

FERMENTASYON ÜRÜNLERİNİN KURUTMA PROSESLERİNİN MODELLENMESİ ve KONTROLU

Mehmet KÖNİ¹ Hasan DİNÇER² Mustafa TÜRKER³ Serhat YILMAZ⁴ Atilla BİR⁵

^{1,2,4}Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Mühendislik Fakültesi, Veziroğlu Kampüsü

Kocaeli Üniversitesi, Eski Gölcük Yolu, Kocaeli

³Pak Gıda Üretim ve Pazarlama A.Ş., Köseköy, Kocaeli

⁵Elektrik Mühendisliği Bölümü

Elektrik-Elektronik Fakültesi

İstanbul Teknik Üniversitesi, 80626, Maslak, İstanbul

¹e-posta: mehmetkoni@ttnet.net.tr

²e-posta: hdincer@kou.edu.tr

³e-posta: mustafat@pakmaya.com.tr

⁴e-posta: serhaty@kou.edu.tr

⁵e-posta: abir@itu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Ekmek Mayası, Saccharomyces cerevisiae, Kurutma, Kesikli Akışkan Yatak, Modelleme, Yapay Sinir Ağı

ÖZET

Fermentasyon ürünlerinin akışkan yatakta kurutulması işlemi çok giriş - çok çıkışlı doğrusal olmayan karmaşık bir süreçtir. Doğru bir süreç işleyişinin tanımlanması ve bu sürecin optimizasyonunun yapılması hem ürün kalitesinin hem de sistem verimliliğinin artmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada endüstriyel boyutlardaki kesikli akışkan yataklı kurutucu ile ekme mayasının, Saccharomyces cerevisiae, kurutma süreci incelenecektir.

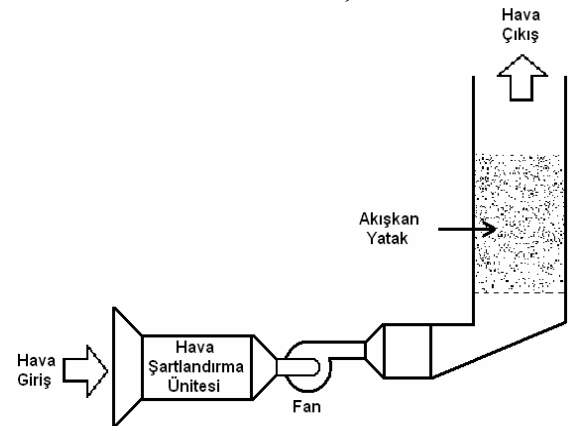
Ekmek mayasının kalitesinin en uygun hale getirilmesi istenmektedir. Bu problemin çözümü için ekme mayasının kesikli akışkan yataklı kurutma prosesi ile modellenmesi, kalite ile proses parametreleri arasındaki ilişkinin maliyet ile birlikte belirlenmesi ve en uygun hale getirilmesi ve en son aşamada ise istenen şartların sağlanması için gerekli olan kontrol yapısının oluşturulması ve uygulanması adımları sırası ile gerçekleştirilmiştir.

Bu bildiride akışkan yatakta ekme mayasının kurutma sürecinin tanımlanması ve modellenmesi anlatılacaktır. Bu kurutma sürecinin kritik giriş parametreleri belirlenmiştir. Sistem tanımlanmasında ise sistemin doğrusal olmayan yapısından dolayı yapay sinir ağından yararlanılmıştır.

1. GİRİŞ

Kurutma prosesi, buharlaştırma yoluyla üründen sıvının uzaklaştırılması olarak tanımlanır. Akışkan yataklı kurutma sürecinde ürünün kurutucu içinde akışkanlaştırılması sağlanarak madde parçacıklarının eşit dağılımı elde edilmekte ve izotermal işlem meydana gelmektedir.

Akışkan yataklı kurutma prosesinin kesikli ve sürekli tipleri için çeşitli matematik modeller geliştirilmiştir. Bu modeller, parçacık ve gaz arası ısı ile kütle aktarımı temelleri üzerine kurulmuşlardır. Parçacık tabanlı modelleme, akışkan yatak içerisindeki ürün parçacıklarının özelliklerine ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple parçacıkların yapısal özellikleri ve boyut dağılımları bilinmelidir. Bunun yanında, yatak yüksekliği, yataktaki parçacık dağılımı ve uzaysal hareketi gibi bileşenlerde de modelleme için hesaba katılmalıdır. Bu sebepten dolayı, kurulan matematik modellerinin kullanılan kurutucuya bağlı olduğu söylenebilir. Çünkü bütün kurutucu tipleri farklı kinetik ve dinamik özellikler taşımaktadırlar.



