

ÜZERİ KARALANMIŞ YAZILARIN SPEKTRAL VE HİPERSPEKTRAL YÖNTEMLERLE ANALİZİ

Uz. Nurcan HAMZAOĞLU **M.A**¹, Prof. Dr. M. Fatih YAVUZ^{1,2}, Yrd. Doç. Dr. İsmail ÇAKIR²

¹ Alman Hastanesi, Adli Tıp ve Adli Bilimler Merkezi, İstanbul

² İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü, İstanbul

Özet

Bu çalışmada belge inceleme alanında kullanılan spektral inceleme yöntemlerinin üzeri karalanmış yazılarda; mürekkep türü, mürekkep rengi, kâğıt türü, süre gibi değişkenler kullanılarak etkinliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Adli belge inceleme alanında kullanılan ve spektral analiz yöntemi ile çalışan Forensic XP 4010, Forensic XP 4010 D ve VSC 2000 cihazlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi amacı ile markası ve modeli bilinen 29 adet mavi, 25 adet siyah tükenmez kalem, 12 adet mavi 13 adet siyah jel kalem ile beyaz kâğıt, saman kâğıdı ve senet kâğıdı kullanılmıştır. Beyaz kâğıt, saman kâğıdı ve senet kâğıdı üzerine yazılan yazılar; 1 gün, 1 hafta ve 1 ay sonra yine bu kalemler arasından seçilen farklı kalemler ile karalanmıştır. Daha sonra hazırlanan bu örnekler Forensic XP 4010, Forensic XP 4010 D ve VSC 2000 cihazlarında incelenmiştir.

Sonuç olarak spektral yöntemlerin üzeri karalanmış yazıların görünür hale getirilmesinde % 12 ile % 100 oranında başarılı olduğu görülmüştür. Bu oran mürekkep türü, rengi ve kâğıt türüne göre farklılık göstermektedir. Her üç cihazda da okunurluk sağlama açısından süreye bağlı bir değişkenlik gözlenmemiştir.

Bu cihazların kullanımının belge inceleme uzmanı ile belge inceleme laboratuvarlarının başarı düzeyini oldukça artıracağı, rapora yansıtılacak gerekçe ve görsel destek ile bilimsellik ve nesnellik açısından oldukça etkin sonuçlar doğuracağı kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Belge inceleme, hiperspektral analiz, karalanmış yazılar

OBLITERATED WRITINGS EXAMINATION BY SPECTRAL AND HYPERSPECTRAL METHODS.

Summary

In this study, it is aimed to determine the effectiveness by means of using the variables such as the ink type, ink color, paper type, period in obliterated writing on of the spectral examination methods which are used in the document examination area.

29 blue and 25 black ballpoint pens, 12 blue and 13 black gelpens and blue print paper, white paper and deposit slip with the known brand marks and models are provided for they purpose of the comparative examination of the equipment Forensic XP 4010, Forensic XP 4010 D and VSC 2000 which are operated by means of the spectral analysis method and used in the forensic document examination area. The writings which are written on the white paper, blue print paper, and deposit slip are cover obliterated by ink however a different group covered with the different ballpoint pens and gel pens that were chosen thorough the same pens after 1 day, 1 week and 1 month. After that, these examples were examined by means of the Forensic XP 4010, Forensic XP 4010 D and VSC 2000 equipments.

As a result, it is seen that it is achieved 12- 100 % success in making visible the obliterated writings which are scrubbed by means of the spectral methods. This ratio changes due to paper type, ink type, ink color. No time-related differences were observed among the equipments.

It is concluded that the success level of the document examination laboratories will increase with the document examination expert of the usage of these equipments, and considerably effective results will be reached in terms of the scientific approach and objectivity with the ground and visual support to be reflected on the report.

Key words: Document examination, hyperspectral analysis, obliterated handwriting.

Giriş ve Amaç

Adli belge inceleme; Adli Bilimler alanında, çeşitli inceleme yöntemleri kullanılarak yazı ve imzaların kimliklendirilmesi ve belgeler üzerinde yapılan sahteciliklerin tespit edilmesi amacıyla yapılan çalışmaları ifade etmektedir.

