

BİNA MALİYETİ TAHMİNİNDE GA DESTEKLİ YSA İLE VTG MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

S. Zeynep Doğan¹, David Arditi² ve H. Murat Günaydın³

SUMMARY

Cost estimates are very useful at the early stages of the design process of a construction project. However, the numerous interactions among the number of cost-variables make the prediction difficult. Two machine learning techniques, artificial neural networks (ANN) and case-based reasoning (CBR) are reported to overcome this difficulty. This paper presents a comparison of the spreadsheet simulations conducted using CBR and ANN augmented by GA. Genetic algorithms (GA) were implemented to determine the optimum model weights for both of the spreadsheet models. The cost data of twenty-nine actual cases of residential building projects were used as an example application. Two different sets of cases were randomly selected from the cost data for testing purposes. Prediction rates of 84% in the GA/CBR study and 89% in the GA/ANN study were obtained. In light of these studies, this paper discusses the advantages and disadvantages of the two approaches. It appears that GA/ANN is a more suitable model for this example of cost estimation, where the prediction of numerical values is required and only a limited number of cases exist. The integration of GA into CBR and ANN in a spreadsheet format may save practitioners a considerable amount of money.

ÖZET

Maliyet tahmini, yapım projesinin tasarım sürecine ait erken evre için çok önemlidir. Fakat, maliyet değişkenleri arasındaki çok çeşitli etkileşimler tahmin yapmayı güçleştirmektedir. Otomatik öğrenme tekniklerinden ikisinin, yapay sinir ağları (YSA) ve vaka tabanlı gerekçeleme (VTG)'nin, bu güçlüğü üstesinden geldiği bilinmektedir. Bu rapor GA ile desteklenmiş hem YSA hem de VTG'nin elektronik tablo simülasyonlarının karşılaştırmasını sunmaktadır. Genetik algoritmalar (GA) her iki elektronik tabloda da optimum model ağırlıklarını belirlemek üzere kullanılmıştır. İnşaa edilmiş yirmi dokuz konut projesine ait maliyet verisi modellerin örnek uygulamasını oluşturmuştur. Aynı maliyet verisinden rastgele seçilen iki ayrı kümeyle test edilen modeller karşılaştırılmıştır. GA/VTG çalışmasında %84, GA/YSA çalışmasında %89 tahmin doğruluğu elde edilmiştir. Bu çalışmaların ışığında, raporda iki yaklaşımın faydalı ve elverişsiz yönleri tartışılmıştır. GA/YSA modelinin, nümerik değerlerin tahminini gerektiren ve kısıtlı sayıda örneği içeren bu maliyet tahmini uygulamasında daha başarılı olduğu görülmüştür. VTG ve YSA'nın elektronik tablo biçiminde kullanımı ve bu şekilde GA ile birleşimi, yapım pratiğinde çalışanların önemli miktarda para tasarrufu etmelerini sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Maliyet tahmini, karar destek sistemleri, tahmin modelleri, vaka tabanlı gerekçeleme, yapay sinir ağları, elektronik tablo simülasyonları, optimizasyon, genetik algoritmalar.

1 Araştırma Görevlisi İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, İzmir.

2 Prof. Dr. Illinois Institute of Technology, Department of Civil and Architectural Engineering, Chicago.

3 Doç. Dr. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, İzmir.

1. GİRİŞ

Maliyet tahmin modelleri bina tasarım sürecinin erken aşamasında karar verebilmek için çok yararlıdır. Tasarımcılar deneyimlerinden ve önceki projelere ait verilerden yararlanarak içgüdülerini ya da çeşitli maliyet tahmin modellerini kullanırlar. Projenin kapsamına ait çok az şeyin bilindiği ilk aşamada maliyet tahmini, maliyet ile projenin temel tasarım değişkenleri arasındaki ilişkiye dayanır. Fakat, maliyeti etkileyen bu çeşitli tasarım değişkenlerinin değişik kombinasyonlarının etkisini değerlendirmek çok zordur ve regresyon analizi gibi geleneksel metodlar kullanıldığında sonuç genelde başarısızlıktır. Konvansiyonel tekniklerin bir diğer önemli elverişsizliği maliyet fonksiyonu için tanımlı bir matematiksel modele gereksinim duymalarıdır. İki yeni otomatik öğrenme tekniği, elimizdeki önceki örneklere ait veriye dayanarak, geleneksel metodların dezavantajlarının üstesinden gelebilmektedir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar YSA ve VTG'nin maliyet tahminindeki potansiyel kullanımını kanıtlamıştır [1, 2, 3, 4].

