

Türkçe Metin Damgalama: Sözdizimsel bir Model

Watermarking in Turkish: A Syntax Based Model

Hasan M. Meral¹, Emre Sevinç³, Ersin Ünkar², Bülent Sankur⁴, A. Sumru Özsoy^{1,3}, Tunga Güngör^{2,3}

¹Dilbilim Programı, Boğaziçi Üniversitesi,

²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Boğaziçi Üniversitesi,

³Bilişsel Bilim Programı, Boğaziçi Üniversitesi,

⁴Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Boğaziçi Üniversitesi,

Telefon: (90) 212 359 6414, Faks: (90) 212 287 2465, Bebek, İstanbul

{mesut.meral, bulent.sankur, ozsoys, gungort}@boun.edu.tr}, emres@bilgi.edu.tr, eiunkar@gmail.com,

Özetçe

Bu çalışmanın amacı sözdizimsel araçları kullanarak bir doğal dilde damgalama modeli geliştirmek ve sözdizimsel araçların damgalama aracı olarak kullanılabilirliğini sınamaktır. Çalışma, sözdizimsel yapı değişikliği yöntemiyle damgalamanın metin belgelerinin damgalanması için uygun bir yöntem olduğunu savunmakta ve bu yolda bir model geliştirmektedir. Geliştirilen model ile damgalanan bir metnin başarımını ölçmek için algı deneyleri yapılmıştır.

Abstract

The aim of this study is to develop a natural language watermarking algorithm based on morphosyntactic manipulations of a text. This watermarking modality was chosen based on the observation that the Turkish syntax allows for a more stable and rich repertoire of tools. The watermarking algorithm utilizes linguistic tools such as dependency parser, tree converter, Wordnet and a lexicon. It embeds message bits in the sentences based on the applicability of tools per sentence, their choice being randomized for stylistic and security concerns. We give the statistics of the tool occurrences and measure their acceptability based on edit counts of readers.

1. Giriş

Doğal dilde damgalama (DDD) ya da metin damgalama son yıllarda önem kazanan, önemli bir çalışma alanıdır [1-6]. Temelde, DDD metin belgeleri içerisine kimi gereksizlik durumlarını kullanarak gizli iletişim kanalı kurmayı ve böylece iyelik kanıtı, üst bilgiler gibi ek bilgiler saklamağı hedefler. Daha önceki çalışmalarda doğal dilde damgalama için eşanlamlı sözcük değişimi, noktalama işaretleri değişimi, biçimbilimsel ve sözdizimsel değişimler gibi değişik yöntemler uygulanmış, bu yöntemlerin DDD'yi hayata geçirebilme başarımları ölçülmüştür. Öte yandan, Meral ve diğ. [7]'de Türkçe için geliştirilebilecek damgalama araçları sınanmış, başarımları ölçülmüştür. Bu çalışmada ise [7]'de betimlenen araçlar içerisindeki sözdizimsel yapı değişiklikleri temel alınarak oluşturulacak bir damgalama modelinin elverişliliği tartışılmaktadır. Diğer araç türlerinin damgalama açısından kimi sorunlar taşıması, damgalama modelinin sözdizimsel yapı değişiklikleri üzerine yoğunlaşmasını gerektirmiştir. Örneğin, eşanlamlı sözcük değişimleri İngilizce [4] gibi dillere oranla Türkçe'de son derece kısıtlı sayıda ortaya çıkmaktadır ve bu durum gömme kapasitesini düşürmektedir. İkinci bir sorun ise eşanlamlı olabilecek sözcüklerin metnin anlamını

etkileyebilecek nitelikte anlamsal ve kullanımsal farklılıklarının bulunmasıdır ve bu durum damgalanan metnin özgün metinden anlam ve biçim açısından hissedilir derecede farklılaşmasına yol açabilmektedir. Noktalama işareti değişimleri ise Türkçe'de noktalama uygulamalarının yerleşik olmamasından dolayı riskli görünmektedir. Bu nedenler göz önünde bulundurularak çalışmada sözdizim temelli bir damgalama modeli geliştirilmiştir.

İkinci bölümde damgalama modelinin ön süreçleri hakkında bilgi verilecek, sözdizimsel araçlar ve çalışmada kullanılan veri tabanı betimlenecektir. Üçüncü bölümde ise damgalama süreci irdelenecek, modelin işlerliliğini denetleyen algı deneyleri anlatılacaktır. Sonuç bölümünde bulgular tartışılacak, gelecek çalışmalar için yorumlar verilecektir.

