

Taşıt Plakası Karakterlerinin Tanınması için Verimli Özellik Ağacı

An Efficient Feature Tree for Recognition of License Plates Characters

Hasan Ateş

Erol Seke

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Batı Meşelik, Eskişehir

e-posta: {hates, eseke}@ogu.edu.tr

Özetçe

Çözülmüş bir problem olduğu varsayılmasına rağmen, sayısal görüntülerdeki karakterlerin tanınması işlemi yeni yaklaşım ve geliştirmelere açık bir araştırma alanıdır. Varolan birçok uygulama, sınıflandırılmış bir varolan eğitim seti ile verilen karakterlerin sınıfını belirleme yöntemine dayanır. Sınıflandırma ve karakter tanıma aşamalarında ele alınan çoğu özelliğin bireysel karakterleri tanımada yararlı ve kullanışlı olup olmadığı dikkate alınmaz. Bu çalışmada, ayırdedici özellikler özel bir sıra ile kontrol edilerek, yeterli özellik test edilir edilmez karakterlerin tanınmasını sağlayan bir yöntem geliştirilmiştir. Bu, verimi arttıran ve hesaplama yükünü azaltan bir yaklaşımdır. Denemeler sadece alfabetik karakterler ile yapılmış olmasına karşın, yöntem alfanümerik karakterleri de içerecek şekilde genişletilebilir. Yöntem ile düşük çözünürlüklü karakter resimleri için bile umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

1. Giriş

Sayısal görüntüler içerisinde bulunan alfanümerik/alfabetik karakterleri otomatik olarak tanıma problemi araç trafiği yönetim ve denetim sistemlerinin de bir parçası olup başarı oranlarını arttırmak amacı ile üzerinde devamlı olarak çalışılmakta olan araştırma konularındandır. Otoparka giriş ve çıkış yapan araçları plakaları sayesinde tanıyıp kayıt altına alma ve kural ihlali yapan, örn. kırmızı ışıkta geçen, bir aracın görüntülerinin otomatik olarak cezai işlemlerde kullanılması uygulama örnekleridir.

Araç plakalarına dayalı otomasyon sistemlerinde plakayı tanıma alt işlemi, araç resminin plakayı içerecek şekilde elde edilmesi, plakanın resim içinde bulunması, karakterlerin ayrıştırılması ve tanınması işlemlerinden oluşur. Bu çalışma plaka resimlerinden elde edilmiş (ayrıştırılmış) karakterlerin tanınması için karakterleri sınıflayan bir ağaç yapısı üzerinedir.

2. Problem Tanımı

Plaka karakterlerini tanıma, optik karakter tanıma (OCR) algoritmaları çalışmaları içinde incelenebilir. OCR çoğu araştırmacı tarafından çözülmüş bir problem olarak tanımlanmaktadır. Ancak literatürde plaka karakterlerini tanıma çalışmaları genel OCR kapsamı içinde sınırlı bir şekilde yer almaktadır. Her uygulama probleminde olduğu gibi plaka tanıma uygulamalarının da kendine özgü zorlukları (ve kolaylıkları) vardır. Plaka tanıma sistemleri genel olarak plakayı içeren araç resminin elde edilmesi, plakanın yerinin bu resimden bulunması ve çıkarılması, plakadaki karakterlerin ayrıştırılması, elde edilen ayrıştırılmış karakterlerin tanınması ve sonuçta bulunan plaka karakterlerinin standard plaka

karakter dizilimine uygunluğunun kontrolü ile onaylanması işlemlerini içerir. Tabii ki sistemin uygulama yerine bağlı olarak bir sonuç karar üretilmesi de (otopark giriş bariyerinin kaldırılması, cezai işleme gidilmesi vb) sisteme dahil edilebilir. Plakanın elde edilen resim içinde bulunması konusunda oldukça fazla ve yöntem olarak çeşitlilik arzeden çalışma mevcuttur. Ancak literatürde plaka karakterlerinin tanınması çalışması o derece kapsamlı değildir. Referans [1], nispeten yeni olup, bu iki alandaki çalışmaları derlemiş ve karşılaştırmıştır. Bunlardan [2]-[7] değişik tiplerde sinirsel ağlar kullanarak sırasıyla %92.5, %80, %95, %98.5, %95.6, %99 (bazıları plakanın bulunmasını da içermekte) başarımlar elde etmişlerdir. Başarımların bu kadar değişkenlik göstermesi, sinirsel ağların ve parametrelerinin çeşitliliği, deney kümelerinin farklı oluşu gibi nedenlere bağlanabilir. Benzer değişkenlik "dinamik izdüşüm eğriltmesi" [8], "şablon eşleştirme" [9], "gizli Markov modeli" [10], ve "destek vektör makinası" [11,12], yöntemlerini kullanan araştırmalarda da görülmektedir. İlgili referanslarda başarımlar oranları sırası ile %93.1, %91, %95.2, %94.7 ve %95.7 olup, ortak bir deney kümesi kullanılmadığından, genel olarak üretilebilecek tek sonuç başarımlarının, bir uygulama dışında, %90'ın üzerinde olduğudur. Çoğu çalışma, yöntemin karmaşıklığı ve gerçek zamanlı uygulamalara uyarlanabilirliği konusunda çok az bir dayanak göstermektedir.

