

Bulanık Mantık Metodu ile Tekil Yükler Altında İki Açıklıklı Kirişlerin Plastik Göçme Yük Faktörü Değerinin Bulunması

Harun TANYILDIZI*
Salih YAZICIOĞLU**

ÖZ

Bu çalışmada çelik kirişlerin plastik analizi için gerekli olan göçme yük faktörü değeri bulanık mantık yöntemiyle bulunmuştur. Bulanık mantık kontrol sistemi, SIMULINK adlı hazır yayılım programı kullanılarak simule edilmiş ve simulasyonun matematiksel hesaplamaları için MATLAB programı kullanılmıştır. Üyelik fonksiyonlarının seçimi kazanılmış tecrübelerden yararlanılarak belirlenmiştir ve bu üyelik fonksiyonlarının taban değerleri daha hassas bölgelerde yoğunlaştırılarak seçilmiştir. Kural tabanı yine uzman tecrübesi ile oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar klasik yöntemlerle karşılaştırılarak birbirine çok yakın değerler elde edildiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler= Plastik Analiz, Göçme Yük Faktörü, Bulanık Mantık Denetleyici

ABSTRACT

Evaluation of Plastic Collapse Load Factor Value of Two Span Steel Beams Under Concentrated Loads By Fuzzy Logic

In this study, collapse load factor value for plastic collapse of steel beams has been found by fuzzy logic approach. A fuzzy logic control system was simulated by the software SIMULINK. MATLAB was used for its mathematical calculations. A fuzzy logic controller is also placed with in a SIMULINK model. The membership functions were chosen by the experiences gained, and their base values were selected by concentrating on more sensitive regions. Rule base was constituted by an expert experience and the obtained results were compared with the ones calculated by the classical methods and found remarkably close to each other.

Key words= Plastic Analysis, Collapse Load Factor, Fuzzy Logic Controller

Not: Bu yazı

-
- Yayın Kurulu'na 12.01.2005 günü ulaşmıştır.
- 31 Aralık 2006 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Fırat Üniversitesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Elazığ – htanyildizi@firat.edu.tr

** Fırat Üniversitesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Elazığ

1.GİRİŞ

Endüstriyel bir yapının analizi yapılırken her şeyden önce o analizin bir modele gereksinimi vardır. Ancak pratikte bu her zaman mümkün olmayabilir. Analiz içindeki olaylar, matematiksel olarak modellenemeyebilir veya bir model kurulabilse bile, bunun denetleyici tasarımında kullanılması karmaşık problemlere yol açabilir. ‘Bu gibi sorunlarla karşılaşıldığı zaman, genellikle bir uzman kişinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanılma yoluna gidilir’ [1]. Böylece uzman operatör dilsel niteleyiciler olarak bilinen; yüksek biraz yüksek; çok az; biraz azalt; çok azalt gibi; günlük hayatta sıkça kullandığımız kelimeler doğrultusunda bir kontrol metodu geliştirilebilir. ‘Bulanık mantığın temeli bu tür sözlü ifadeler ve bunlar arasındaki mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur’ [2]. Bulanık mantık insan düşünüş yapısına ve dilsel ifadelerine geleneksel mantık sistemlerinden daha çok benzemektedir. ‘Bulanık mantık, uzman bilgilerine dayanan dilsel ifadeler kullanarak hem analiz hem de kontrol işlemi yapmaktadır’ [3]. Bulanık mantıkta model geliştirmek, matematiksel ifadeler gerekmediği için kolaydır. Bu yüzden bulanık mantık lineer olmayan karmaşık sistemlerde kolaylıkla kullanılabilir [4,5,6].

Bulanık mantık ilk olarak 1965 yılında A. Lütfi ZADEH tarafından ortaya atılmıştır. ‘Bulanık mantık son yıllarda kontrol uygulamalarında gittikçe artarak yoğun bir şekilde kullanılmakta ve başarılı sonuçlar alınmaktadır’ [7]. Bulanık mantık kontrol inşaat mühendisliğinde, köprü yapılarında yarı aktif sismik izolasyon kullanılarak ve daha çok deprem mühendisliğine başarıyla uygulanmıştır [8-13]. Ancak literatür araştırmasında çelik çerçevelerin plastik analizine uygulanan sadece bir çalışma bulunmuştur. Bu çalışmada bulanık mantık parametreleri kullanılarak optimizasyon yapılmıştır [14]. Bundan dolayı iki açıklıklı çelik kirişlerin bulanık mantıkla plastik analizinin incelenmesine gerek duyulmuştur. Bulanık mantıkla çelik çerçevelerin plastik analizinde oluşan mekanizmalardaki dönme açılarını bulan bir algoritma geliştirilmiştir. Daha sonra elde edilen açı değerleriyle mekanizmalarda oluşan göçme yük faktörü değerleri MATLAB/SIMULINK ile bulunmuştur.