Şekil 1. Kesikli Akışkan Yataklı Kurutucu Blok Şeması

Sıcaklık ve kurutma zamanı, biyolojik ürünleri en çok etkileyen proses parametreleridir. Bu sebepten dolayı biyolojik ürünler, ısıya duyarlı ve ısıya dayanıklı olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Biyolojik ürünlerin kalitesini, ürünün tipi,

yoğunluğu, kurutma parametreleri, su aktivitesi, pH ve oksijen etkilemektedir.

Akışkan yataklı kurutucuların klasik modelleri, enerji ve kütle dengeliği ile kinetik ve denge kanunlarını temel alır. Denge eşitlikleri, gerçek duruma göre az veya çok bazı sadeleştirmeler ve kabuller yapılarak çözümler. Örneğin; Viswanathan (1986) yatak içindeki sıcaklık ve diğer özelliklerin aynı olduğunu ve yataktaki gazın yatakla termal ve kimyasal dengede olduğunu kabul etmiştir. Ülkü ve Uçkan (1987) kesikli akışkan kurutucuyu eşit dağılım bir sistem gibi modellemişlerdir; kabarcıkları ihmal etmişler ve katı parçacıkların içindeki içsel difüzyon oranının bütün kurutma hızlarındaki adımların kontrol edildiğini varsaymışlardır. Akışkan yatak modellemesinde birçok araştırmacı iki evre teorisini kullanmışlardır [Lai et al., 1986, Donsi and Ferrari, 1992 ve Zadeh et al., 1995]. Bu modellerde gazın yatak içinde iki yolla aktığı ve yatağın iki evreli şekilde olduğu varsayılmıştır: biri yoğun evre olan emülsiyon evresi ve diğeri gaz kabarcıkları tarafından seyreltilmiş evre şeklindedir. Bu iki evre arasında kütle ve ısı transferi olduğu varsayılmıştır. Başka araştırmacılar (Hoebink ve Rietema, 1995) akışkan yataklı kurutucular içindeki transfer olayları, seyreltilmiş evre (kabarcıklar), aralarında boşluklar olan gazlardan oluşan evre ve katı parçacıklar içeren üçüncü evredir (üç evreli model). Bu modellerde bazı şartlar altında geçerli birçok sadeleştirmeler yapılabilir fakat bu durumda çoğu gerçek durumu tarif etmeyebilir [Lai et al., 1986]. Birçok ayrıntılı model (örn. İki ve üç evreli modeller) geniş bir uygulanabilirliğe sahiptir fakat gaz ve katı parçacık özellikleri ve kurutucu geometrileri hakkında çok fazla veri ve parametre bilgisine ihtiyaç duyarlar. Birçok araştırmacı (Zadeh et al., 1995, Panda and Rao, 1993) birçok gerekli parametre için deneysel ve tahmin edilebilen metodları genel olarak tanıtmışlardır. Bununla birlikte bu parametrelerin bir veya daha fazlası bazı özel durumlarda kabaca bilinmekte veya yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir. Ayrıca bazı modellerin matematiksel karmaşıklığı kullanımlarını ve bu modellerin proses kontrol uygulamalarını zorlaştırmaktadır.

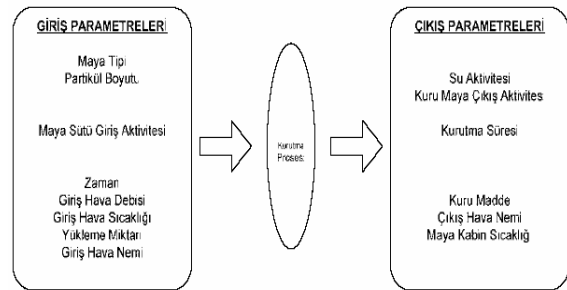
2. MODELLEME YÖNTEMİ ve TERCİH NEDENLERİ

Kurutma fırınları, PC ortamında kurulmuş olan SCADA sistemi ile kontrol edilmektedirler. Her türlü veri toplama, kontrol, grafik gibi işlemler SCADA programı tarafından yapılmaktadır. Hesaplamalar için gerekli olan veriler algılayıcılar yardımı ile anlık olarak sahadan toplanarak SCADA içinde yazılmış bir programda derlenmiştir. Kurutma fırınları kesikli beslemeye uygun donanımlıdır.