Belgeler üzerinde yapılan bu sahtecilikleri belirlemek için çeşitli yöntemlerden yararlanılır. Öncelikle inceleme konusu belgeler gözle veya mikroskopik inceleme yapılarak değerlendirilmektedir. Bu incelemenin yanı sıra ultraviyole, kızıl ötesi, kızıl ötesi luminesans, yansıtıcı, nokta kaynaklı ve transmitted gibi çeşitli ışık kaynakları, renkli filtreler ve milimetrik tabla ve fotoğraflama gibi belge inceleme tekniklerini bünyesinde barındıran bilgisayar destekli cihazlar da belge inceleme alanında kullanılmaktadır. Özellikle 1990'ların sonunda doküman incelemesinde kullanılmak üzere videospektral yöntemler ve bu yöntemlerin kullanıldığı teknolojilerde büyük gelişmeler kaydedilmiştir.

Belge inceleme alanında kullanılan spektral yöntemler ilk olarak 1950'li yıllarda geliştirilmeye başlanmıştır. Bu dönemde Foster & Freeman isimli İngiliz firması tarafından bilgisayar destekli ilk belge inceleme cihazı VSC-1 adıyla üretilmiştir.

Foster & Freeman firması VSC-1 cihazının ardından VSC-2000, VSCHR ve VSC 5000 cihazlarını geliştirmiştir. Bu cihazlar ile;

- Noktasal olarak 400nm – 1000nm dalga boyu aralığında soğurma, yansıma, flüoresans ve geçirgenlik spektrumları ölçülebilmektedir.
- İncelenen belgenin üzerine filtreler yardımı ile çeşitli dalga boylarında ışınlar gönderilerek, belgenin ışığı absorbe etme, yansıma gibi özelliklerine bağlı olarak, belgede yapılan sahteciliklerin belirlenmesi sağlanmaktadır.

- Belgeler üzerindeki güvenlik işaretlerini (filigran) görünür hale getirme
- Geçici olarak görüntüleri depolayıp bu görüntüleri karşılaştırma
- Yandan aydınlatma ile belge üzerindeki fulaj izinin belirlenmesi
- Üzeri karalanmış veya düzelticiler ile kapatılmış yazıların tespit edilmesi
- Görüntülerin ekran üzerinde çevrilmesi
- Elde edilen görüntülerin kaydedilmesi, çıktı alınması gibi işlemler yapılabilir(1).

Foster & Freeman firması tarafından son olarak 2007 Eylül ayında piyasaya sürülen, yüksek çözünürlü firewire renkli video görüntüleme sistemi ile donatılmış ve Windows Vista işletim sistemi ile çalışan VSC 6000 cihazı geliştirilmiştir.

TÜBİTAK-UEKAE (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu-Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü) tarafından belge inceleme için Forensic XP 4010 ve Forensic XP 4010 D isimli cihazlar geliştirilmiştir. Yeni teknolojileri içeren bu cihazlar ile;

- Yüksek çözünürlüklü büyütülmüş renkli görüntülerin elde edilmesi
- Görünür ve kızıl ötesi bölgede luminesans görüntülemesi

- İnsan gözü ile aynı görünen fakat farklı kalem ile yazılan yazıların tespiti
- Farklı spektral özelliklere sahip olan görüntülerin ekranda üç boyutlu görüntülenmesi
- IR, VIS, UV spektral aralığında yüksek çözünürlü hiperspektral görüntüleme
- Hiperspektrum tekniği kullanılarak incelenen belgenin absorpsiyon, yansıma, geçirgenlik (transmitted) ve floresansının spektral görüntülenmesi
- Mikro ve makro büyüklükteki belgeler için x40 zumlama yapabilmesi
- Silinmiş veya üzeri karalanmış yazıların tespit edilmesi
- Mor ötesi (UV) aydınlatma ile etkilenen emniyet özelliklerinin belirlenmesi
- İki objenin aynı ekran üzerinde izlenmesi
- Görüntülerin ekran üzerinde 360 derece çevrilmesi
- Görüntünün her noktasının yansıma spektrumunun ölçülmesi gibi işlemleri gerçekleştirmek mümkündür(2,3).

Mikro örneklerin kesin spektral ölçümünü esas alan cihazlar her görüntü noktasının gözle görünür ve kızıl ötesine yakın spektrumunu kesin olarak yakalar, hiperspektrum sonuçlarını kaydeder ve sırasıyla şüpheli özelliklerin ön plana çıkarılması için özel algoritma ile spektrumu işler. Sonuç olarak, sonucu bilgisayar ekranında kolay görünür formda boyar (2).

Farklı ışık kaynaklarını bünyesinde barındıran videospektral cihazlar; mürekkep farklılıklarını belirlemek, silinti-kazıntı izlerini ve silinmiş yazıları belirlemek, üzeri karalanmış yazıların içeriğini tespit etmek veya orijinal içeriği değiştirilmiş belgeleri incelemek amacıyla kullanılır.