2. Damgalama ön süreci işlemleri

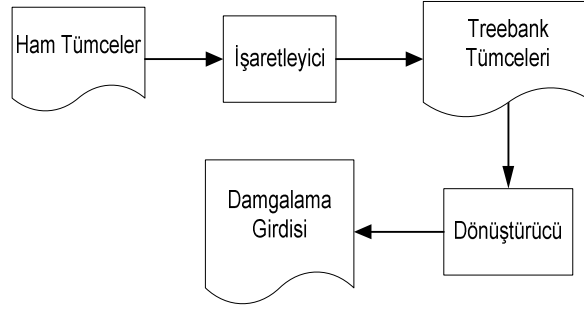
Bu bölümde damgalama modeli için girdi oluşturacak tümcelerin türetilmesi ve bu tümcelere uygulanacak araçlar betimlenmektedir. Damgalama araçları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'deki araçlar temel anlamda biçimbilimsel-sözdizimsel yapıdadır. Bir başka deyişle, Türkçe'de biçimbilim ve sözdizim birbiriyle ayrılmaz bir bütünlük sergilediği ve sözdizimsel işlevler biçimbilimsel birimler tarafından yerine getirildiği için iki ulamın aynı araç türü olarak sınıflandırılmasında bir sorun görülmemiştir. Nitekim, Türkçe'nin bitişken yapısı bu türden bir isimlendirmede doğal bir etkidir.

Çalışmada veritabanı olarak [8]'deki işlevsel bağımlılık temelli tümcelerin oluşturduğu 5434 tümcelik derlem kullanılmıştır. Bu derlemdeki sözcük temelli kodlanmış işlevsel bağımlılıklarla işlenmiş Treebank (ağaç yapılı derlem) tümceleri, Ağaç Dönüştürücüsü tarafından aynı işlevsel bağımlılıkları öbek ya da tümcecik temelli kodlanmış tümcelere dönüştürülmüştür. Bu damgalama girdisini oluşturmuştur (Şekil 1). Kimi araç uygulamalarında önemli rol oynayan işlevsel bağların sözcüklerden daha büyük yapılar üzerinde görülmesinden ötürü böyle bir ağaç dönüşümü gerekmektedir. Örneğin, etken tümceleri edilgene çevirmede özne silinmesi önemlidir ve tümcenin öznesinin öbek ya da tümcecik olduğu durumlarda damgalama aracının bu öbek ya da tümcecigi ilk planda algılaması gerekmektedir. Dönüştürücünün ürettiği tümcelerde bu ayrıştırma sağlanmıştır.

Şekil 1'deki dönüştürücü sözcük temelli kodlanmış işlevsel bağları öbek ya da tümcecik temelli kodlanmış işlevsel bağlara çevirmekte olup %92'lik bir oranda başarılı olmuştur.

Tablo 1: Damgalama araçları

Araç	Sıklık %	Örnek
1. etken/edilgen değişimi	55.52	İşçiler kumu taşıdı. / Kum işçiler tarafından taşıdı.
2. belirteç yer değişimi	5.41	Ali yarın İstanbul'a gidecek. / Yarın Ali İstanbul'a gidecek.
3. birleşen öge değişimi	24.70	Ali ve Ayşe / Ayşe ve Ali
4. Verb-NOUN-POSS when / verb-NOUN-POSS-LOC	2.92	Eve geldiğim zaman uyuyordun. / Eve geldiğim de uyuyordun.
5. Eylem-ZAMAN-KİŞİ çünkü1 / Eylem-YALIN-İYE çünkü2 – Eylem-YALIN-İYE-AYRIL çünkü3	2.63	O eve geç geldi diye ona kızdım. / O eve geç geldiği için ona kızdım.
6. eğer eylem-KOŞUL / eylem-KOŞUL	0.68	Eğer erken gelirse gideriz. / Erken gelirse gideriz.
7. damgasız	25	