Endüstriyel süreçleri tüm yönleriyle değerlendirmek ve geliştirmek için süreçlerini etraflı bir şekilde tanımlamaları gerekir. Bu tanımlama işlemini gerçekleştirmek için sürecin bir modelini oluşturmak gerekir.

Ekmek mayası kalitesini doğrudan etkileyen unsurların en ekonomik şekilde ölçülerek prosesin işleyişi insan faktörünü kullanmadan otomatik şekilde yapılması amaçlanmaktadır. Sistemin bir modeli oluşturularak kurutma prosesinin kontrolü ve sistemin çıkış parametrelerinin öngörülmesi amaçlanmaktadır. Burada ölçülebilen parametrelerden, ölçülemeyen ve belirlenemeyen parametrelerin kestirimi şeklinde bir yaklaşımın uygun olacağı düşünülmektedir. Öngörüsü yapılacak çıkış parametresi kaliteyi doğrudan etkileyen mayanın kuru madde değeridir.

Kurutma proseslerinin klasik yöntemler ve çeşitli yaklaşımlar ile matematiksel modelleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Literatürde bulunan matematiksel modeller (yaklaşımlar, basitleştirmeler ve kabuller nedeni ile) arasındaki benzetim sonuçlarında farklılıklar bulunmaktadır [Ciesielski and Zbicinski, 2001]. Başta bu neden olmak üzere ayrıca zaman ve mühendislik masrafından tasarruf sağlamak amacı ile kurutma prosesinin yapay sinir ağı yardımı ile tanımlanması daha uygun görülmüştür. Yapay sinir ağı (YSA) ile denetim yöntemleri, belirli kabuller yapılmadan modellenmesi oldukça güç olan bu gibi karmaşık sistemlerde, tam ve kesin olmayan bilgiler ışığında oldukça tutarlı sonuçlar elde ettiği için son yıllarda mevcut denetim yöntemlerine tercih edilmeye başlanmıştır (Kosko 1992).



Şekil 2. Ekmek Mayası Kurutma Prosesi Giriş - Çıkış Parametreleri

Akışkan yataklı kurutucunun tipik giriş-çıkış değişkenleri ve yapay sinir ağına uygulanan giriş-çıkış verileri Şekil 2.'de gösterilmiştir.

Yapay sinir ağının aşağıdaki avantajları vardır [Bhat and McAvoy, 1990; Hosking and Himmelblau, 1988]:

- Yapıları göreceli olarak nispeten basittir ve paralel çalışan birçok bağlantı vardır. Bunun anlamı kısa hesaplama zamanı ve potansiyel bir dayanıklılık ve adaptif performanstır.
- Yapay sinir ağlarının doğrusal olmayan dinamikleri ve birçok prosesin karmaşıklığını tanımlayabilecek büyük bir kapasiteleri vardır ve proseslere adapte edilebilirler.
- Bir yapay sinir ağının saha kontrol uygulaması için kolaylıkla tersi alınabilir.

- Yapay sinir ağları gerçek bir sisteme kolaylıkla uygulanabilir ve az maliyetli bilgisayarlar, elektronik kartlar ve tümdevreler ile gerçekleştirilebilir.

3. KURUTMA SÜRECİNİN MODELİ

Yapılacak bu çalışmanın amaçlarını kısaca toparlayacak olursak: doğrusal olmayan kesikli akışkan yataklı kurutma sisteminin bir modelini oluşturmak diğer bir deyişle sistemi tanımlamak. Elde edilecek model yardımı ile sistemin çıkış parametrelerinin öngörülmesi, optimum işletme şartlarının sağlanması ve bu şartları sağlayacak bir kontrol yapısının oluşturulması amaçlanmaktadır.

