

**Üniversite** : **İstanbul Kültür Üniversitesi**  
**Enstitü** : **Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**  
**Anabilim Dalı** : **İnşaat Mühendisliği**  
**Programı** : **Proje Yönetimi**  
**Danışmanı** : **Dr. Öğr. Üyesi Mehmet N. UĞURAL**  
**Tez Türü ve Tarihi** : **Yüksek Lisans – Mayıs 2021**

## ÖZET

### **BULANIK CPM İLE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA: TÜRKİYE İNŞAAT ENDÜSTRİSİNDE BİR VAKA ÇALIŞMASI**

**Güllü DEĞİRMENCİ**

Türkiye ve dünya ekonomisine bakıldığında inşaat sektörünün pazar payının diğer birçok sektöre göre daha fazla olduğu görülmektedir. Firmalar ulusal ve uluslararası arenada bu pazarda var olabilmek için zorlu bir rekabet ortamıyla başa çıkmak zorundadır. Oluşan rekabet ortamı, firmaları gelişen teknolojiyle birlikte projelerinde farklılaşmaya ve kapsam artışına yöneltmiştir. Kapsam artışıyla birlikte daha kompleks projeler ortaya çıkmıştır. İnşaat projelerinde karşılaşılan maliyet-zaman-kalite kısıtları artan kapsamla birlikte daha çok yönetilmeye ihtiyaç duymuştur. Özellikle zaman parametresinin yönetimi, önceden değerlendirilmesi gereken durumların bilinmemesi veya gerçekçi bir yaklaşım sergilenmemesi yönetim sürecini zorlaştırmakta ve firmaların zorlayıcı finansal durumlarla karşılaşmasına neden olmaktadır. Proje yönetimi için mevcutta var olan klasik planlama yöntemlerden yararlanılıyor oluşu yönetim sürecinde bilgi kayıplarına sebep olmaktadır. İnşaat projelerinin, insan gücüne bağlı faaliyetler barındırıyor olması, iş kalemlerinin kesin faaliyet sürelerinin belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu durum faaliyet sürelerinde dolayısıyla da proje tamamlanma süresinde “belirsizlik” olarak tanımlanan kavramı ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda firmalar geliştirebilecek durumları değerlendirebilecekleri planlama yöntemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle proje planlamasında belirsizliğin göz önünde bulundurulduğu yöntemlere olan ilgi artmıştır. Bu yöntemlerden biri olan bulanık küme teorisinin klasik yöntemlere genişletilmesi ve yeni geliştirilen tekniklerle belirsiz durumlarla ilgili daha fazla bilgi sağlanabilmiştir.

1965 yılında Lotfi Aliasker Zadeh tarafından ortaya çıkarılmış olan bulanık küme teorisi, bulanık yani belirsiz durumların sayısal olarak ifade edilebileceği üzerine geliştirilmiştir. Determinist yapının aksine belirsiz yapı korunarak daha fazla bilgi elde edilebileceği görülmüştür. Bu bağlamda bulanık küme teorisi, mevcut olan klasik

CPM ve PERT yöntemlerine genişletilerek bulanık CPM ve bulanık PERT (FCPM ve FPERT) yöntemlerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Bu çalışma; birçok inşaat projesinde tercih edilmekte olan klasik kritik yol metodunun (CPM) örnek bir proje üzerinde bulanık mantık çerçevesinde önerilen iki farklı çözüm algoritmasıyla incelenmesini içermektedir. Çalışma, bulanıklık ile net değer dönüşüme imkân veren yöntemler ve doğrusal programlama (LP) formülasyonuna dayanmaktadır. Yapılan inceleme ve araştırmalar sonucunda, belirsizliğin oldukça fazla olduğu inşaat proje süresinin hesaplanması problemi, çalışma konusu olarak belirlenmiş ve proje süresinin hesaplanması probleminde yer alan belirsizlikler için bulanık mantık ve bulanık küme teorisinden faydalanılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen ve değerlendirilen bulanık yöntemlerle iki farklı çözüm algoritması oluşturulmuştur. Örnek bir inşaat projesinin kritik yolu ve proje süresi, proje faaliyetlerine bulanık süreler verilerek ve doğrusal programlama modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Çözümde ilk olarak klasik çözüm algoritması kullanılarak klasik CPM-LP çözümü yapılmıştır. Daha sonra proje faaliyet süreleri, üçgen bulanık sayılarla temsil edilmiştir. Birinci bulanık çözüm algoritmasıyla bulanık CPM-LP modeli ile bulanık proje süresi ve kritik yolu hesaplanmış sonrasında Yager sıralama yöntemi-LP (Ranking Method) modeli ile bulanık proje süresi ile kritik yolun net değer dönüşümleri yapılmıştır. İkinci bulanık çözüm algoritmasıyla Alfa kesim metodu ( $\alpha$ -Cutting Method) ile bulanık proje süresi ve kritik yolu hesaplanmış sonrasında Alanların merkezi yöntemi (COA- Center of Area) ile durulaştırılarak proje süresi ve kritik yolun net değer dönüşümleri yapılarak net  $\alpha$  kesim aralığı belirlenmiştir. Daha sonra her iki çözüm algoritmasıyla yapılan proje çözümlerinden elde edilen bulanık ve net sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca klasik ve bulanık CPM çözümleri ile yöntemlerin anlaşılması, yöntemler arasındaki benzerlikler ve farklılıkların ortaya konulmuştur. Çalışmanın özgünlüğü incelenen projenin gerçek bir proje olması, kritik yolu ve bitiş süresinin önceden bilinmesi ve kullanılan bulanık yöntemlerin bu inşaat projesinde kıyaslanmasına olanak vermesi ile sağlanmıştır.