Bu çalışma YSA ve VTG'nin elektronik tablo halindeki şeffaf simülasyonlarını karşılaştırmaktadır. Üç katmanlı bir yapay sinir ağının Hegazy ve Ayed [2] tarafından yapılan elektronik tablo şeklindeki simülasyonu bu çalışmada maliyet tahmininde kullanılan ilk şablondur. İkincisi Microsoft Excel tabanlı bir VTG yazılımından faydalanılarak geliştirilen bir VTG simülasyon şablonudur [5]. Bu şablonlar elimizdeki maliyet verisinin maliyet tahmin modelinin gelişimine uymak üzere değiştirilmiştir. Daha sonra, geliştirilen modellerin tahmin doğruluğunu arttırabilmek için elektronik tablolarla uyumlu çalışabilecek GA temelli bir diğer yazılım, ağırlıkların optimizasyonunda kullanılmak üzere ortama dahil edilmiştir [6]. Sonuçlar elde edildikten sonra takip eden bölümlerde GA destekli VTG (GA+VTG) ile GA destekli YSA (GA+YSA), konut binalarının birim metrekare maliyetini tahmin etmek üzere yapılan bu iki çalışma göz önüne alınarak karşılaştırılmıştır. Son olarak bunlar ışığında iki modele ilişkin sonuçlar çıkarılmıştır.

2. ÖRNEK DURUM ÇALIŞMASI

Bu yazıda maliyet tahmini için kullanılan örnek veri Türkiyede yapılmış konut binalarının maliyet analizlerini içeren bir araştırma raporuna aittir [7]. Gelişen bir ülke olarak Türkiye, hızlı nüfus artışını ve buna paralel olarak artan konut talebini deneyimlenmektedir. Konut binalarının yapını yapım pazarının %72.8'ini oluşturur [8]. Bu binaların %82'si 4 ile 8 kat arasında değişir ve betonarme strüktürel sisteme sahiptir [8]. Bunlar göz önüne alındığında, strüktürel sistemin maliyeti Türkiye gibi gelişen ülkeler açısından artarak önem kazanan bir konu haline gelir. Bir binanın maliyeti strüktürel sistem, duvarlar, kapılar ve pencereler, mekanik sistem ve bitiş elemanları olmak üzere birçok parçanın maliyetini içerir. Bu parçaların relatif ağırlıkları binaların kullanım ve tipine göre farklı projeler için değişiklikler gösterir [9]; ve maliyet tahmini niteliği yüksek çok disiplinli bir işbirliği gerektirebilir [10]. Bina malzemelerinin konut maliyetinin %60'ını oluşturduğu gözlenmiştir [11]. Ancak, çok katlı betonarme iskeletli konut binaları için temeller dahil olmak üzere strüktürel çerçeve sistemi toplam yapım maliyetinin %25'ini kapsamaktadır [12].

Eğer strüktürel sistem elverişli bir şekilde tasarlanırsa çok katlı konut binalarının toplam maliyeti önemli ölçüde azalabilir. Bu durumda mimarların ve inşaat mühendislerinin strüktürel sistemin tasarım kararlarında optimum özeni göstermeye çalışmaları anlaşılabilir hale gelir. Bu sebeple, konut projelerinde strüktürel sistemin birim maliyetini etkileyen ve belirleyen 8 tasarım faktörü belirlenmiştir. Bu faktörler: 1) binanın toplam alanı, 2) toplam alanın tipik kat alanına oranı, 3) toplam alanın zemin kat alanına oranı, 4) kat sayısı, 5) binanın konsol yönü, 6) binanın çekirdeğinin yeri, 7) binanın döşeme tipi. 8) binanın temel sistemidir. Bu tasarım değişkenleri daha sonra girdi parametreleri olarak iki modelin de çıktı parametresini belirlemek üzere kullanılmıştır. Modellerde çıktı değeri strüktürel sistemin birim maliyetidir. İleriki bölümlerde, iki modelin elimizdeki maliyet tahmini problemi bağlamında faydalı ve elverişsiz yönleri karşılaştırılmıştır. Buna göre varılan sonuçlar sıralanmıştır.

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları son 25 yıldır en popüler olan otomatik öğrenme tekniklerinden biridir. Yapay sinir ağlarının doğasının arkasında yatan temel fikir insan beyninden ilham alınarak geliştirilmiştir. YSA insan beynine iki açıdan benzer: (1) bilgi, öğrenme sürecinin sonucunda bir ağ aracılığıyla kazanılır ve (2) sinaptik ağırlıklar olarak bilinen nöronlar arasındaki bağlantı kuvvetleri bilgiyi depolamak için kullanılır [13]. YSA'lar girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanından oluşur. Girdi katmanındaki nöronlar ağı dışındaki veriyi alır, çıktı katmanındaki nöronlar ağı dışına veri yollar ve gizli katman(lar) ağı içinde kalarak önemli özellik ve alt özelliklere ait bilgiyi çıkarır ve hatırlayarak ağı çıktı değerlerinin tahmin edilmesini sağlar. Konuyla ilgili geniş ve detaylı bilgi birçok kitap ve makalede bulunabilir [14, 15, 16].