Kurutma periyodu iki kısımdan oluşmaktadır. I. evre, serbest suyun uzaklaştırıldığı uzun ve kurutma hızının sabit olduğu kurutma evresi olarak adlandırılan kısımdır. Hemen arkasından başlayan, kurutma hızının azaldığı ve kaliteye doğrudan etkileyen nispeten daha kısa süreli olan II. kurutma evresidir. II. kurutma evresinin başlangıç anının tespiti ise bu modellemenin bir parçasıdır.

Sonuçta elde edilmek istenen ana amaç ise optimum işletme şartlarını sağlamaktır. Optimum işletme şartlarından kasıt ise; minimum enerji – maksimum kalitedir. Kurutma prosesinde kullanılan sıcak havanın bir maliyeti vardır. Dolayısıyla maksimum kalite için yola çıkarken minimum enerji kullanımı yani en az giriş havası sıcaklığı ve en az giriş hava debisi sarf edilmesi amaçlanmaktadır.

Bu makalede çalışmanın ilk temel amacı, yapılan hazırlıklar, elde edilen sonuçlar ve sonuca giden yöntem kısaca anlatılmaya çalışılacaktır. Biraz öncede bahsettiğimiz gibi literatürde bulunan çalışmalarda oluşturulan modeller belirli şartlarda çalışmakta ya da işlem kolaylığı için yapılan sadeleştirmeler nedeni ile basit sistemleri tasvir etmekte olup karmaşık süreçlerde çok yetersiz kalmaktadırlar. Bu nedenle sistemimizi tarif edecek literatürdeki modeller prosesin çalışma şartlarının çok geniş olması ve karmaşıklığı nedeniyle yetersiz kalmaktadırlar. Bu modeller ile yapılan denemelerde bu yetersizliği göstermiştir.

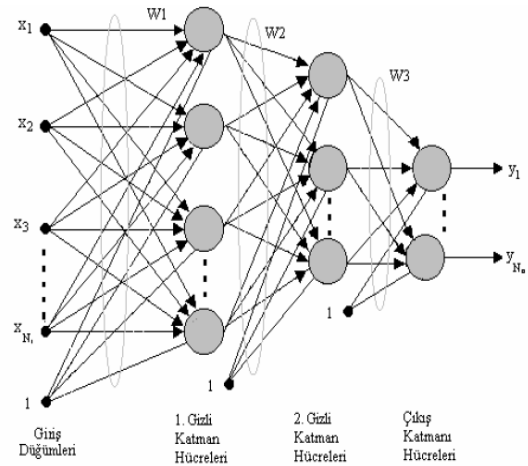
Bhat and McAvoy, 1990 ve Hosking and Himmelblau, 1988 bize söylediği gerekçeler ışığında, karşılaştığımız problemler ve edindiğimiz tecrübeler doğrultusunda sürecimizin yapay sinir ağı ile tanımlamaya çalışmanın en makul yol olduğuna karar verdik.

Basit bir gözle bakıldığında yapay sinir ağı ile modellemenin pek bir zorluğu yoktur. Giriş ve çıkış veri setlerini yapay sinir ağına uyguladığımız basit bir bilgisayar programı ile yapay sinir ağı eğitimini yaparsınız. Fakat elde edilen sonucun en iyi çözüm veya sistemi tanımlayan en genel çözüm olduğunu garanti edemezsiniz. Çok fazla detayına girmeden yapay sinir ağı sistem tanımlaması için proje geliştirirken dikkate alınması gereken temel konular aşağıdaki gibidir.

- Veri Tabanı Boyutu ve Bölümlendirme
- Veri Tabanı Önışlemesi, Dengeleme ve Zenginleştirme
- Veri Normalizasyonu
- Giriş-Çıkış Tanımlaması
- Ağ Ağırlık Değerlerinin İlk Ataması
- Geri Yayılımlı Ağda Öğrenme Oranı
- Geri Yayılımlı Ağda Momentum Katsayısı
- Transfer Fonksiyonu
- Eğitim Durdurma Kriteri
- Eğitim Döngülerinin Sayısı
- Eğitim Modları
- Gizli Katmanın Büyüklüğü

Bu başlıklardan bazıları için standartlar olduğu gibi bir kısmı içinde herhangi bir fikir birliği yoktur. Literatürde herhangi bir fikir birliği olmayanlar için ise çözüm deneme – yanılma yöntemidir. (Bu konular hakkındaki literatür kaynakları [1-25] aşağıda verilmiştir.)