Plaka karakterlerini tanıma problemi, bir örneği Şekil-1a'da verilmiş olan plaka resminden Şekil-1b'deki gibi ayrıştırılmış olan karakterlerin tanınması şeklinde tanımlanmaktadır. Gerçek uygulamalarda karakterlerin otomatik olarak ayrıştırılması gerekmektedir, ancak araştırmamızda karakter örnekleri el ile ayrıştırılmış ve algoritmaya girdi olarak ayrıştırılmış karakterler verilmiştir. Çalışmalarımız sadece alfabetik karakterler üzerinde gerçekleştirilmiş olsa da nümerik karakterlerin de çalışmaya ve yorumlarına dahil edilebileceği açıktır.



Şekil 1. a) Plaka örneği. b) ayrıştırılmış karakter örnekleri.

3. Önerilen Yöntem

Önerilen yöntem, tanımlanması ve tanınması en kolay olan karakterin en önce denenmesinden başlamak üzere, bir arama ağacından ve ağacın dallarında gezen algoritmadan oluşmaktadır. Her harf yada harf grubu için belirli özelliklerin varlığının (veya yokluğunun) araştırılması yöntemin temelidir.

Araştırılacak özellik karakter resminin belirli bir bölgesinde bulunduğu için, öncelikle bu gibi bölgeler tanımlanmıştır. Karakter grubu için belirtilen bölgelerdeki *doluluk oranı* grup için karar verici özellik olmaktadır.

Doluluk oranı, inceleme altındaki bölgedeki piksellerin sayısal değerlerinin toplamı bulunarak değil, herbir pikselin öncelikle dolu yada boş olduğuna karar verilerek hesaplanır. Hesap sırasında gerekli olan eşik değeri için bir yumuşak eşik bölgesi belirlenmiştir. Resim içindeki piksellerin en yüksek ve en düşük değerleri belirlenerek ortalaması alınır. Ortalamanın ΔU kadar üzerinde ve altında iki yumuşak eşik sınır belirlenir. Değerleri bu bölgenin üzerinde kalan pikseller dolu, altında kalan pikseller ise boş kabul edilirler. Bu bölge içinde kalan pikseller ise karar hesabına dahil edilmemektedirler. Yani x_i piksel değeri, O_x ise $(\max\{x_i\} - \min\{x_i\})/2$ şeklinde hesaplanan ortalama değer olmak üzere

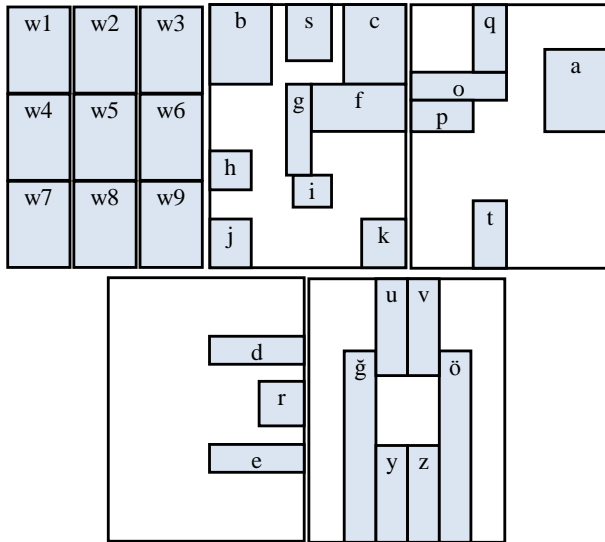
$$f(x_i) = \begin{cases} 1, & x_i > O_x + \Delta U \\ ?, & O_x - \Delta U \leq x_i \leq O_x + \Delta U \\ 0, & x_i < O_x - \Delta U \end{cases} \quad (1)$$

karar eğrisi kullanılır. Doluluk oranı ise, buradan,

$$R = \text{count}\{1\} / (\text{count}\{1\} + \text{count}\{0\}) \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır.