Belge inceleme alanında çalışılan konulardan biri olan üzeri karalanmış yazılar; içerik ya da mesajın, yazının üzerine mürekkep ve düzeltici gibi maddelerle uygulanan fiziksel tatbik sebebi ile çözümlenemeyen her türlü yazıdır. Karalamalarda çeşitli materyaller kullanılmaktadır; ancak sık olarak karşılaşılan tükenmez kalemle yazılan yazıların tükenmez kalemle karalanmasıdır(4). Mürekkep veya kapaticılar ile üzeri kapatılan bu yazılar genellikle gerçek olan ve adli veya hukuki sonuçlara yol açabilecek bir belgede yer almaktadır. Belge inceleme uzmanından istenen ise nesnel veya bilimsel yöntemler kullanarak karalanan yazının ne olduğunun tespit edilmesidir. Ancak yapılan çalışmalarda adli belge inceleme uzmanları geleneksel yöntemleri kullanarak karalanmış yazıların belirlenmesinde zorluklarla karşılaşmışlardır. Buna karşın hiper spektral yöntem kullanımının “siyah” mürekkep ile grafitin karalandığı yazılarda olduğu gibi mürekkep/mürekkep ve grafit/grafit karalamalarında da başarılı olduğu bildirilmiştir (5).

Günümüzde üzeri karalanmış yazıların belirlenmesinde en etkin yöntem, lüminesans, ultraviyole gibi ışık kaynaklarını bünyesinde barındıran bilgisayar destekli cihazlardır (6).

Çeşitli kalem markalarının farklı mürekkep formülleri vardır. Ancak hepsinin temel maddesi renk veren katı bir madde (boya) veya pigment ile bu pigmentin karıştırıldığı bağlayıcı veya eritici bir akışkandır (7).

Mürekkep farklılıklarının belirlenmesinde fiziko kimyasal yöntemlerin yanında VSC 2000, Forensic XP 4010 gibi spektral yöntemler de kullanılmaktadır. Mürekkepler; istenen rengi yansıtacak, diğer dalga boylarındaki ışınları absorbe edecek boyaların karışımıdır. Bu boya oranları tüm mürekkeplerde aynı değildir. Oldukça geniş renk ve absorpsiyon spektrumuna sahiptirler. İnsan gözü yansıyan dalga boylarının kombinasyonlarını bir araya getirdiği için farklı absorpsiyon spektrumuna sahip yansıyan iki ışık kaynağını aynıymış gibi algılayabilir. Ancak çıplak gözle aynı görünen farklı mürekkepler; mürekkeplerin farklı derecelerde ışığı absorbe etme ve yansıtma özelliği, mürekkeplerin farklı ışık dalga boylarına verdiği farklı tepkiler sayesinde kızıl ötesi ışık altında incelendiğinde mürekkepler arasındaki bu farklılık görülerek fotoğraflanabilmekte, yine farklı

mürekkeplerin farklı derecelerde ışığı absorbe etme ve yansıtma özelliğine bağlı olarak üzeri karalanmış yazıların içeriği belirlenebilmektedir (7,8).

Mürekkebin Absorbsiyon ve Lüminesans Etkisi; Mürekkeplerin ışığı absorblayıp absorblamaması mürekkebin boyasındaki moleküllerde bulunan kromoforlara bağlıdır. Bazı mürekkepler ışığı kızıl ötesi alanda absorblarken bazı mürekkepler görünür bölgede absorblar. Sadece kızıl ötesi alandaki ışığı absorbe eden bileşimleri içeren mürekkepler sadece bu alanda tespit edilebilirler. Görünür bölgedeki ışığı absorblayan boyalardan oluşan mürekkepler ise sadece görünür alanda tespit edilebilir. Örneğin yakın kızıl ötesi alanda incelendiklerinde görünmezler. Üzeri karalanmış yazıları; mürekkeplerin bu özelliğinden yararlanılarak belirlemek mümkündür. Eğer orijinal mürekkep ışığı kızıl ötesi alanda absorbe edici özellikte, karalama amacı ile kullanılan mürekkep kızıl ötesi alanda görünmez özellikte ise yazı, üzerindeki mürekkep yokmuş gibi tespit edilebilir (9).

Lüminesans etki, fotoğraflama yolu ile veya VSC 2000, ve Forensic XP 4010 D gibi içerisinde video kameraları bulunan ve bu iş için özel dizayn edilmiş hiperspektral görüntüleme cihazları ile tespit edilebilir. Farklı aralıklarda filtreler kullanılarak lüminesans etki ortaya çıkarılabilir.