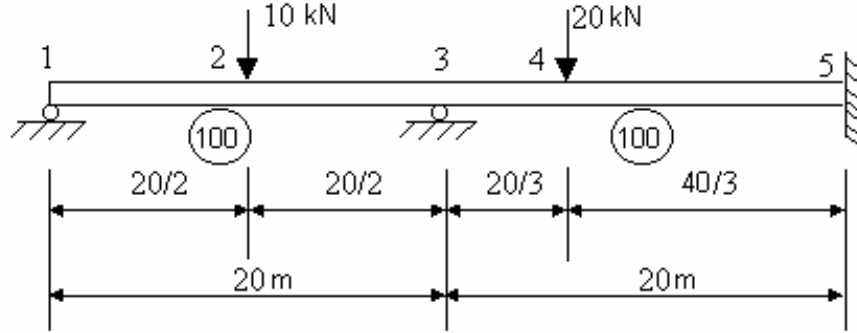
2. ÇELİK YAPILARIN PLASTİK HESABI

Çelik yapıların plastik hesabında 2 tane göçme incelemesi metodu kullanılır. Bu metotlar:

- a. Mekanizma metodu
 - b. Grafik metodu (Alt sınır ve Üst sınır teoremi)
- Bu çalışmada, mekanizma metodu kullanılmıştır [15].

2.1. Plastik Analizde Mekanizma Metodu

Yük sayısının artmasından dolayı mümkün olan göçme mekanizma sayıları da artabilir. Böylece denge moment diyagramı yapmak daha zor olabilir. Plastik analizde mekanizma metodu bu gibi durumlarda kullanılabilir. Uygun mekanizma (üst sınır teoremi) mümkün olan en düşük yük değerini veren sonuçlardan biri olacaktır. Böylece plastik moment durumunun bozulmamasını sağlayan bir göçme mekanizması bulunacaktır. Bu çalışmada Şekil 1 de görülen iki açıklıklı bir kiriş sisteminde göçme yük faktörünü bulanık mantıkla bulmak için bir uygulama yapılmıştır.



Şekil 1. İki açıklıklı kiriş.

- P_1 = 1. açıklıktaki yük değeri
 P_2 = 2. açıklıktaki yük değeri
 $teta1$ = 1 no'lu noktada oluşan açı değeri
 $teta2$ = 3 no'lu noktada 1. açıklıkta oluşan açı değeri
 $teta3$ = 3 no'lu noktada 2. açıklıkta oluşan açı değeri
 $teta4$ = 5 no'lu noktada oluşan açı değeri
 $M_{p_{kiriş1}}$ = 1. açıklık için plastik moment
 $M_{p_{kiriş2}}$ = 2. açıklık için plastik moment
 $Y_{kiriş1}$ = 1. açıklıktaki yükün 1 no'lu noktaya uzaklığı
 $Y_{kiriş2}$ = 2. açıklıktaki yükün 3 no'lu noktaya uzaklığı

Bu yöntemin çözüm sırası aşağıdaki gibidir:

- 1) Mümkün olan plastik mafsalların yeri saptanır (yük etkime noktaları, bağlantılar, kirişe çeşitli noktalardan etkiyen tekil (dış) yükler altında kesme kuvvetinin kiriş (açıklığı) üzerinde sıfır olduğu nokta). Şekil 1'deki kiriş de 1, 2, 3, 4 ve 5 no'lu noktalarda plastik mafsallar oluşacaktır.
- 2) Mümkün olan bağımsız ve birleştirilmiş mekanizmalar seçilir. Bu mekanizmalar:
 - a. Birinci açıklıktaki kiriş mekanizması
 - b. İkinci açıklıktaki kiriş mekanizması
 - c. Birleşik mekanizma
- 3) En düşük yük için denge denklemleri yardımıyla aşağıdaki denklemlerle çözüm yapılır. Bu kirişte kullanılan denklemler;

$$\lambda_{Kiriş1} = (M_{p_{kiriş1}} * (teta1 + teta2) + teta2 * M_{p_{kiriş1}}) / (P_1 * Y_{kiriş1} * teta1) \quad (1)$$

$$\lambda_{Kiriş2} = (M_{p_{kiriş2}} * teta3 + (teta3 + teta4) * M_{p_{kiriş2}} + teta4 * M_{p_{kiriş2}}) / (P_2 * Y_{kiriş2} * teta3) \quad (2)$$

$$\lambda_{Birleşik mekanizma} = Kiriş1 + Kiriş2 \quad (3)$$

- 4) Bütün kesitlerde $M \leq M_p$ olduğu kontrol edilir [16].