4. VAKA TABANLI GEREKÇELEME

Vaka tabanlı gerekçelemeye, elde edilmiş olan tecrübe geçmiş örnek olaylar kümesi şeklinde organize edilir. Bu sebeple VTG sisteminin temeli "örnek olay veri tabanı"dır [17]. Önceden tecrübe edilmiş durumlara ait benzer örnek olaylar örnek olay veri tabanından çağrılarak gelecek problemler, ya da başka bir deyişle, yeni durumlar çözülür [18]. Genelleştirilmiş bilginin bir birimi olan kuraldan farklı olarak örnek olay duruma özeldir [20] ve bu durum hem problemin özelliklerini belirtir hem de çözümünü içerir. VTG ile ilgili daha geniş bilgi birçok makale ve kitapta bulunabilir [20, 21, 22].

5. GENETİK ALGORİTMALAR

Genetik algoritmalar evrim metodunu kullanır. GA'nın arkasındaki teori belli türlere ait nüfusların birçok neslin rastgele evrimi sonucunda buldukları çevreye daha iyi uyum sağlayacakları esasına dayanır. Bundan ötürü GA, önce problem için mümkün olan çözümlerden bir nüfus oluşturur. Daha sonra bu nüfustaki bireyler rastgele üremeye bırakılırlar, buna çaprazlama denir. Çaprazlama en uyumlu döl (problemi en iyi çözebilecek sonuç) üretilene kadar devam eder. Birçok nesil

sonrasında nüfus, optimum çözüm sağlayacak bireylerden oluşan bir topluluk olmaya yakın hale gelir. GA ile ilgili bilgiye birçok kaynaktan ulaşılabilir [23, 24]. Bu çalışmada, ticari bir GA yazılımı, Evolver [6], modelin optimum ağırlıklarını bulmak için kullanılmıştır. Evolver Microsoft Excel'in içinde ek bir araç çubuğu niteliğinde çalışır. Hem YSA hem de VTG Excel simülasyonunda Evolver model ağırlıklarının optimizasyonunda kullanılmıştır. YSA'da ortalama hata minimumuma çekilmek üzere, VTG'de ise referans olayların skorları artırılmak üzere GA çalıştırılmıştır. Bu yöntemle ağırlıkların belirlenmesi doğruluk tahmin oranlarını diğer methodlara göre artırmıştır [4, 25].

6. BİNA MALİYETİ VERİSİNİN MODELLENMESİ

YSA Simülasyon Modelinde: YSA modellenmesine daha şeffaf ve basit bir yaklaşım olarak 3 katmanlı ve bir çıktı düğümlü (nöronlu) YSA, Microsoft Excel'de Hegazy ve Ayed [2]'in modelinden adapte edilerek uygulanmıştır. Girdi katmanındaki düğüm sayısı (yani özellik sayısı) 8, örnek proje sayısı (veri tabanındaki proje sayısı) 29, çıktı katmanındaki düğüm sayısı 1 olarak YSA Excel simülasyonuna girilmiştir. Eğitim kümesi için 21, test kümesi için 8 örnek proje kullanılmıştır. İki kümeye ait ağırlık değerleri 0.5 olarak kullanıldığında ağırlıklı hata % 11, ortalama tahmin doğruluğu % 89 olarak saptanmıştır.

VTG Simülasyon Modelinde: VTG modellenmesine basit şeffaf bir yaklaşım olarak VTG sisteminin elektronik tablo simülasyonu Excel bazlı Induce-It yazılımından faydalanılarak kurulmuştur [5]. Nümerik özelliklerin sayısı 4, sözel özelliklerin sayısı 5, çıktı özelliği 1, örnek proje sayısı (örnek olay veri tabanındaki örnek olay sayısı) 24 ve referans olay sayısı 5 olarak Excel'e girilmiştir. Referans olay kümesindeki tüm olaylara ait ortalama hata % 16, ortalama tahmin doğruluğu % 84 olarak saptanmıştır.