Hiperspektral görüntü; görüntünün tüm noktası için optik spektradan oluşan 4 boyutlu bir data dizisidir. Hiperspektrum; incelenen dokümanın her noktasından ölçülmüş, spektral data setlerinin yansımasıdır. Teknik olarak hiperspektrum, objenin her noktasının spektrometre ile taranması veya dar spektral bantta seri görüntü kaydı ile ölçülebilmesidir (6,10-12). Bu incelemenin temeli mürekkeplerin kimyasal yapılarındaki farklılıkların elektromanyetik spektrumda, çeşitli dalga boylarında farklı tepkiler vermelerine dayanır (13).

Hiperspektral Görüntüleme: Çok gelişmiş çoklu-spektral algılayıcılara hiperspektral algılayıcılar denilmektedir. Bu algılayıcılar elektromanyetik spektrumun görünür, yakın kızıl ötesi ve orta kızıl ötesi bölgelerinde yüzlerce küçük spektral aralıkta algılama yapmaktadırlar (10).

Yaygın olarak “spektral görüntüleme” ya da “ görüntüleme spektroskopisi” olarak ta adlandırılan hiperspektral görüntüleme, spektroskopi ile sayısal görüntü işleminin birleşimidir (14).

Teknik olarak hiperspektrum, objenin her noktasının spektrometre ile taranması veya dar spektral bantta seri görüntü kaydı ile ölçülebilir (6).

Herhangi bir görüntünün farklı dalga boyu bantlarında alınan bileşenleri sayısallaştırılarak görüntü küpü oluşturulur. Bu görüntüdeki her pikselin optik spektrumlu görüntü küpünü meydana getiren bileşenlerle belirlenir. Oluşturulan multispektral görüntüde herhangi bir noktanın belirli bir dalga boyundaki ışık şiddeti, o dalga boyuna karşılık gelen bileşendeki aynı koordinattaki pikselin parlaklık değeridir. Özel algoritmalar kullanılarak, ekranda, aynı spektral özelliklere sahip noktalar aynı, farklı spektral özelliklere sahip noktalar farklı renklerde gösterilmektedir. Bu yöntemle çok az düzeydeki spektral farklılıklar bile, insan gözünün farklı renklere duyarlılığından faydalanarak, kolayca görülebilir hale getirilebilmektedir (2,13,15).

Modern spektral teknolojisi ve ileri işlemci kullanılarak, mürekkepler ve kâğıtlar arasındaki küçük farklılıkların belirlenmesi ve silinmiş materyallerin açığa çıkarılması mümkündür. Geleneksel adli analiz metotlarının birçoğu, görüntünün 256 seviyelik grilik skalasında görünür hale getirilmesine dayanır. Bir inceleyicinin gözü 20–30 ayrı grilik skala seviyesini ayırt edebilir. Gerçek rakam bireyin göz hassasiyetine, bakış açısına, cismin şekli, boyutu, sınırları gibi gözlemin fiziksel durumuna bağlıdır. Spektral tarayıcılar, göz kapasitesini önemli derecede artırarak belge inceleme uzmanının çalışmalarını pekiştirmek amacı ile tasarlanmıştır (2,11).

Hiperspektral görüntüleme uzay teknolojisi, modern yüzey teknolojileri, tıp teknolojileri ve ilaç teknolojilerinde uygulandığı gibi günümüzde belge inceleme alanında da kullanılmaktadır.

Adli belge inceleme alanında karşılaşılan olaylarda, hiperspektrum, incelenen dokümanın her noktasından ölçülmüş spektral data setlerinin yansımadır(6,11). Belge incelemede, belgenin sahteliği; yazılarının orijinal belgedeki yazıların spektral özelliklerinde farklılık göstermesinden anlaşılmaktadır. Hiperspektral ölçüm cihazları incelenen belgelerin ilgili bölümlerinin her bir noktasının optik özelliklerini (yansıma, geçirgenlik veya lüminesans spectrumları) ölçer (10).

Hiperspektral görüntüleme; grafit, yazıcı, mürekkep ve karışık karalamalar gibi üzeri kapatılan yazıların görüntülenmesinde en etkili araç olarak görülmektedir (6).

Avantajları:

- Belge incelemede, fiziksel olarak ölçülebilir spektral data analizi ilkelerinden faydalanan, yıkıcı olmayan yeni bir ilke.
- Etkili 16 bit hiperspektral data alımı, bu hiperspektrum nokta başına 16 bit ve piksel başına etkili 64 bit'tir.
- Hiperspektral görüntülemede ticari olarak mümkün en yüksek hassasiyet ve çözünürlük.
- İncelenen dokümandan hand-free hiperspektral data kaydı(6).