İncelenecek bölgeler Şekil-2'de verilmiştir. Karakter görüntüsünün ilgili bölgeleri Şekil-4'teki inceleme ağacında verilen sırayla incelenir. İnceleme ağacında verilen şartların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Birçok durumda sadece birkaç bölgenin incelenmesi yeterli olmaktadır. Bu ise algoritmaya hız kazandırmaktadır. Ayrıca ele alınan karakter grubu için karar vermeye en yetkin bölgeler incelendiğinden hata yapma ihtimali azalmaktadır.



Şekil 2. İnceleme bölgeleri. Alanın 9 eşit parçaya bölünmesi ile w1-w9 elde edilir. Diğer bölgelerin tam yerleri Tablo-1'de gösterilmiştir.

İnceleme bölgelerinin tanımları Tablo-1'de verilmiş olup bölgeler deneyler sonucunda ve karakterlerin incelenmesi ile oluşturulmuştur.

Tablo 1. İnceleme bölgeleri (m =yükseklik, n =genişlik)

Bölge	Tanımı: (sol-üst nokta) \rightarrow (sağ-alt nokta)
a	$(m/6, 2n/3) \rightarrow (m/2, n)$
b	$(0,0) \rightarrow (m/3, n/4)$
c	$(0,3n/4) \rightarrow (m/3, n)$
d	$(m/4, n/2) \rightarrow (m/3, n)$
e	$(2m/3, n/2) \rightarrow (3m/4, n)$
f	$(m/3, n/2) \rightarrow (m/2, n)$
g	$(m/3, n/3) \rightarrow (2m/3, n/2)$
ğ	$(m/3, n/6) \rightarrow (m, n/3)$
h	$(m/2,0) \rightarrow (2m/3, n/4)$
i	$(m/3, 2n/5) \rightarrow (m/4, 3n/5)$
j	$(4m/5,0) \rightarrow (m, n/5)$
k	$(4m/5, 4n/5) \rightarrow (m, n)$
o	$(m/4,0) \rightarrow (m/3, n/2)$
ö	$(m/3, 2n/3) \rightarrow (m, 5n/6)$
p	$(m/3,0) \rightarrow (m/2, n/3)$
q	$(0, n/3) \rightarrow (m/4, n/2)$
r	$(2m/5, 4n/5) \rightarrow (3m/5, n)$
s	$(0, 2n/5) \rightarrow (m/5, 3n/5)$
t	$(3m/4, n/3) \rightarrow (m, n/2)$
u	$(0, n/3) \rightarrow (2m/5, n/2)$
v	$(0, n/2) \rightarrow (2m/5, 2n/3)$
y	$(3m/5, n/3) \rightarrow (m, n/2)$
z	$(3m/5, n/2) \rightarrow (m, 2n/3)$

4. Deneysel Sonuçlar

Çözünürlüğü 120×40 olan 233 adet plaka resminden kesilmiş 209 adet harf görüntüsü üzerinde yapılan deneylerde genel tanıma oranı 0.947 olmuştur. Deneye giren ve başarıyla okunan karakter sayıları Tablo-2'de ayrı ayrı gösterilmiştir.

İnceleme sonucunda tanıma başarısızlıklarının çoğu kez çözünürlüğün düşük olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Düşük çözünürlük, tek piksele çok büyük anlamlar yüklenmesine sebep olduğu için, aranan özelliğin kimi zaman 1 piksellik alana sıkışmasına yol açmaktadır.

Bir diğer sorun ise, görüntü kalitesindeki düşüklük ve bazı plakalar üzerindeki kir, boya vb. gibi yabancı imgelerdir. Bu durumlarda karar vermeye yardımcı olacak piksellerin sayısı oldukça azalmakta, sağlıklı karar üretilmemektedir. Problemler karakter örnekleri Şekil-3'te gösterilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda, ayırt edilmesi en zor karakterlerin T-V-Y ve H-M-N olduğu söylenebilir. Tanınması en kısa süren harf L, en uzun süren harf ise M olmuştur. Sinirsel ağlar kullanılarak karşılaştırmalı bir çalışma henüz yapılamamış olmasına rağmen uygulanan yöntemde harf kümelerinin ve özelliklerinin belli oluşu, sinirsel ağlardakinin

aksine tanıma için gerekli olmayan özelliklere bakılmadığı ve tanıma süresinin genel olarak kısaldığı düşüncesini doğurmuştur.