3. BULANIK MANTIK

3.1. Bulanık Kümeler ve Çıkarım

Bilindiği üzere, klasik kümelerde bir elemanın bir kümeye ait olup-olmaması, kümenin karakteristik değeri ile açıklanmaktadır (ya hep, ya hiç ilkesi). Karakteristik değer, bir önermeye bağlı olarak, her elemanı $\{0,1\}$ olarak tanımlar ve o elemanın ilgili kümesine ait olup olmamasını açıklar. Yeni küme tanımında ise herhangi bir elemanın ilgili kümeye ait olmasını, $[0,1]$ sürekli aralığında karakteristik değere atanan sayının büyüklüğü ile açıklandığı kümeye bulanık küme denir. Ancak, yeni tanımlı kümeyi belirgin kümelerden ayırmak için belirlenen değere üyelik fonksiyonu denir [2]. X evrensel kümesi olmak üzere, $A \subset X$ 'nin üyelik fonksiyonu μ_A ,

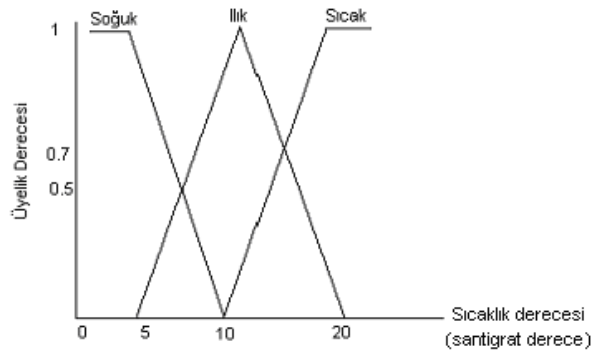
$$\mu_A : X \rightarrow [0,1] \quad (3)$$

şeklinde tanımlıdır. Burada geleneksel kümeden farklı olarak, $\{0,1\}$ kümesi yerine $[0,1]$ sürekli aralığı söz konusudur ve bu aralıktaki değerler üyelik derecesi adını alırlar. Bulanık kümenin üyelik fonksiyonun parametrelerinin değişimi, bulanık kural temeline dayanan modellemelerde büyük önem arz eder.

Bulanık kurallara, sözel ifadelerin modellenmesi olarak da bakılabilir. Dolayısıyla, bir sözel ifade, genel kabul gören biçimiyle, 4' lü bir dizi olarak, $(x, T(x), U, M)$, şeklinde gösterilebilir. Bu dizide x her hangi bir değişken, $T(x)$, x adlarının kümesini; U , x 'in yer aldığı uzay veya evrensel kümeyi; M ise kendi değerini, anlamı ile birleştiren şematik bir kuraldır. Örneğin sıcaklık, bir sözel değişken anlamını veriyorsa onun ad kümesi, $T(x)$, aşağıda olduğu gibi gösterilebilir;

$$T(\text{sıcaklık}) = \{(\text{Çok soğuk}), (\text{soğuk}), (\text{ılık}), (\text{sıcak}), (\text{çok sıcak})\} \quad (4)$$

Burada $T(\text{sıcaklık})$, her terimi, U içinde bir bulanık küme ile temsil edilir. 'sıcaklık' sözcüğüne nicelik anlamı kazandırılması için; örneğin 10°C civarı ılık, 5°C civarı soğuk ve 20°C civarı sıcak kabul edilir ve evrensel küme, $U=[0^{\circ}\text{C}, 20^{\circ}\text{C}]$, olarak ele alındığında, 'bulanık sıcaklık kümesi' Şekil 2'deki gibi gösterilebilir.