Yapılan uygulama çalışması sonucunda önerilen yöntemlerin inşaat projelerinde uygulanabilirliği desteklenmiş, bulanık ve net proje süresi hesaplama yöntemlerine ait yaklaşımlar ortaya koyularak bulanık ve net süre farklılıkları üzerinde durulmuştur. Her iki çözüm algoritmasıyla yapılan analizler neticesinde proje süresinin net bir değerdense bulanık olarak hesaplanmasının proje yönetim sürecinde daha fazla bilgi sağlar nitelikte olduğu görülmüştür. Bulanık proje zaman planlamasında kullanılan bulanık faaliyet süresinin üyelik fonksiyonunun derecesinin proje kritik yolu ve süresini değiştirerek projenin her hangi bir aşamasındaki değişim durumunu ve belirsizliği ortaya koyabileceği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık mantık, İnşaat, Proje yönetimi, Lineer programlama

**University** : **İstanbul Kültür University**  
**Institute** : **Institute Of Graduate Studies**  
**Department** : **Civil Engineering**  
**Programme** : **Project Management**  
**Advisor** : **Assistant Prof. Dr. Mehmet N. UĞURAL**  
**Thesis Type – Date** : **Masters Degree – May 2021**

## **ABSTRACT**

### **FUZZY CPM WITH LINEAR PROGRAMMING: A CASE STUDY IN TURKISH CONSTRUCTION INDUSTRY**

**Güllü DEĞİRMENÇİ**

Considering the market share of the construction sector in Turkey and the world economy appears to be higher than many other sectors. Companies have to cope with a tough competitive environment in order to exist in this market in the national and international arena. The resulting competitive environment has led companies to differentiate and increase their scope in their projects with the developing technology. With the increase in coverage, more complex projects have emerged. Cost-time-quality constraints encountered in construction projects required more management with increasing scope. In particular, time parameter management, ignorance of situations that need to be assessed in advance, or lack of a realistic approach complicate the management process and cause companies to face difficult financial situations. The use of classical planning methods for project management leads to data loss in the management process. The fact that construction projects involve activities dependent on manpower makes it difficult to determine the exact activity periods of the work items. This situation reveals the concept defined as "uncertainty" in the activity periods and therefore in the project completion period. In this context, companies need planning methods that can assess the situations in which they can develop. Thus, there is a growing interest in methods that take into account uncertainty in project planning. More information about uncertain situations has been provided by extending the fuzzy set theory, which is one of these methods, to classical methods and by newly developed techniques.

The fuzzy set theory, which was introduced by Lotfi Aliasker Zadeh in 1965, was developed on the basis that fuzzy states can be expressed numerically. Contrary

to the deterministic structure, it has been observed that more information can be obtained by preserving the uncertain structure. In this context, fuzzy set theory has expanded to the existing classical CPM and PERT methods, leading to the emergence of fuzzy CPM and PERT (FCPM and FPERT) methods.

This study includes the examination of the classical critical path method (CPM), which is preferred in many construction projects, on a sample project with two different solution algorithms proposed within the framework of fuzzy logic. The research is based on methods that allow the conversion of net value to turbidity and the formulation of linear programming (LP). As a result of the investigations and researches, the problem of calculating the duration of the construction project, where the uncertainty is quite high, was determined as the study subject and fuzzy logic and fuzzy set theory were used for the uncertainties in the problem of project duration calculation. Two different solution algorithms were created using fuzzy methods that were examined and evaluated within the scope of the study. The critical path and project duration of a sample construction project were calculated by giving the project activities fuzzy times and using the linear programming model. In the solution, the classical CPM-LP solution was first solved using the classical solution algorithm. Then, project activity periods were represented by triangular fuzzy numbers. The fuzzy project time and critical path were calculated with the fuzzy CPM-LP model with the first fuzzy solution algorithm, and then the net value transformations of the fuzzy project duration and the critical path were made with the Yager sorting method-LP (Ranking Method) model. With the second fuzzy solution algorithm, the fuzzy project time and critical path were calculated with the Alpha cutting method ( $\alpha$ -Cutting Method), and then the net  $\alpha$  cutting range was determined by rinsing the project time and the critical path with the center of the area method (COA). Then the fuzzy and clear results obtained from the project solutions made with both solution algorithms were compared. In addition, understanding of classical and fuzzy CPM solutions and methods, similarities and differences between methods are revealed. The originality of the study has been ensured by the fact that the examined project is a real project, the critical path and the end time are known in advance and the fuzzy methods used allow comparison in this construction project.

As a result of the case study, the applicability of the proposed methods in construction projects was supported, and fuzzy and clear time differences were emphasized by introducing the approaches of the fuzzy and net project time calculation methods. As a result of the analysis made with both solution algorithms, it was seen that the fuzzy calculation of the project duration rather than a net value provides more information in the project management process. It has been determined that the fuzzy activity duration used in fuzzy project scheduling can reveal the change status and uncertainty at any stage of the project by changing the project critical path and duration of the membership function.

**Keywords:** Fuzzy logic, Construction, Project management, Linear programming