Tablo 1. Her harf için deneme sonuçları

Harf	Üzerinde Deneme Yapılan Örnek Sayısı	Başarısızlık Sayısı	Tanıma Oranı
A	26	1	0.96
B	6	0	1.00
C	8	0	1.00
D	20	2	0.90
E	6	0	1.00
F	14	0	1.00
G	3	0	1.00
H	5	0	1.00
J	3	0	1.00
K	11	0	1.00
L	6	0	1.00
M	5	1	0.80
N	14	1	0.93
O	1	0	1.00
P	11	2	0.82
R	15	2	0.87
S	11	0	1.00
T	6	1	0.83
U	12	0	1.00
V	5	0	1.00
Y	15	0	1.00
Z	6	1	0.83



Şekil 3. Bazı problemliler karakterler. Sırasıyla a) Boş olması beklenirken ortası dolu olan bir D harfi. b) H olarak tanınan bir N harfi. c) Alt kısmı silik bir P. d) Alt kısmı belirsiz bir A.

Bu çalışmada ele alınmamış olsa da, aynı yöntemin alfanümerik karakterler için de kolayca uyarlanabilir olduğu açıktır. Çoğu ülke plakalarında harf ve rakamların yerleri belli olduğundan hangi tür karakterin aranması gerektiği bellidir. Bu durumda rakam kümesi daha küçük olduğu için hem hazırlık hem de test aşamalarının harflerden daha kısa süreceği düşünülmektedir.