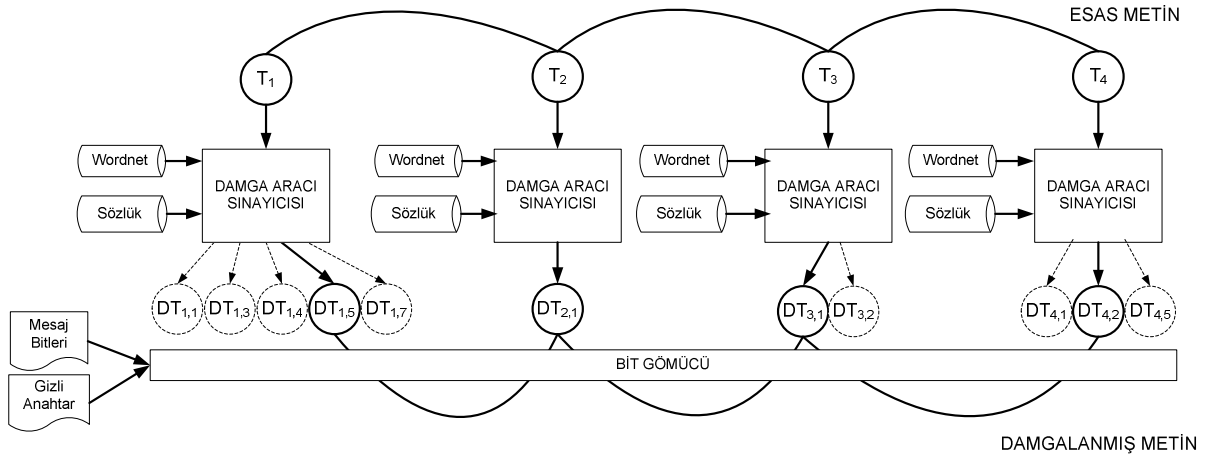
Şekil 1: Damgalama için işleme

3. Damgalama süreci

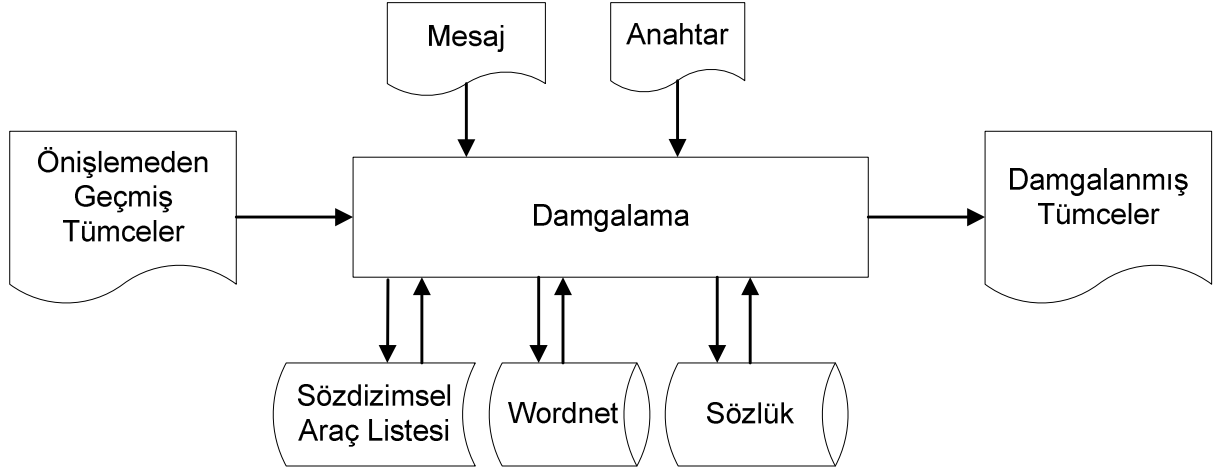
3.1. Damgalama süreci

Damgalama süreci üç aşamadan oluşur. İlk aşamada tümce sözdizimsel araç atayıcısı tarafından işlenir ve tümcedeki uygulanabilir araçlar listelenir. Kullanılan sözdizimsel değişim araçları Tablo 1'de gösterildiği gibi edilgenleştirme, birleşen öğelerin yer değişimi, belirteç yer değişimi, zaman, amaç ve koşul bildiren yan tümcelerin tümcecik yapılarının değişiminden oluşur. İkinci aşamada ise damga denetleyicisi her bir tümcede kullanılabilen araçları rastgele bir diziliş haline getirir. Son aşamada ise damga gömücü tarafından tümcede gerekli değişiklikler yapılarak bir damga biti gömülür (Şekil2).