VTG çalışmasında kullanılan GA optimizasyonunda ağırlıkların belirlenmesinde GA'yı kullanmak için, girdi veritabanındaki bir örnek olay çıkarılmış ve "değerlendirme örnek olayı" olarak adlandırılmıştır. Değerlendirme örnek olayıyla kalan diğer örnek olaylar arasındaki özelliklerin benzerlikleri özellik benzerlik denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra örnek olay benzerlikleri "değerlendirme örnek olayı" ve kalan diğer örnek olaylar arasında hesaplanmıştır. Bu çalışmada örnek olay benzerliğinde hükmeden bağlantı girdi örnek olaylarından çıktı değeri değerlendirme örnek olayına en yakın olan örnek olayın örnek olay benzerliği (ÖOB) değerini GA algoritması [6] ile maksimize etmektir (1'e en yakın değere getirmek). Bu çalışmada varsayılan nüfus büyüklüğü 50'dir. Maksimum ÖOB değerini verecek optimum özellik ağırlıklarını bulmak üzere Evolver 15.000 kez çalıştırılmıştır. Bu süreç girdi veri tabanının sahip olduğu örnek olay sayısının büyüklüğüne her seferinde değişik bir örnek olayı "değerlendirme örnek olayı" olarak dışarı çıkarmak suretiyle tekrar edilmiştir. GA tarafından üretilen ağırlıkların ortalaması VTG simülasyonunda girilerek VTG'nin çalıştırılmasında kullanılmıştır.

YSA'da ise girdi katmanından gizli katmana ve gizli katmandan çıktı katmanına bağlanan bağlantıların ağırlıkları ortalama hata değeri minimumuma çekilmeye çalışılarak GA ile optimize edilmiştir.

7. GA+VTG İLE GA+YSA'NIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu çalışma maliyet tahmini yapmak üzere kullanılmış GA destekli iki otomatik öğrenme tekniğini değerlendirmiştir. Bu teknikler doğruluk oranlarıyla karşılaştırılmıştır. Fakat, bu tekniklerin benimsenmesinde daha fazla olmasa bile eşit önem derecesine sahip birtakım diğer özellikler vardır. Aşağıda, bunların karşılaştırılmalı meziyet ve kusurları tartışılmıştır. Hem GA+YSA hem de GA+VTG ile gerçekleştirilen çalışmalar ışığında, beş etkenin modellerin yararlılığının değerlendirilmesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Bunlar, işlem öncesi çaba, yapılandırılabilme, açıklayıcı değer, doğruluk ve gelişme potansiyelidir.

7.1. Verinin Dönüştürülmesinde İşlem Öncesi Çaba

Veri bilgisi, örnek durumlardan ve bunlara ait belirleyici özelliklerden oluşur. İçeriği hem nümerik hem de sözel değer barındırabilir. Verinin, YSA ve VTG sistemlerine girilirken ele alınış yöntemleri farklıdır. YSA sadece nümerik değerleri işleyebilir, ki bu değerlerin de belirli bir aralığa sıkıştırılması gerekir. Nümerik ve sözel değerlerin dönüştürülmesi YSA'nın işlem yöntemine uyum için esastır. Nümerik değerler genelde

$[-1,1]$ aralığına sıkıştırılarak YSA sisteminin matematiksel işlemlerindeki dalgalanmalar önlenmeye çalışılır. Hem VTG hem de YSA sisteminde Excel formatına uyum sağlayabilmek için verinin matrisi şeklinde organize edilmesi gerekir. Ancak, YSA sistemi girdi verisini işleyebilmek ve anlamlı sonuç üretilebilmek için bu işlem sürecine birkaç basamak daha ekler. Bu da elbette verinin organizasyonu için ek bir işlem öncesi çabası getirir. Elektronik tablo simülasyonları ticari paket programlarla karşılaştırıldıklarında şeffaflık avantajını taşıyalar da, kurulmaları sırasında yaşanan önemli zaman kaybını engelleyemezler. Bu nedenle, YSA sistemi büyük veri kümeleriyle çalışırken daha dezavantajlı olabilir. Böyle durumlarda, örnek olayları bir tipten diğer tipe dönüştürmeden orijinal temsil şekilleriyle işleyebilen VTG' yi kullanmak daha kolaydır. Bu kullanım şekli ayrıca bilginin kaybolmasını önlemek açısından da önemli olabilir, öyle ki veriye yapılan değişiklikler öğrenme performansını orijinal veriyle elde edilebilecek seviyeden daha düşük bir seviyeye indirebilir [26]. Bizim çalışmalarımızda, bina maliyet verisi hem nümerik hem de sözel değerlerden oluşmaktaydı. Sözel şekilde ifade edilen özellikler VTG çalışmasında aynen kullanıldı. Ancak bu değerler, YSA çalışmasında sürekli veya ikili şekilde olmak üzere sayısal dönüşümlere tabii tutuldu, ve sayısal veri lineer ölçekleme formülüyle $[-1,1]$ aralığına sıkıştırıldı.