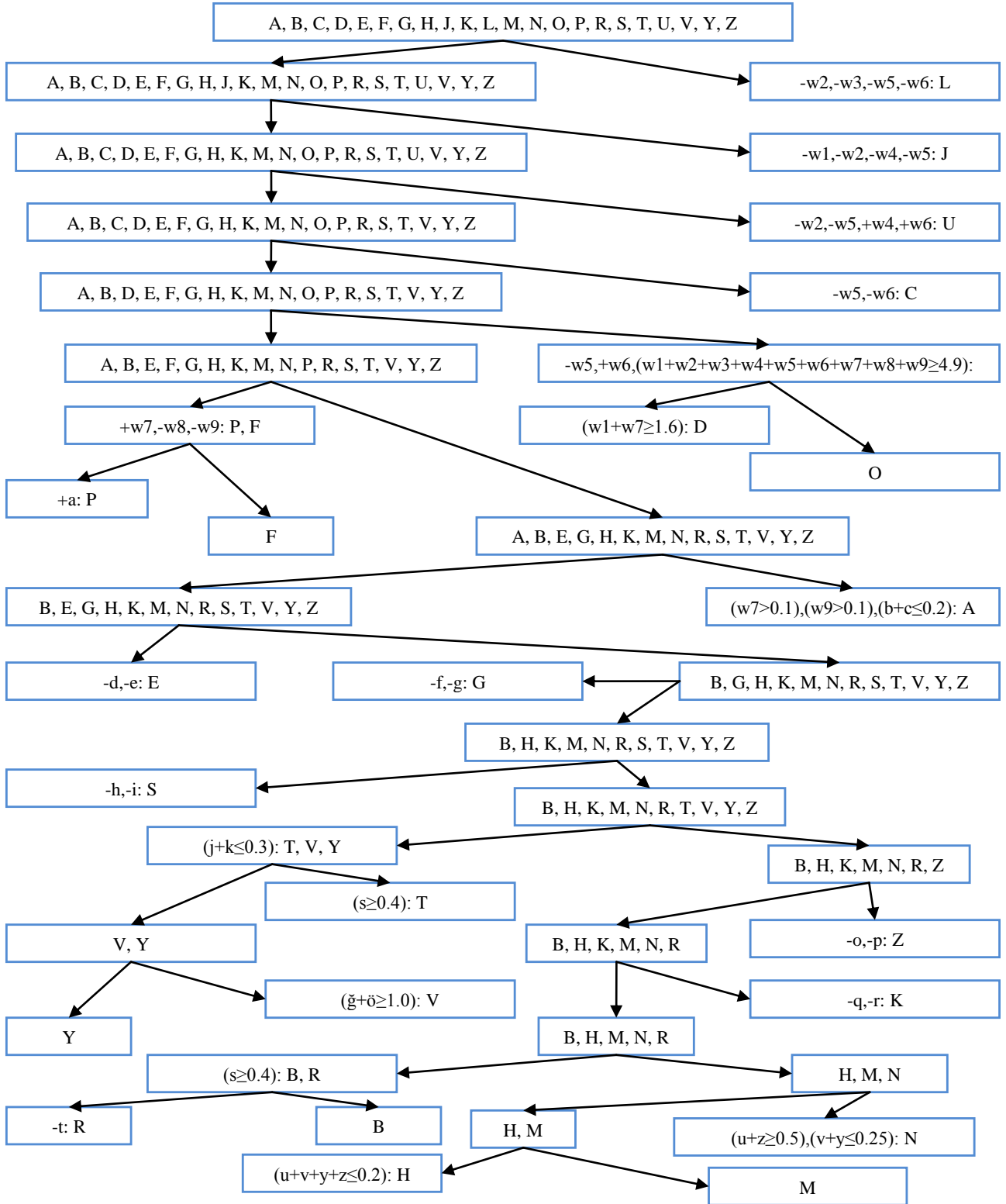
5. Kaynakça

- [1] C.N.E. Anagnostopoulos, I.E. Anagnostopoulos, V. Laumos, E. Kayafas, "A License Plate-Recognition Algorithm for Intelligent Transportation System Applications," IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems, vol.7 no.3, pp.377-392, Sep-2006.
- [2] C. Anagnostopoulos, E. Kayafas, V. Loumos, "Digital image processing and neural networks for vehicle license plate identification," J. Elect. Eng. 1(2), pp. 2-7.

Available:

<http://www.medialab.ntua.gr/people/canag/journals.php>

- [3] S. Draghici, "A neural network based artificial vision system for license plate recognition," Int. J. Neural Syst., vol. 8, no. 1, pp. 113-126, Feb. 1997.
- [4] A. Broumandnia, M. Fathy, "Application of pattern recognition for Farsi license plate recognition," ICGST Int. Conf. Graphics, Vision and Image Processing (GVIP), Dec. 2005. [Online]. Available: <http://www.icgst.com/gvip/v2/P1150439001.pdf>
- [5] J. A. G. Nijhuis, M. H. ter Brugge, K. A. Helmholt, J. P. W. Pluim, L. Spaanenburg, R. S. Venema, M. A. Westenberg, "Car license plate recognition with neural networks and fuzzy logic," in Proc. IEEE Int. Conf. Neural Networks., 1995, vol. 5, pp. 2232-2236.
- [6] S.-L. Chang, L.-S. Chen, Y.-C. Chung, S.-W. Chen, "Automatic license plate recognition," IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 5, no. 1, pp. 42-53, Mar. 2004.
- [7] Y. Hu, F. Zhu, X. Zhang, "A novel approach for license plate recognition using subspace projection and probabilistic neural network," Lecture Notes on Computer Science, vol. 3497, J. Wang, X. Liao, and Z. Yi, Eds. New York: Springer-Verlag, 2005, pp. 216-221.
- [8] T.-H. Wang, F.-C. Ni, K.-T. Li, Y.-P. Chen, "Robust license plate recognition based on dynamic projection warping," IEEE Int. Conf. Netw., Sensing and Control, 2004, pp. 784-788.
- [9] P. Comelli, P. Ferragina, M. N. Granieri, F. Stabile, "Optical recognition of motor vehicle license plates," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 44, no. 4, pp. 790-799, Nov. 1995.
- [10] T. D. Duan, T. L. Hong Du, T. V. Phuoc, N. V. Hoang, "Building an automatic vehicle license plate recognition system," Int. Conf. Comput. Sci. RIVF, 2005, pp. 59-63.
- [11] K. K. Kim, K. I. Kim, J. B. Kim, H. J. Kim, "Learning-based approach, for license plate recognition," IEEE Signal Process. Soc. Workshop, Neural Netw. Signal Process., 2000, vol. 2, pp. 614-623.
- [12] D. Llorens, A. Marzal, V. Palazon, J. M. Vilar, "Car license plates extraction and recognition based on connected components analysis and HMM decoding," Lecture Notes on Computer Science, vol. 3522, J. S. Marques et al., Eds. New York: Springer-Verlag, 2005, pp. 571-578.



Şekil 4. Algoritmada kullanılan karakter ağacı. "+x,-y: Q, P" koşul ifadesi, "x bölgesi dolu ve y bölgesi boşsa, harf adayları Q ve P'dir." anlamındadır. Aynı noktadan çıkan iki daldan birinde koşul ifadesi varken diğerinde yoksa, boş olan dal "aksi durumda" anlamına gelir. "(x+y>1.0): Q" ifadesi, "x ve y doluluk oranları toplamı 1.0'den büyükse, harf adayı Q'dur." demektir. Ağaçta belirtilen ifadeler deneysel olarak üretilmişlerdir.