Şekil 2. Sıcaklığın bulanık kümesi

Yukarıda verilen bulanık küme teorisine dayanan bulanık çıkarım, uzman-sistem yaklaşımı ile açıklanabilir. Buradan, herhangi bir alanda uzman bir kişinin bilgisinin uygulandığı yöntemlere ‘uzman sistem’ denir. Bir uzman sistemin çalışma prensibi, ‘yaklaşık muhakeme’ bilgisine dayanan şartlı tüm cümlelerdir. Bu tüm cümleler genelde

- Öncül kısım
- Soncul kısım

olmak üzere, yapısal olarak şarta bağlı bir olayın gerçekleşmesine dayanır. Bu klasik olarak aşağıda basit bir örnek üzerinde açıklanabilir.

$$\begin{array}{l} \text{EĞER hava içindeki nem BÜYÜKSE} \\ \text{Hissedilen sıcaklık BÜYÜKTÜR} \end{array} \quad (5)$$

Bu şartlı tümce, bulanık teknik ile tekrar yazılacak olursa

$$\begin{array}{ccc} \text{EĞER } \underline{\text{nem büyük}} & \longrightarrow & \underline{\text{Hissedilen sıcaklık büyük}} \\ \begin{array}{cc} X & A_x \\ \underline{XA_x \text{ 'dir}} & \rightarrow \underline{YB_y \text{ 'dir}} \\ \text{Öncül} & \text{Soncul} \end{array} & & \begin{array}{cc} Y & B_y \end{array} \end{array} \quad (6)$$

olarak verilebilir. Bu ifadeye, ‘MAX-MIN bulanık üretim kuralı’ denir [4]. Teknik olarak, bir sistemin N tane kural ile çalışıyor olması durumunda ise;

$$\{\text{Eğer(öncül) } i_x \text{ ise O ZAMAN (Soncul } i_y \text{ 'dir)}\}_{i=1}^N \quad (7)$$

olarak ifade edilebilir. Genelde öncül ve soncul kısımları iki veya daha fazla boyutlu olabilir. Burada öncül ve soncul kısımları birer bulanık alt küme ve her biri üyelik fonksiyonları ile açıklanır.

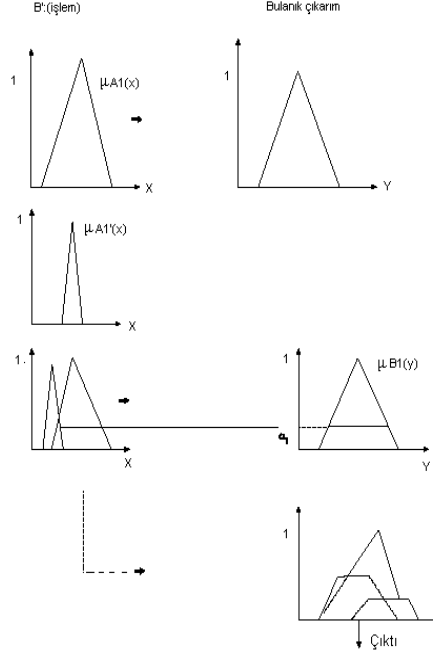
Burada A kuraldaki küme ve A’ gerçek küme olmak üzere, girişlerin ağırlığı oranında, çıkış olabirliği. Toplam alanın ağırlık merkezi de y’dir. Buradan ,

$$B'_i(y) = \int_y y \cdot \mu_{B_i}(y) dy \quad (8)$$

ifadesi, çıktılarının her kural için toplam değeridir. Tüm kuralların ateşlenmesi ile beklenen değer

$$\text{ÇIKTI} = \left(\int_y y \cdot \mu_{B_i}(y) dy \right) \div \left(\int_y \mu_{B_i}(y) dy \right) \quad (9)$$

şeklinde tanımlıdır. Burada, **ÇIKTI**, merkezi ortalama yaklaşımı kullanılarak formüle edilmiştir. Bu formüle edilen **ÇIKTI** ‘nın şematik ifadesi Şekil 3’ de verilmiştir.