Şekil 2, her bir tümce için önerilen damgalama sürecini göstermekte olup, T 1, 2, 3, 4 metindeki tümcelerdir. Bu tümceler için uygulanabilir araçlar, damga aracı sınavıcısı tarafından damgalanmış tümce 1.1, damgalanmış tümce 1.3, damgalanmış tümce 1.4 (DT1.1, DT1.3, DT1.4) olarak sıralanır ve damga sıralayıcısı tarafından gelişigüzel biçimde dizilir. Bit gömücü tarafından tümceye uygulanan sözdizimsel araç temelli bir bit gömülür. Tüm bu aşamalarda ad soylu sözcüklerin 'canlı-cansız' gibi anlambilimsel özellikleri için Wordnet, eylem soylu sözcüklerin geçişlilik-geçişsizlik gibi çatı özellikleri için ise elektronik sözlükten yararlanılır. Tüm damgalama sürecini gösteren Şekil 3 aşağıdadır.



Şekil 2: Damga aracı sınavıcısı, damga sıralayıcısı ve damga atayıcısı



Şekil 3: Damgalama süreci

Tablo 2: Edit Uzaklığı yüzdeleri

No	Araç	Sıklık %	Edit %
1	Etken/edilgen değişimi	55,52	29,1
2	Belirteç yer değişimi	5,41	11,6
3	Birleşen öge değişimi	24,70	7,9
4	Eylem-YALIN-İYE zaman / Eylem-YALIN-İYE-BULUN	2,92	1
5	Eylem-ZAMAN-KİŞİ çünkü1 / Eylem-YALIN-İYE çünkü2 – Eylem-YALIN-İYE-AYRIL çünkü3	2,63	6,3
6	Eğer...eylem-KOŞUL / Eylem-KOŞUL	0,23	0,0
7	Damgasız	25	3,9
	Toplam/Ortalama	91,41	12,7

Damgalanmış metnin korsan uygulamalarına karşı dayanıklı olması metin damgalamada oldukça önemli bir konudur. Bu modelde korsan uygulamalara karşı iki önlem geliştirilmiştir. Birinci önlem uygulanan araçların rastgele biçimde dizilmesidir ve korsanı, tümceye hangi aracın uygulandığı konusunda belirsizliğe itmesidir. İkinci önlem ise bazı tümcelerin damgasız bırakılmasıdır. Bir başka deyişle, her tümce damgalanmamakta, bu durum da korsanın damgayı bozma çabalarını zorlaştırmaktadır. Damgasız tümce ya da 'pas oranı' kullanıcı tarafından belirlenir.

3.2. Algı deneyleri

Geliştirilen model [8]'deki Treebank tümcelerinden oluşan bir metin üzerinde denenmiş, tümce başına 1 bit gömme başarımı sağlanmıştır. Metin üzerinde yapılan damgalamanın yarattığı anlambilimsel ve biçimsel değişimler için edit sınaması yapılmış, toplam edit %12 olarak ölçülmüştür. Değerlendirme çalışmalarına ilişkin bulgular Tablo 2'de özetlenmiştir. Tablo 2'deki ikinci sütun damga gömmede kullanılan araçları listelemekte, üçüncü sütunda ise araçların sıklık değerleri verilmektedir. Bu sıklık değerlerinin hesaplanmasında [8]'deki Treebank tümceleri (toplam 5534 tümce) veritabanı olarak kullanılmıştır ve her aracın sıklık değeri, aracın bu tümcelerdeki uygulanabilme değeri olarak düşünülmüştür. Tablo 2'deki son sütun araçların anlambilimsel bozukluğa yol açma değerleridir. Bir başka deyişle, aracın uygulandığı tümcenin anadil konuşucuları tarafından beğenilmeme ve bir ya da birkaç şekilde düzeltilme oranıdır (edit oranı). Bu oranın hesaplanması amacıyla damgalanmış toplam 224 tümceden oluşan iki metin

anadil konuşucularına okutulmuş ve metinlerdeki beğenilmeyen tümcelerin düzeltilmesi istenmiştir. Bunun sonucunda, her bir aracın düzeltilme oranı hesaplanmış ve bu değerler Tablo 2'ün son sütununda verilmiştir.