Veri setlerinin tamamı endüstriyel boyutlardaki kurutma fırınlarından elde edilmiştir. Verilerin çok temiz ve hassas çalışan laboratuvar test düzeneklerinden elde edilmediği için gerçek proses ve ölçüm problemleri karşımıza çıkmıştır. Ölçüm cihazlarının belirli proses şartlarına bağlı olarak ölçüm hataları, mayanın cihazların ölçümünü etkilemesi, herbir deney sonunda kalite parametresinin iki-üç saatlik bir off-line analiz ile belirlenirken yapılan hatalar gibi çeşitli sorunlarla karşılaşmıştır. Genel olarak olabilecek bütün hatalar ve problemler nedeni ile veri setleri yapay sinir ağına uygulanmadan önce tutarlılık analizlerinden geçirilmiştir.

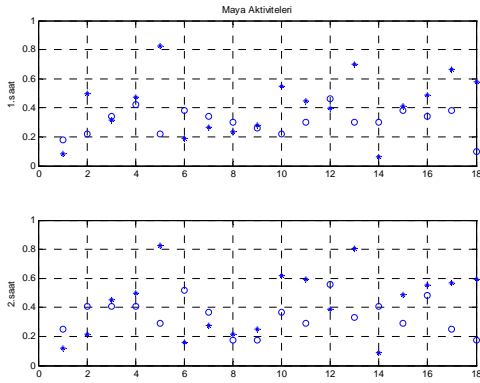


Şekil 3. Sürecimizde Kullanılan İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Yapısı

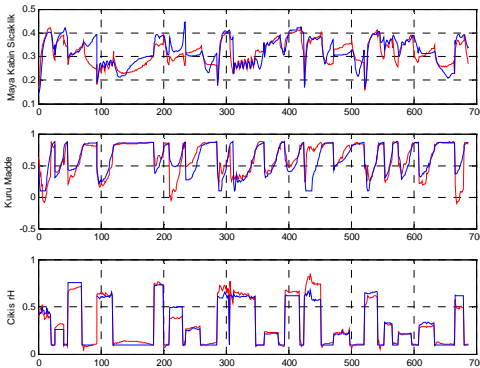
Yapay sinir ağlarının eğitimleri sonucunda hem süreç tanımlamasında hem de kalite kriterlerinin sağlanmasında en iyi çözümü veren yapay sinir ağı parametreleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kesikli Akışkan Yatakta Ekmek Mayası Kurutma Sürecini Tanımlayan en iyi YSA Parametreleri

	Süreç Modeli	Kalite Modeli
Ağ Tipi	Geri Yayılımlı	Geri Yayılımlı
Katman Sayısı	3	3
Giriş-Çıkış Tanımlaması	Giriş: 5 Çıkış: 3	Giriş: 5 Çıkış: 2
Veri Tabanı Boyutu ve Bölümlendirme	%65 Eğitim %35 Test %10 Validasyon	%65 Eğitim %35 Test %10 Validasyon
Ağ Ağırlık Değerleri İlk Ataması	[-0,3 0,3]	[-0,3 0,3]
Eğitim Döngü Sayısı	1500	7500
Eğitim Modu	Yığın	Yığın
Katmandaki Nöron Sayısı	25	28
Eğitim Tipi	LM	LM
Transfer Fonksiyonu	Hiperbolik Tan. Sigmoid	Hiperbolik Tan. Sigmoid
Öğrenme Oranı	Adaptif	Adaptif
Normalizasyon	[0,1 0,9]	[0,1 0,9]
Momentum Katsayısı	Adaptif	Adaptif



Şekil 4. Kalite Modelinin Benzetim Sonuçları (o - Gerçek Veriler, * - Benzetim)



Şekil 5. Süreç Modelinin Benzetim Sonuçları (Mavi - Gerçek Veriler, Kırmızı - Benzetim)

4. SONUÇ

Kesikli akışkan yataklı maya kurutma süreci yapay sinir ağı ile proje geliştirme altında bahsedilen konu başlıkları ile mümkün olan en geniş spektrumda

incelenmiş ve süreç tanımlaması yapılarak optimum yapay sinir ağı yapıları belirlenmiştir. Proses kontrol sistemi üzerinde çalışan SCADA programı yardımı ile yapılan her kurutma sonrası toplanan veriler otomatik olarak oluşturulmuş yapay sinir ağlarına uygulanarak ağın kendini güncellemesi sağlandı.