Şekil 3. Bulanık çarpım kuralı kullanılarak elde edilen bulanık çıkarım

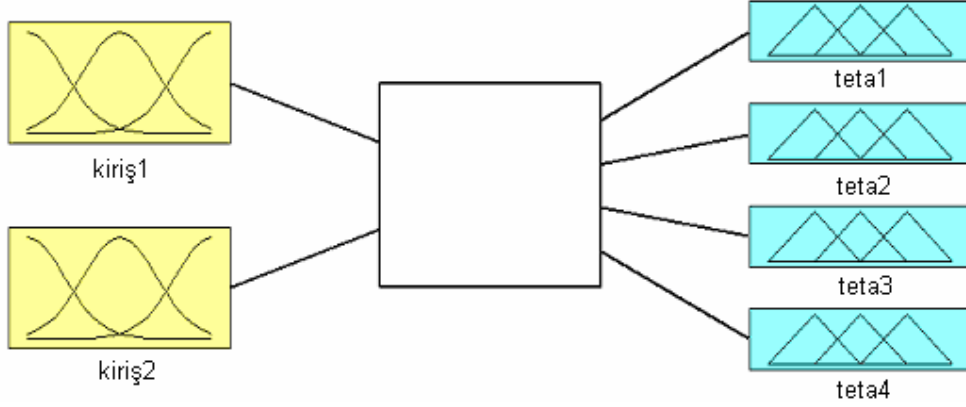
3.2. Tasarlanan bulanık mantık modeli

Bilindiği gibi bulanık mantık kuramı matematiksel modeli belirli olmayan veya çok fazla karmaşık modellere sahip sistemler için kullanılmaktadır. Bu çalışmada bulanık mantık bir giriş sistemine dışarıdan etkiyen kuvvetlerle oluşacak dönme açılarını bulmak için kullanılmıştır. Bu açıların oluşması, her ne kadar direkt olarak kuvvetin yeri ile ilgili olsa da, bu ilişki sağlıklı bir biçimde modellenememektedir. Bu nedenle, burada bulanık bir yapının kullanılması uygun görülmüştür.

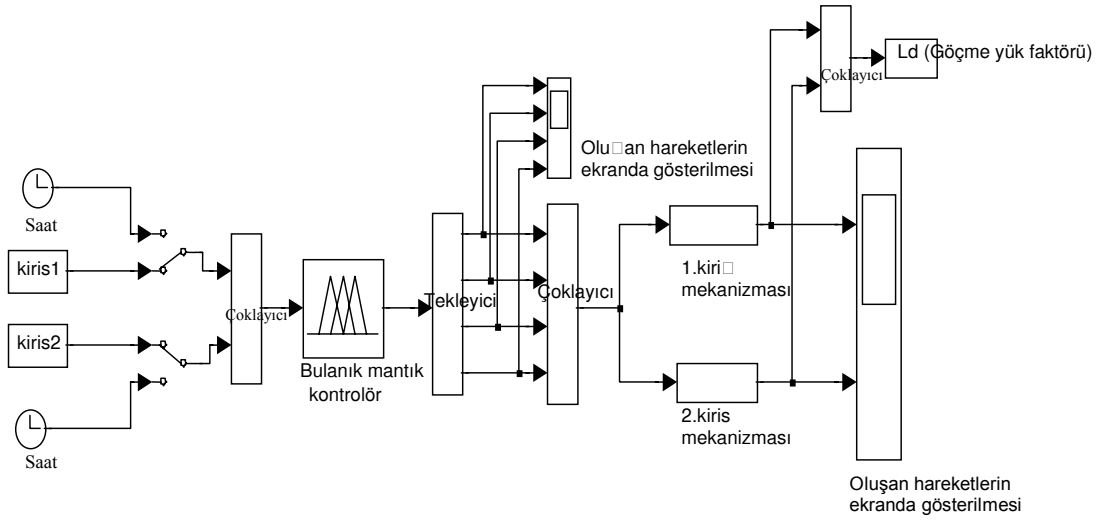
Şekil 1'de verilen iki açıklıklı bir giriş sisteminde göçme yük faktörünü bulmak için geliştirilen algoritma MATLAB/SIMULINK ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de yuvarlak içinde gösterilen değerler girişlerin plastik momentleridir.

Çalışmada bulanık tabanlı bir sistem, plastik moment ile oluşacak göçme yük faktörünü hesaplamak için kullanılmıştır. Şekil 4'de görüldüğü gibi bulanık sistem, uygulanan kuvvetin girişlerdeki mesafelerini giriş bilgileri olarak alıp, çıkışta bu iki açıklıklı giriş mekanizmalarında oluşan açıları hesaplayan bir algoritmadır. Şekil 5'de tüm sistemde kullanılan bulanık tabanlı sistem için blok diyagramı görülmektedir. Şekil 6'da bu örnekte giriş bilgilerini oluşturan 2 adet değişken (kiris1 ve kiris2) için kullanılan üyelik fonksiyonları gösterilmiştir. Şekil 7'de ise çıkış bilgilerini oluşturan 4 adet açı değişkeni (teta1, teta2, teta3 ve teta4) için kullanılan ortak üyelik fonksiyonları verilmiştir. Üyelik fonksiyonlarının seçimi kazanılmış tecrübelerle göre belirlenmiştir ve bu üyelik