7.2. Elektronik Tablo Biçiminde Yapılandırılabilme

Bu simülasyon çalışması için YSA ve VTG tahmin sistemlerini karşılaştırdığımızda ikinci önemli etkenin yapılandırılabilme, bir diğer deyişle, yararlı sonuçlar verebilecek tahmin sistemlerini kurabilmek için gereken çaba olduğunu görürüz. Bir önceki bölümde bahsettiğimiz verinin dönüştürülmesi için gereken işlem öncesi çabayı göz önüne aldığımızda, VTG'nin nispeten daha az çaba gerektirdiği açıktır. Fakat model kurmak, verinin girilmesi ve dönüştürülmesinden daha karmaşık bir konudur.

YSA modelini kurmak için gizli katmanların, gizli nöronların ve bias sayısının belirlenmesi; öğrenme algoritmasının ve transfer fonksiyonunun seçilmesi gerekir. Halbuki, VTG modelini kurmak için sadece özelliklerin ve olayların benzerliğini hesaplayacak fonksiyonların belirlenmesi yetmektedir. Bu değişkenler analizcinin optimum birleşim ve sonuçları bulmak üzere kullandığı modelleme araçlarıdır. YSA modellemesi üzerine çeşitli kitap setleri yayınlanmış olmasına rağmen, sürecin çoğunlukla bir deneme yanılma yöntemi olduğu konusunda herkes hemfikir. Bu nedenle, yapay sinir ağı mimarisini yapılandırmanın önemli miktarda çaba ve tabii ki belli derecede bir uzmanlık gerektirdiği açıktır. Analizcinin manuel olarak bütün veriyi girdiği, modeli kurduğu, performansını değerlendirdiği ve buna göre optimum modeli elde edene kadar süreci tekrar tekrar yenilediği böyle bir durumda, YSA modelinin analizi tarafından elektronik tablo biçiminde kolayca oluşturulabileceğini söylemek zordur. Bu durum genel olarak YSA sisteminin eğitim sürecinin yüküyle ilişkilidir. Ancak, bu yük elektronik tablo formatında tahammül edilemez bir hale dönüşebilir. Diğer tarafta, VTG tahmin modelini oluşturmak için parametrelerin değişik kombinasyonlarını denemek gerekmez. VTG sistemi sıfırdan tahmin etmediği fakat örnek olay tabanındaki olaylardan birini “yeniden edindiği” yani seçtiği için basit özellik benzerliği ve olay benzerliği formülleri kullanır, ki bu formüller Excel de bir kere yapıp daha sonra kolayca diğer hücrelere kopyalanabilir.

7.3. Maliyet Tahmini için Doğruluk

Sıfırdan tahmin etmemek, örnek olaylar tabanından uyarlamak Excel formatında VTG'nin yapılandırılabilirliğini kolaylaştırır da, sadece kısıtlı sayıda örneğin örnek olay tabanında saklandığı bu çalışma özelinde bir dezavantaj oluşturmuştur. Sonuç olarak, bu çalışmada YSA modeli VTG modelinin küçük örnek olay tabanından “yeniden edindiği” yani seçtiği örneklerin maliyet değerlerinden daha yakın maliyet değerleri üretmeyi başarmıştır. Şu açıktır ki VTG modeli tam verimlilikle çalışmış ve en yakın maliyet değerlerini seçmiş olsaydı dahi, hiç bir zaman örnek olay tabanında var olan en yakın maliyet değerinden daha iyi bir tahmin yapmaya muktedir değildi. Daha yakın tahminler elde etmek üzere en yüksek skor derecelerinden yararlanılarak birçok yöntem uygulanmış olmasına rağmen hiçbiri daha iyi sonuçlar üretmemiştir. Eğer YSA paradigması eldeki veriye (mevcut veri tabanı için) uygun ise YSA modellerinin bir anahtar özelliği, öğrenebilme yetenekleridir ve böylece davranışları eğitim ve tecrübeyle gelişebilir [27]. Bu örnekte YSA bu avantajı sayesinde VTG modelinden daha üstün tahmin sonuçları üretebilmiştir.

