıl ve üstü tecrübeliler grubu;

- 4D hakkında en nitelikli bilgiye sahip olan grup,
- 4D'nin ülkemizde az uygulanıyor oluşunun bir eksiklik olduğu fikrine en yüksek oranda katılan grup,
- 4D'nin gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline geleceği fikrine en yüksek oranda katılan grup.
- 4D'nin faydaları arasında "planlamayı görselleştirerek daha anlaşılabilir kılma" seçeneğine en yüksek ortalama önem skorunu veren grup

olmuştur.

Tüm olumlu verilere rağmen 20 yıl ve üstü tecrübeliler mevcut planlama ve tasarım yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesinin oluşturduğu engele en yüksek önemi veren grup olmuştur. 11-20 yıl arası grup ise bu konuya en düşük düzeyde önem gösteren gruptur. 4D'nin faydasına inandığı anlaşılan 20 yıl ve üstü tecrübe grubuna teknoloji iyi anlatıldığı ve geleneksel yöntemlerle arasındaki verim farkı başarıyla aktarıldığında ikna olup uygulamayı kabul etme ihtimali en yüksek olan grup olduğu söylenebilir.

Pozisyon üzerinden bir profil oluşturulacak olursa, hakediş ve planlama, teknik ofis ve tasarım ofisi çalışanlarının konu hakkında en bilgili gruplar olduğu söylenebilir. Ancak teknolojinin faydasına inanç bağlamında en çok öne çıkan grup firma sahibi & genel yönetici grubu;

- 4D'yi bilmeyenlerinin oranı yüksek olmasına karşın bilenleri en nitelikli bilgiye sahip iki gruptan biri,
- 4D'nin gelecekte herkesin kullanacağı bir araç haline geleceği fikrine en yüksek oranda katılan grup,
- 4D'nin ülkemizde az uygulanıyor oluşunun bir eksiklik olduğu fikrine katılan en yüksek orana sahip 2. grup,
- Mevcut planlama ve tasarım yöntemlerinin yeterli olduğu düşüncesinin sebep olduğu zihni engele en az önem veren 2. grup

olmuştur.

Firma sahibi & genel yöneticiler grubunun ortaya koyduğu bu resim, 4D ürün temsilcisi ve danışmanlarının yukarıdan aşağı değişim metodunu uygulamaları konusunda olumlu sonuç alacaklarına dair ipuçları sunmaktadır. Firma sahibi ve genel yöneticiler 4D'nin gelecekteki başarısına inandıkları gibi mevcut planlama ve tasarım yöntemlerinin yeterli olmadığı düşüncesini paylaşmaktadır.

Şirket bazında öne çıkan 500 milyon TL'den fazla ciroya sahip firmalar grubu;

- İş programında en yüksek detay seviyesini kullanan grup,
- 3D modellemeyi en çok kullanan gruplardan biri,
- 4D modellemeyi en yüksek oranda uygulayan grup,
- 4D'nin yaygınlaştırılması için kamu ihalelerinde zorunlu tutulması fikrine en yüksek oranda katılan grup

olmuştur.

%20 oranında 4D uygulamalarıyla tanışmış olan grup bu teknolojiye en yakın duran ciro grubudur. İş programında tercih edilen yüksek detay seviyesi ve 3D modellemenin şirket bünyesinde kullanılıyor oluşu 4D'ye geçişi kolaylaştıracak etkenler olarak öne çıkmaktadır.

4.3 Öneriler

Türk inşaat sektörünün 4D konusunda gelişmiş ülkelerin gerisinde kalan konumunu iyileştirmek ve bu teknolojiyi yaygın bir şekilde kullanılır hale getirip hem zaman, hem para, hem de itibar kazanmak adına yapılması tavsiye edilen müdahaleler aşağıda sıralanmıştır.

- Üniversitelerin inşaat mühendisliği, mimarlık ve inşaat teknikerliği bölümlerinde verilmekte olan teknik resim derslerinde 3 boyutlu çizime ağırlık verilerek 4D için gerekli olan 3. boyut algısı öğrencilere verilmelidir.
- Üniversitelerin inşaat mühendisliği, mimarlık ve inşaat teknikerliği bölümlerinde, lisans veya lisansüstü programlarda, 4D eğitimleri verilerek bu alandaki donanımlı eleman açığı giderilmelidir.
- Üniversitelerin lisansüstü ve doktora programlarında 4D hakkında yürütülecek tez çalışmalarına hız verilmeli ve yapılacak araştırmaların farklı mevcut 4D teknolojinin iyileştirilmesi üzerine odaklanması gereklidir.
- 4D'nin dar bir çevrede kullanıldığı günümüz Türkiye'sinde, bu teknolojiyi kullanmanın doğuracağı zaman ve insan kaynağı ihtiyacının giderilmesi adına 4D danışmanlık hizmeti veren firmaların desteğini almak tercih edilmelidir.
- 4D ürün temsilcilerinin müşteri tercihlerini iyi analiz edip onlara dostça yaklaşmaları ve değişim metodu konusunda firmaların yapısına göre bir yol izlemeleri gerekmektedir.
- Proje yönetim firmaları müşaviri oldukları firmalara 4D çözümlerini sunabilecek teknik kadrolarını yetiştirmeli ve sahip oldukları stratejik konum gereği proje yönetiminde 4D'ye geçişte rol üstlenmelidir.
- Kamunun ihaleye açtığı projelerde, sağladığı zamansal ve parasal tasarrufları kanıtlanmış olan 4D'nin kullanımı zorunlu kılınarak bu teknolojiye geçiş süreci hızlandırılmalıdır.
- İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) 4D'ye ilişkin seminerler vererek sektör çalışan-

larını ve özellikle de 4D hakkında en az bilgi sahibi olan saha mühendislerini bilgilendirerek konu hakkında bir farkındalık uyandırmalıdır. kullanılabilmesi

5. Kaynaklar

[1] Kuruoğlu, M. (2002). İnşaat Sektöründe Bilgisayar Destekli Planlama, **Çağlayan Kitabevi**, İstanbul.

[2] Kuruoğlu, M. (2007). İnşaat Proje Yönetimi Temel İlkeleri - 1, **İnşaat Mühendisleri Odası**, İstanbul.

[3] Kuruoğlu, M., Özvek, A. (2002). Proje Planlama Çalışmaları Gerekli Mi?, ***TIM-SE Dergisi***, Sayı: 205.

[4] Tsai, M. H., Kang, S. C. ve Hsieh, S. H. (2010). A three-stage framework for introducing a 4D tool in large consulting firms, ***Advance Engineering Inromatics*** *24.*

[5] Fischer, M. ve Kunz, J. (2004). The scope and role of information technology in construction, ***CIFE Technical Report*** *No. 156*, CIFE Stanford University, CA.

[6] Staub-French, S. ve Khanzode, A. (2007). 3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned, ***ITcon*** *12*.

[7] Hartmann, T., Gao, J. ve Fischer, M. (2008). Areas of application for 3D and 4D models on construction projects, *Journal of* ***Construction Engineering and Management****, Vol. 134, No. 10.*

[8] Collier, E. ve Fischer, M. (1995). Four-dimensional modeling in design and construction, ***CIFE Technical Report****, No. 101*, Stanford University, Stanford, CA