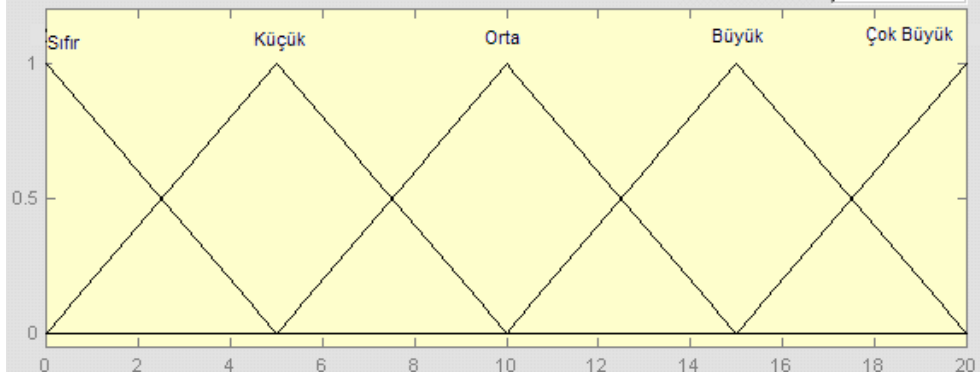
fonksiyonlarının taban değerleri ise daha hassas bölgelerde yoğunlaştırılarak seçilmiştir. Deneme yanılma yolu ile iyi bir sonuç elde edilen taban değerleri alınmıştır. Kural tabanı yine uzman tecrübesi ile oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar oldukça iyi bir performansın yakalandığını göstermiştir.



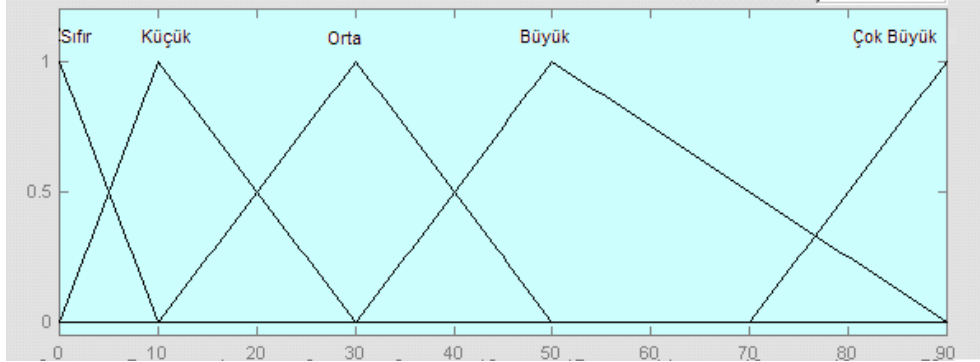
Şekil 4. Bulanık sistemin genel yapısı



Şekil 5. Bulanık tabanlı sistem için blok diyagramı



Şekil 6. Bulanık sistemin giriş değişkeni "kiris1 ve kiris2" üyelik fonksiyonları

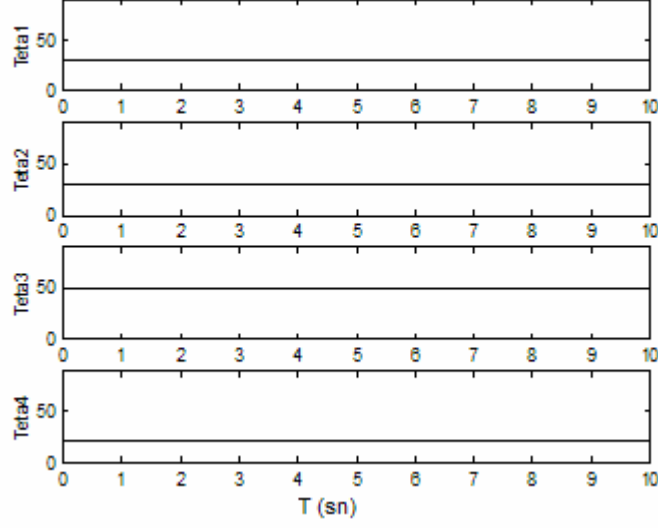


Şekil 7. Bulanık sistemin çıkış değişkenleri "teta1, teta2, teta3 ve teta4" üyelik fonksiyonları