7.4. Açıklayıcı (Açıklanabilirlik) Değeri

YSA modelleri insanlar gibi iyi derecede öğrenme yeteneğine sahip olmalarına rağmen, sinir sistemine benzer şekilde yargı değerlerinin yani karar verme yeteneklerinin altında yatan kuralları net açıklanabilir değildir. Bu çalışmada kullanılan şeffaf elektronik tabloların cazip bir tarafı şudur ki analizi tahmin sisteminin kullandığı bütün formül ve bağlantıları açıkça görebilir ve kontrol edebilir. Ancak, YSA sisteminde diğerlerinden farklı dikkate değer bir tahmin, analiziye bir anlamda şaşırtıcı gelirse, üretilen değer için bir rasyonel (temel,

mantık ya da açıklama) oluşturmak daha zordur. YSA'yı sadece ağ mimarisini ve sinir (nöron) ağırlıklarını çalışarak değerlendirmek güçtür. Buna karşılık, VTG'nin bu açıdan bir avantaj sunduğu görülür. YSA'nın geri yayılma öğretisiyle hatayı yeni ağırlıklar üretmek indirgenmesinin aksine, VTG analojiye dayalı tahmin üretir. İlgili özelliklere ağırlıklar atanarak benzerlik değerlendirme yöntemlerinin kullanılmasyla örnek olaylar hedef olaya benzerlik derecelerine göre sıralanır. Hakikaten açıklayıcı değerinin ötesinde bu teknik, analizcinin daha iyi ve etkili tahminler elde edebilmek için katılımını da cesaretlendirir.

7.5. GA'nın Uygulanması Aracılığıyla Gelişme Potansiyelleri

Daha iyi ve etkili tahminler için ağırlıklar çok önemli ayarlanabilir değişkenlerdir, öyle ki bunları Excel ortamında daha serbestçe, gereken amaç doğrultusunda beceriyle kullanabilmek mümkündür. Hem YSA'daki genelleştirilmiş delta kuralıyla hatanın indirgenmesinde hem de VTG'deki olay benzerliği yönteminde, ağırlıklar optimum tahmin sistemini kurmak için ayarlanabilir değişkenlerdir. Bu sebeple, bu modellerin gelişme potansiyelleri ağırlık değerlerine sıkıca bağlıdır. Bahsedilen GA+YSA ve GA+VTG çalışmalarında, ağırlıkların optimizasyonu genetik algoritmalarla yapılmıştır.

İki sistem için model kurma çabası karşılaştırıldığında, VTG'nin YSA'dan üstün olan başlıca özelliğinin VTG sisteminin eğitime gerek duymaması olduğunu söylemiştik [29]. Buna karşılık, GA+VTG çalışmasında, ağırlıkların seçimi benzerlik değerlendirme metodu için önemli bir konudur ve en az YSA modelinin eğitim sürecinin gerektirdiği kadar zaman tüketebilir. YSA'nın GA ile birleştirilmesi bir kez gerçekleştirilen daha basit bir işlemdir. Ancak VTG'de ağırlık üretimi, VTG tekniğinin başarısının çokca bel bağladığı kritik bir konudur. VTG çalışmasındaki belirleyici özelliklerin ağırlıklarının GA optimizasyonu, bu birleşimden en fazla yararı sağlayabilmek için örnek olay tabanındaki her (örnek) olay için bir kere uygulanmıştır.

GA+YSA ile yapılan çalışmada, ağırlıkların GA ile optimizasyonu basit tek yönlü optimizasyon metodundan veya geri yayılma eğitiminden çok daha başarılı olamamıştır [1, 26]. Ancak, VTG ağırlıkları için GA daha fazla alternatif gelişim önerileri sunabilir. GA daha önemsiz özelliklerin etkisini azaltabilir ve verilen sınır değeri eğer 0'dan başlatılırsa önemsiz özelliklerin eliminasyonunu dahi sağlayabilir. Bu da eğer bir özelliğin hiçbir önemi yok ise, GA tarafından kendisine 0 ağırlığı atanabileceği anlamına gelir. Doğan et al. [4] tarafından yapılan çalışma özelinde her özelliğin tahmin doğruluğunu geliştirebileceği ortaya çıkmıştır; bu nedenle sınır değeri 1'e ayarlanmıştır. YSA modeli için de "ilgisiz özellikler" son zamanlarda araştırılan önemli bir problemdir [30]. Ancak henüz, GA'nın YSA ile birleşimi belirleyici özelliklerin seçiminde yardımcı olmak üzere tasarlanmamıştır.

Hangi mekanizmadan yararlanılırsa yararlanılsın şu açıktır ki doğruluk oranı göz önünde tutulan en önemli husus olmasına rağmen, tahmin sistemlerinin doğruluk oranını yalnız başına dikkate almak yeterli değildir. Sistemlerin tutarlılığı (açıklayıcı değeri), sürekliliği (yapılandırılabilirliği ve işlem öncesi çaba) ve gelişmesi de büyük önem taşıyan unsurlardır.