5. KAYNAKLAR

- [1] Zupan, J., Gasteiger, J., 1993. Neural Networks for Chemists: An Introduction. VCH, New York.
- [2] Zupan, J., Gasteiger, J., 1991. Neural Networks: A New Method for Solving Chemical Problems or just a Passing Phase? Anal. Chim. Acta 248, 1-30.
- [3] Widrow, B., Lehr, M.A., 1990. 30 Years of Adaptive Neural Networks: Preceptron, Madaline and Backpropag. Proc.IEEE 78(9),1415-1442.
- [4] Wythoff, B.J.,1993. Backpropagation Neural Networks: A Tutorial. Chempmetr. Intell. Lab. Syst. 18, 115-155.
- [5] ASCE, 2000. Artificial Neural Networks in Hydrology. I. Preliminary Concepts.J.Hydro.Eng.ASCE 5, 115-123.
- [6] Baum, E., Haussler, D., 1989. What Size Net Gives Valid Generalization? Neural Computation 1, 151-160.
- [7] Bassher, I., 2000. Selection of Methodology for Modeling Hysteresis Behavior of Soils Using Neural Networks. J.Comput.Aided Civil Inf. Eng.5(6),445-463.
- [8] Dowla, F.U., Rogers, L.L., 1995. Solving Problems in Environmental Engineering and Geosciences With Artificial Neural Networks. MIT Press, Cambridge.
- [9] Fu, L., 1995. Neural Networks in Computer Intelligence.McGraw-Hill, New York.
- [10] Han,J.,Moraga,C.,Sinne,S.,1996.Optimization of feedforward neural networks. Eng. Appl. Artif. Intell. 9 (2), 109-119.
- [11] Hassoun, M.H., 1995. Fundamentals of Artificial Neural. MIT Press, Cambridge, MA.
- [12] Haykin, S., 1994. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Macmillan, New York.
- [13] Hecht-Nielsen, R., 1990. Neurocomputing. Addison-Wesley, Reading, MA.
- [14] Henseler, J., 1995. Backpropagation. In: Braspenning, P.J. et al. (Eds.), Artificial Neural Networks, An Introduction to ANN Theory and Practice. Lecture Notes in Computer Science. Springer, NY, pp. 37-66.
- [15] Hertz, J., Krogh, A., Palmer, R.G., 1991. Introduction to the Theory of Neural Computation. Addison-Wesley, Reading.
- [16] Sietsma, J., Dow, R.J.F.,1988. Neural net pruning - why and how.IEEE Int.Conf.Neural Networks1,325-333.
- [17] Upadhaya, B., Eryureka, E., 1992. Application of neural network for sensory validation and plant monitoring. Neural Tech. 97, 170-176.
- [18] Swingler, K., 1996. Applying Neural Networks: A Practical Guide. Academic Press, New York.
- [19] Twomey, J., Smith, A., 1997. Validation and verification. In: Kartam, N., Flood, I. (Eds.), Artificial Neural Networks for Civil Engineers: Fundamentals and Applications. ASCE, pp.44-64.
- [20] Rizzo, D.M., Dougherty, D.E., 1994. Character of aquifer properties using artificial neural networks: neural kriging. WaterRes.30(2), 483-497.
- [21] Rumelhart, D.E., Hinton, G.E., Williams, R.J., 1986. Learning internal representation by error propagation. In: Rumelhart, D.E., McClelland, J.L. (Eds.). Parallel Distributed Processing: Exploration in the Microstructure of Cognition, Vol. 1. MIT Press, Cambridge, MA, Chapter 8.
- [22] Looney, C.G., 1996. Advances in feedforward neural networks: demystifying knowledge acquiring black boxes. IEEE Trans. Knowledge Data Eng. 8 (2), 211-226.
- [23] Lee, Y., Oh, S.H., Kim, M., 1991. The effect of initial weights on premature saturation in backpropagation learning. In: Proceedings of an International Joint Conference on Neural Networks, Seattle, WA, pp.765-770.
- [24] Masters, T., 1994. Practical Neural Network Recipes in C11. Academic Press, Boston, MA.
- [25] Nelson, M., Illingworth,W.T., 1990. A Practical Guide To Neural Nets. Addison-Wesley, Reading.