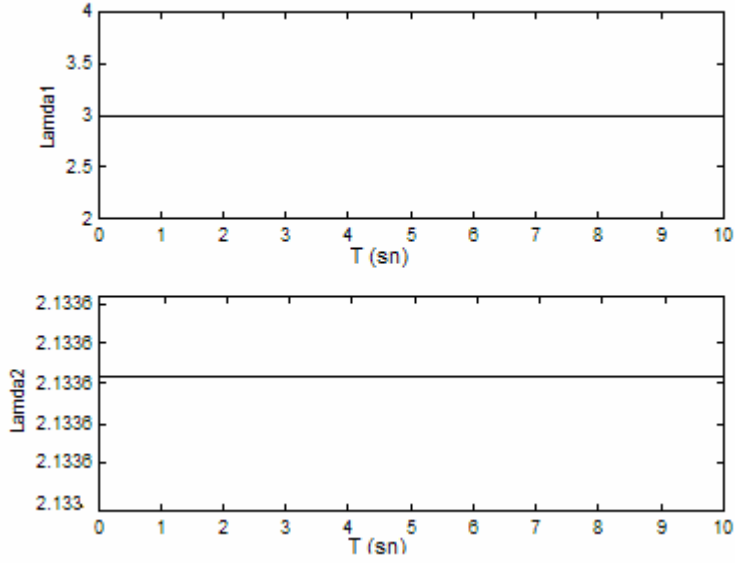
3.3. Simülasyon sonuçları

Bulanık sistemden elde edilen açı değerleri plastik momentle oluşacak göçme yük faktörünün hesaplanmasında kullanılmıştır. Bulanık sistemin amacı, gözönüne alınan mekanizma durumunda kirişlere etkiyen kuvvetlerin yerine bağlı olarak, çıkış bilgileri olarak tanımlanan açı değerlerine (teta1, teta2, teta3 ve teta4) karşı gelen açı (açısal dönme) değerlerinin saptanmasıdır. Daha sonra ise burada oluşacak göçme yük faktörü değeri, bu açı değerlerine göre hesaplanmıştır. Elde edilen bu açı ve göçme yük faktörü değerleri Şekil 8'de verilmiştir. Geliştirilen algoritmayla iki açıklıklı kirişlerde oldukça başarılı sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Bulanık mantıkla elde edilen sonuçlar klasik yöntemle karşılaştırılmış ve birbirine çok yakın değerlerin elde edildiği görülmüştür (Tablo 1).



a) Açıcı değerleri (Derece)



(b) Göçme yük faktörü değerleri

Şekil 8. İki açıklıklı kiriş için açı ve göçme yük faktörü değişimi

Tablo 1. Elde edilen göçme yük faktörü değerlerinin karşılaştırılması

| Göçme yük faktörü | Klasik yöntemle bulunan sonuçlar | Bulanık mantıkla bulunan sonuçlar |
|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Sol kiriş mekanizması | 3 | 3 |
| Sağ kiriş mekanizması | 2,25 | 2,1336 |

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada kirişlerin plastik analizi için mekanizmalarda oluşan dönme açılarını bulanık mantıkla bulan bir algoritma geliştirilmiştir. Klasik yöntemde dönme açılarının değeri, başlangıçta tahmin edilmekte ve ardından bu değere bağlı olarak iç kuvvetlerin yaptığı iş ile dış kuvvetlerin yaptığı iş eşitlenene dek iteratif (ardışık) bir yöntemle göçme yük faktörü değerleri bulunmaktadır. Matematiksel ifadesi oldukça zor olan dönme açıları, tecrübelerden yararlanılarak bulanık mantıkla derece cinsinden bulunmuştur. Yani dönme açıların değeri tahmini olarak değil de, kaç derecelik açı yaptığı bulanık mantıkla bulunmuştur. Üyelik fonksiyonlarının seçimi kazanılmış tecrübelerden yararlanılarak belirlenmiştir ve bu üyelik fonksiyonlarının taban değerleri daha hassas bölgelerde yoğunlaştırılarak seçilmiştir. Kural tabanı yine uzman tecrübesi ile oluşturulmuştur. Bu açı değerleriyle iki açıklıklı bir kiriş sisteminde MATLAB/SIMULINK kullanılarak göçme yük faktörü değerleri bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar klasik yöntemlerle karşılaştırılarak birbirine çok yakın değerler elde edildiği görülmüştür. Böylece geliştirilen algoritmanın oldukça başarılı olduğu ortaya çıkmıştır.