8. SONUÇLAR

GA+VTG ve GA+YSA modelleri, sırasıyla, Doğan et al. [4] ve Doğan et al. [25] tarafından konut projelerinin erken maliyet tahmini için kullanılmıştır. Her iki model de aynı 29 bina projesi verisi kullanılarak geliştirilmiştir. GA+VTG modelinden elde edilen en iyi tahmin oranı % 84 iken, GA+YSA modelinden elde edilen en iyi tahmin oranı % 89 olmuştur. VTG ve YSA modellerini geliştirirken elde ettiğimiz tecrübelerden yararlanarak yaptığımız karşılaştırma şunları ortaya koymaktadır:

- Bu raporda GA+VTG [4] ve GA+YSA'ı [25] karşılaştırmak için kullanılan çalışmalar GA ile desteklenmiş YSA ve VTG modellerinin, desteklenmemiş YSA ve VTG modellerinden daha iyi tahminler yapabileceğini ortaya koymuştur. Ancak, her iki durumda da, Excel simülasyonları model kurma süreci için gereksiz bir yük oluşturmaktadır. Hatta sistemler tasarlandıktan sonra, modellerin daha uzun süreli kullanımına olanak sağlamak için yeni örnek olaylarla güncellenmeleri gerektiğinde, daha da gereksiz bir iş yükü ortaya çıkar çünkü bütün model kurma sürecinin tekrar edilmesi ve her yeni güncellemeyle tekrar test edilmesi gerekir. Bu yüzden otomasyona önemle ihtiyaç vardır. Günümüzde, GA+VTG için henüz ticari bir yazılım geliştirilmemiştir, ancak Jarmulak et al. [30] böyle bir entegrasyon için ReCall [31] isimli VTG yazılımı üzerinde çalışmaktadır. YSA sistemleri için, birtakım yazılımlarda genetik eğitim desteği bulunmaktadır, örneğin NeuroShell [32].
- GA ile desteklenen yeni yazılımların geliştirilmesinden sonra dahi, değişik veri kümeleri için daha çok araştırma yapılması gerekmektedir, çünkü hangi yaklaşımın hangi bilgi alanına ve ne çeşit girdi verisine uygun olduğuna dair açık tavsiyelere ihtiyaç vardır. Bu tip ana hatlar yani kılavuz bilgiler tahmin modeli geliştirenlere çok yardımcı olacaktır.
- Farklı otomatik öğrenme uygulamalarıyla gerçekleştirilen bu çalışmadaki erken evrede maliyet tahmini çabasının diğer tahmin problemleriyle karşılaştırıldığında birçok belirgin özelliği vardır. Öncelikle, veri kümesi nispeten küçüktür. İkinci olarak, tahminlerin genelde analizi için büyük önemi vardır. Bu da, tahmin sistemi ve analizi arasındaki etkileşim, veya işbirliğinin, büyük önem taşıdığı sonucunu getirir. Analizcinin elektronik tablo simülasyonlarından yararlanarak tahmin sürecine katılımına izin vermek iki yararlı etkiye yol açar. Öncelikle, doğruluk oranını iyileştirebilir. Analizcinin ticari yazılımların izin verdiğinin çok ötesinde sisteme ait birçok özelliği manuel bir şekilde kontrol edebilmesi mümkün olduğundan sistem üzerinde kendi aklıyla bir kontrol mekanizması oluşturabilir. İkinci olarak, tahminin güvenilirliğini artırabilir. Bu faktör ayrıca son kullanıcının tahmin sistemlerini reddettiği durumları önlemek için önemlidir.
- Bu raporda binaların strüktürel sistemlerinin erken maliyet tahmini için kullandığımız, GA ile desteklenmiş iki otomatik öğrenme tekniğini karşılaştırdık. Bu teknikler işlem öncesi çaba, doğruluk, açıklayıcı değer, yapılandırılabilirlik ve gelişme potansiyelleri açısından karşılaştırıldı. Tahmin doğruluğu seviyelerindeki farklarının tesbitine rağmen, biz bu tekniklerin benimsenmesinde başka özelliklerinin de etkili olabileceğini savunuyoruz. Analoji ile tahminin açıklayıcı değerinin VTG'ye, analizi ve son kullanıcıyla etkileşimi göz önüne alındığında bir avantaj sağladığını gördük. Ayrıca YSA'nın yapılandırılmasındaki problemlerin doğruluk açısından üstünlüğünü

etkisiz hale getirmeye oldukça meyilli olduğunu saptadık. Bu ön çalışma literatür [33] göz önüne alındığında gösterdi ki kullandığımız otomatik öğrenme teknikleri lokal (durumsal) olarak anlamlıdır fakat genellenebilir değildir. Biz inanıyoruz ki bu otomatik öğrenme tekniklerinin daha fazla araştırılması özellikle hangi durumlarda daha çok etkili olmaya meyilli olduklarını saptamak tahmin modeli kuranlara yol göstermek için çok önemlidir.