4. Sonuçlar ve tartışma

Tablo 2'deki değerlerin de gösterdiği gibi sözdizimsel araçların kullanıldığı bir damgalama modeli Türkçe için başarıyla uygulanabilmektedir. Üçüncü sütunda verilen sıklık değerleri damga gömme kapasitesi ile ilgili sonuçlardır. Sıklık değerlerinin % 91,41 olması her tümce için yaklaşık 1 bit gömme olanağı demek olup [1-6]'daki çalışmalarda ortaya çıkan damga gömme kapasitelerine oranla daha fazladır. Ancak, damgalanamayan % 25'lik oranı göz önüne aldığımızda bit gömme kapasitesi % 72'lere gerilemektedir. Tablo 2'den de anlaşıldığı gibi etken-edilgen değişimi aracının sıklığı diğer araçlara oranla oldukça fazladır. Bu aracın diğer araçlara oranla fazla uygulanması metnin biçimini olumsuz etkileyebilecektir. Buna önlem olarak, Şekil 2'de betimlenen damga sıralayıcısı etken-edilgen değişimi aracına karşı bir uygulama engeli koyabilir ve diğer bir aracın uygulanmasını sağlayabilir. İkinci bir önlem olarak ise, 'damgasız' durumunun daha çok damga sınavıcısı tarafından yalnızca etken-edilgen değişiminin mümkün olacağı belirtilen tümcelere uygulanması düşünülebilir. Bir başka deyişle, 'damgasız' durumu daha çok etken-edilgen değişimi durumlarında devreye sokulabilir ve söz konusu aracın diğerlerine oranla daha fazla uygulanmasının önüne geçilebilir. Sıklık değerleriyle ilgili bir diğer durum, belirteç yer değişimlerinin uygulama sıklığının Türkçe'deki tüm belirteçlerin

damga sınavıcısı tarafından taranmasının sağlanmasıyla birlikte artabileceğidir. Nitekim bu çalışmada sadece birkaç zaman belirten tümce düzeyi belirteci kullanılmıştır. Diğer belirteçlerin de düşünülmesi bit gömme kapasitesi açısından olumlu sonuçlar doğurabilecektir.

Son sütunda verilen değerler araçların farkedilebilirlik değerleridir ve bu tüm araçlarda toplam %12 olarak ölçülmüştür. Bu sütunda belirtilen küçük değer modelin işlerliğini, bir diğer deyişle damganın farkedilmezliğini göstermektedir. Bu aşamada şunu özellikle belirtmek gerekir ki son sütundaki değerler tümcelerinin biçimsel olarak beğenilmeme değerleridir. Anlambilimsel uzaklık araçların oluşturulması aşamasında [8] ölçülmüş ve anlambilimsel olarak en az bozulma/kayma eğilimi gösteren araçlar damga aracı olarak seçilmiştir. Bu değerlere göre en çok müdahale edilen araç etken-edilgen değişimi olmuştur. Bu durum söz konusu aracın uygulanma koşullarının daha da belirginleştirilmesini gerektirmektedir. Bu durum bit gömme kapasitesini biraz düşürse de damganın farkedilmezliği açısından olumlu sonuçlar doğuracaktır. Tablo 2'nin son sütunundaki bir diğer önemli sonuç damgasız tümcelerinin bile 3.9'luk bir edit değeri almış olmasıdır. Bu durum anadil konuşucularının bu tür metinleri okumada gösterdikleri aşırı duyarlılık ya da kullanılan metinlerin özgün/değiştirilmemiş tümcelerinde bile biçimsel bozuklukların olma olasılığı olarak yorumlanabilir ve önerilen damgalama modeli açısından bir sorun oluşturmaz.

Sonuç olarak görülmüştür ki sözdizimsel yapı değişikliğine dayalı damgalama etkin bir doğal dil damgalama yöntemidir ve korsan uygulamalarına karşı dayanıklılık sağlayabilmektedir. Gelecek çalışmalar biçimsel değişimlerin en aza indirgenmesine yönelik olacaktır. Bunun için bağlama göre kendi içinde tutarlı değişim kümeleri oluşturulabilir.

5. Kaynakça

1. M. S. Khankhalli, K. F. Hau, "Watermarking of Electronic Text Documents", *Electronic Commerce Research*, 2, 169-187 (2002).
2. M. Topkara, C. M. Taskiran, E. J. Delp, "Natural language watermarking", *SPIE Conf. On Security, Steganography and Watermarking of Multimedia Contents VI*, San Jose (2005).
3. C. M. Taskiran M. Topkara, E. J. Delp, "Attacks on linguistic steganography systems using text analysis", *SPIE Conf. On Security, Steganography and Watermarking of Multimedia Contents VII*, 3&4, 313-336, San Jose (2006).
4. U. Topkara, M. Topkara, M. J. Atallah, "The Hiding Virtues of Ambiguity: Quantifiably Resilient Watermarking of Natural Language Text through Synonym Substitutions", *Proceedings of ACM Multimedia and Security Conference*, Geneva (2006).
5. M. Topkara, U. Topkara, M. J. Atallah, "Words are not enough: Sentence level natural language watermarking", *MCPS'06*, Santa Barbara (2006).
6. M. J. Atallah, C. J. McDonough, S. Nirenburg, V. Raskin, "Natural language processing for information assurance and security: an overview and implementations", *Proceedings of 9th ACM/SIGSAC New security paradigm workshop*, 51-65, Cork, Ireland (2000).
7. H. M. Meral, B. Sankur, A. S. Özsoy, "Watermarking tools for Turkish texts", *Proceedings of National Conference on Signal Processing and Application (SIU 2006)*. Sabancı University, Antalya (2006).