SEMBOLLER

P_1 = 1. açıklıktaki yük değeri
 P_2 = 2. açıklıktaki yük değeri
teta1= 1 no'lu noktada oluşan açı değeri
teta2= 2 no'lu noktada oluşan açı değeri
teta3= 3 no'lu noktada oluşan açı değeri
teta4= 4 no'lu noktada oluşan açı değeri
 $M_{P_{kiriş1}}$ = 1. açıklık için plastik moment
 $M_{P_{kiriş2}}$ = 2. açıklık için plastik moment
 $Y_{kiriş1}$ = 1. açıklıktaki yükün 1 no'lu noktaya uzaklığı
 $Y_{kiriş2}$ = 2. açıklıktaki yükün 3 no'lu noktaya uzaklığı
 λ = Göçme yük faktörü
 μ_A = Üyelik derecesi
 μ = Üyelik derecesi
 $\mu(x)$ = Üyelik fonksiyonu
 x = Temel değişkenin tanımlı olduğu söylem evreni

T(x), x adlarının kümesini
U= x'in yer aldığı uzay veya evrensel kümeyi
M= Kendi değerini, anlamı ile birleştiren şematik bir kuraldır
X= Nem
A_x=Büyük
Y= Hissedilen sıcaklık
B_y= Büyük

Kaynaklar

1. Kaynak, O, Bulanık denetim ve endüstriyel uygulamaları, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi CAD/CAM ve Robotik Bölümü, 1993.
2. Helledorn, H., Thomas, C., Defuzzication in Fuzzy Controllers. Intelligent and Fuzzy Systems, 1, 109-123, 1993.
3. Zadeh, L.A., Information and Control. Academic Press, Vol.8, 338-353, 1965.
4. Zadeh, L.A.: Outline of New Approach to Analysis of Complex Systems and Decision Processes, IEEE Trans. Syst. Man&Cybern, 1973.
5. Mamdani, E.H., Assilian, S., An experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller. International Journal of Machine Studies, 7, 1-13, 1975.
6. Lee, C., Fuzzy Logic in Control Systems Fuzzy Logic Controller, Parts I and II. IEEE Trans. Syst. Man&Cybern, 20, 404-435, 1990.
7. Zadeh, L.A, The role of Fuzzy Logic in the Management of Uncertainty in Expert Systems. Fuzzy Sets and Systems. 11,199-227, 1983.
8. Symans, D.M., Kelly, S.W., Fuzzy Logic Control of Bridge Structures Using Intelligent Semi Active Seismic Isolation Systems. Earthquake Engrg. Struct. Dyn., 28, 37-60, 1999.
9. Reithmeier, E., Leitmann, G., Structural Vibration Control. Journal of the Franklin Institute, 338, 203-223, 2001.
10. Teng, T., Peng, C., Chuang, C., A study on The Application of Fuzzy Theory to Structural Active. Comput. Methods Appl. Mech. Engrg., 189, 439-448, 2000.
11. Forrai, A., Hashimoto, S., Kamiyama, K., Fuzzy Logic Based Vibration Suppression Control of Flexible Structures. Utsunomiya University 7-1-2 Yoto, Utsunomiya-shi, Tochigi-ken, 321-385, 2000.
12. Aldawod, M., Samali, B., Naghdy, F., Kwok, K., Active Control of Along Wind Response of Tall Buildings Using a Fuzzy Controller. Engineering Structures, 23, 1512-1522, 2001.
13. Kitagawa, Y., Miyoshi, T., Tani, A., Mochio, T., Seismic Response Control Tests and Simulations by Fuzzy Optimal Logic of Building Structures. Engineering Structures, 20, 164-175, 1998.
14. Cheng, Y., Hsu, D., Structural optimization with fuzzy parameters. National Cheng University, 917-924, 1989.
15. Wasti, T., Limit Analizi (Yapılar için ğlastik hesap metodu) O. D. T. Ü. Mühendislik Fakültesi, 1968
16. Yaran, T., Plastic Analysis and Design of Braced and Multistory Steel Frames by Microcomputer, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul ,Türkiye , 1992.