KAYNAKLAR

1. Günaydın, H.M. ve Doğan, S.Z. (2004). "A neural network approach for early cost estimation of structural systems of buildings." *International Journal of Project Management*, 22(7), 595-602.
2. Hegazy, T. ve Ayed, A. (1998). "Neural network model for parametric cost estimation of highway projects." *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(3), 210-218.
3. Yau, N.J. ve Yang, J.B. (1998). "Case based reasoning in construction management." *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 13, 143-150.
4. Doğan, S.Z., Arditi, D. ve Günaydın, H.M. (2005). "CBR model for early cost prediction" revizyonunda.
5. Induce-It user manual. (2000). Inductive Solutions, Inc., New York, NY.
6. Evolver 4.0 for Excel reference manual. (1998). Palisade Corp., Newfield, NY.
7. Saner, C., (1993). "4-8 katlı konut yapılarında taşıyıcı sistem maliyetini tahmine yönelik bir yaklaşım önerisi." Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
8. Devlet İstatistik Enstitüsü, 2003 yılı verileri. Web adresi: www.die.gov.tr/english/SONIST/INSAAT/050903g.htm; en son erişim tarihi Ekim 2003.
9. Pulver, H.E. (1989). *Construction estimates and costs*. McGraw-Hill, NY.
10. Kalay, Y.E. (2001). "Enhancing multi-disciplinary collaboration through semantically rich presentation." *Automation in Construction*, 10, 741-755.
11. Olotuah, A.O. (2002). "Recourse to earth for low-cost housing in Nigeria." *Building and Environment*, 37, 123-129.
12. Gould, F.E. ve Joyce, N.E. (2000). *Construction project management*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
13. Haykin, S. (1994). *Neural networks: a comprehensive foundation*. Macmillan, NY.
14. Fausett, L. (1994). *Fundamentals of neural networks*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
15. Rumelhart, D.E., Hinton, G.E. ve Williams, J. R. (1986). "Learning representations by backpropagation errors." *Nature*, 323, 533-536.
16. Doğan, S.Z. and Günaydın, H.M. (2003). "Applications of artificial neural networks and their potential uses for building construction industry: a review" In B. Tuncer, S.S. Ozsariyildiz and S. Sariyildiz (ed.), 9th Europa International Conference on E-Activities and Intelligent Support in Design and the Built Environment, Istanbul, 79-89.

17. Kolodner, J.L. (1993). Case based reasoning. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Mateo, CA.
18. Riesbeck, C.K., ve Schank, R.C. (1989). Inside case-based reasoning. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
19. Gupta, U.G. (1994). "How case-based reasoning solves new problems." *Interfaces*, 24(6), 110-119.
20. Aamodt, A. ve Plaza, E. (1994). "Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches." *AICOM*, 7(1), 39-59.
21. Watson, I., ve Marir, F. (1994). "Case based reasoning: a categorized bibliography." *The Knowledge Engineering Review*, 9(4), web erişimi: <http://www.salford.ac.uk/survey/staff/IWatson/cbrefs.htm>.
22. Stottler, R.H. (1994). "CBR for cost and sales prediction." *AI Expert*, August, 25-3
23. Davis, L. (1991). Handbook of genetic algorithms. Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
24. Beasley, D., Bull, D.R. ve Martin, R.R. (1993). "An overview of genetic algorithms: part I, fundamentals." *University Computing*, 15(2), 58-69.
25. Doğan, S.Z., Arditi, D. ve Günaydın, H.M. (2005). "GA augmented ANN for early cost prediction" (yayınlanmamış çalışma).
26. Reich, Y. (1997). "Machine learning techniques for civil engineering problems." *Microcomputers in Civil Engineering*, 12(4), 295-310.
27. Borrow, H. (1996). "Connectionism and neural networks." *Artificial Intelligence*, M. A. Boden, ed., Academic Press, San Diego, Calif., 135-155.
28. Kasravi, K. (1994). "Understanding knowledge-based CAD/CAM." *Computer-Aided Engineering*, 13(10), 72-78.
29. Shi, J.J. (2000). "Reducing prediction error by transforming input data for neural networks" *Journal of Computing in Civil Engineering*, 14(2), 109-116.
30. Jarmulak, J., Craw, S. ve Rowe, R. (2000). "Genetic algorithms to optimize CBR retrieval." E. Blanzeri and L. Portinale (eds.): *EWCBR 2000*, LNAI 1898, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 136-147.
31. ReCall CBR Toolkit (1993). Alice d'ISoft, Gif-sur-Yvette, France.
32. NeuroShell reference manual. (1997). Ward Systems Group Inc., Frederick, MD.
33. Arditi, D. ve Tokdemir, O.B. (1999). "Comparison of case-based reasoning and artificial neural networks." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 13(3), 162- 169.