8. K. Oflazer, B. Say, D. Z. Hakkani-Tür, G. Tür, "Building a Turkish Treebank, In Building and Exploiting Syntactically-annotated Corpora", Anne Abeille (ed.), Kluwer Academic Publishers, 2003.

Ek 1: İşlevsel bağımlılık temelli tümce örneği

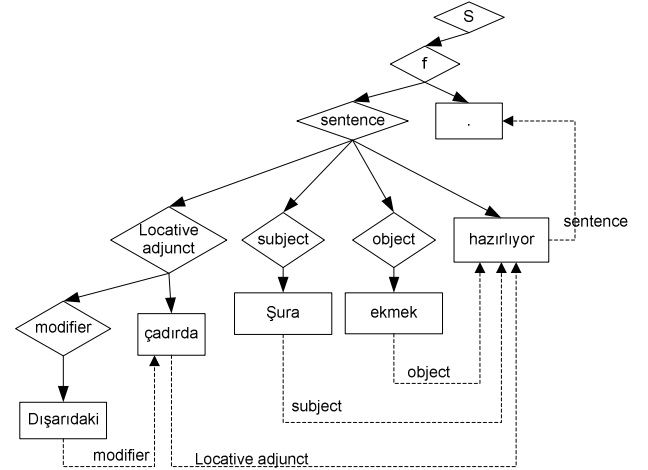
```

<S>
<W IX="1" LEM="" MORPH=""
IG="[(1,'dışarı+Postp+PCAb1')(2,'Noun+Zero+A3sg+Pnon+Loc')(3,'Adj+Rel')]
REL="[2,1,(MODIFIER)]">Dışarıdaki</W>
<W IX="2" LEM="" MORPH=""
IG="[(1,'çadır+Noun+A3sg+Pnon+Loc')]
REL="[5,1,(LOCATIVE.ADJUNCT)]">çadırda</W>
<W IX="3" LEM="" MORPH=""
IG="[(1,'şura+Noun+A3sg+Pnon+Nom')]
REL="[5,1,(SUBJECT)]">Şura</W>
<W IX="4" LEM="" MORPH=""
IG="[(1,'ekmek+Noun+A3sg+Pnon+Nom')]
REL="[5,1,(OBJECT)]">ekmek</W>
<W IX="5" LEM="" MORPH=""
IG="[(1,'hazırla+Verb+Pos+Prog1+A3sg')]
REL="[6,1,(SENTENCE)]">hazırlıyor</W>
<W IX="6" LEM="" MORPH="" IG="[(1,'+Punc')]
REL="[1,(,)]">.</W>
</S>

```

"Dışarıdaki çadırda Şura ekmek hazırlıyor."

Ek 2: Ağaç dönüştürücü sonrası tümce



Ek 3: Damgalanmış metin örneği

Alev, kırk sekiz yaşında bir eroinman. Onun eroinle tanışması da on altı yaşında zayıflamak amacıyla aldığı Dexedrin ile oluyor. Felsefe bölümünü bitiren Alev çok iyi **Fransızca** ve İngilizce konuşuyor. Felsefeye merakı onu ünlü **ressam**, yazar ve çizerlerin dünyasına sokuyor. On sekiz yaşında sırasıyla, **içki**, kokain ve eroinle **tanışılıyor**. Çevresi gerçekten geniş olan bu genç kız, **erkek arkadaş olarak hep kendisine**, hastalıklı bakıcılık yapabileceği kültürlü ve bağımlı erkekleri seçiyor. Alev'in babası emniyet amiri ve **bir hacı**. Ailesinden kendisine büyük bir miras kalmış olan karısı, türlü numaralar **çevrilip** Bakırköy Akıl Hastalıkları Hastanesi'ne **yatırılıyor**.