Belge inceleme alanında kullanılan spektral inceleme yöntemlerinin üzeri karalanmış yazılarda; kalem mürekkep türü, mürekkep rengi, kâğıt cinsi ve zaman gibi değişkenler kullanılarak etkinliklerinin belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Gereç ve Yöntem

Adli belge inceleme alanında kullanılan spektral görüntüleme yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi amacı ile markası ve modeli bilinen 29 adet mavi ve 25 adet siyah tükenmez kalem, 13 adet siyah ve 12 adet mavi jel kalem ile saman kâğıdı, beyaz kâğıt ve senet kâğıdı temin edilmiştir.

Beyaz kâğıt, saman kâğıdı ve senet kâğıdı üzerine yazılan yazılar; yazıldıktan bir gün, bir hafta ve bir ay sonra yine bu kalemler arasından seçilen farklı kalemler ile karalanmış ve bu örnekler numaralandırılmıştır. Daha sonra, hazırlanan bu örnekler Forensic XP 4010, Forensic XP 4010 D ve VSC 2000 analiz cihazları ile incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan cihazlardan Forensic XP 4010 ile yapılan mürekkep incelemelerinde görünür/kızıl ötesi, görünür/kızıl ötesi alt ışık ve görünür/kızıl ötesi yan ışıklar, Forensic XP 4010 D ile yapılan mürekkep incelemelerinde görünür/kızıl ötesi ışıklar kullanılmıştır. VSC 2000 cihazı ile yapılan incelemelerde ise mürekkep ile karalanan örneklerin incelenmesinde görünür/kızıl ötesi ışık kullanılmıştır.

Forensic XP 4010 ile yapılan incelemeler Alman Hastanesi Adli Tıp ve Adli Bilimler Merkezi Belge İnceleme Laboratuvarı'nda, VSC 2000 ile yapılan incelemeler İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Belge İnceleme Laboratuvarı'nda ve Forensic XP 4010 D ile yapılan incelemeler TÜBİTAK-UEKAE'de gerçekleştirilmiştir. Verilerin istatistiksel analizi SPSS 15.0 programı kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular

Spektral ve hiperspektral yöntemlerle çalışan cihazlar olan Forensic XP 4010, VSC 2000 ve Forensic XP 4010 D ile yapılan analizlere ilişkin sonuçlar aşağıda tablolar halinde belirtilmiştir.

Çalışmada kullanılan üç cihaz, kullanılan kalem mürekkeplerinin rengi(mavi-siyah), mürekkep türleri (jelpen- tükenmez kalem), kullanılan kâğıdın türü (80 g beyaz kâğıt, saman kâğıdı, senet kâğıdı), süre (yazının yazıldığı andan itibaren 1 gün, 1 hafta ve 1 ay sonra karalanması) gibi 5 farklı değişken unsur ile karşılaştırılmış, yazıların analiz ile görünür hale gelip gelmediği analiz edilmiştir.

Mavi tükenmez kalem ile yazılıp yine mavi tükenmez kalem ile karalanan yazılarda en yüksek okunma oranının Forensic XP 4010 D cihazı ile sağlandığı, VSC 2000 cihazı ile de buna yakın sonuçlar alındığı, bu iki cihazın karalanan yazıyı okunur hale getirme performanslarının Forensic XP 4010 cihazından daha üstün olduğu görülmüştür. Bu farklılık istatistiksel olarak ta anlamlıdır. Karalanan yazıyı kâğıt türlerine göre değerlendirmede ise çok belirgin bir farklılık gözlenmemiştir (Tablo 1-3).

Siyah tükenmez kalem ile yazılıp siyah tükenmez kalem ile karalanan yazılarda beyaz kâğıtta Forensic XP 4010 ile VSC 2000 arasında belirgin bir farklılık yokken, saman kâğıtta ve senet kâğıdında VSC 2000'in daha yüksek oranda okuma sağladığı görülmektedir. VSC 2000 ile Forensic XP 4010 D arasında senet kâğıdı ve saman kâğıdında belirgin bir farklılık yokken beyaz kâğıtta Forensic XP 4010 D cihazı istatistiksel olarak ta anlamlı olan bir üstünlük sağlamıştır (Tablo 4-6).

Mavi tükenmez kalem ile yazılıp mavi jelpen ile karalanan yazılarda her üç kâğıt türünde de VSC 2000 ile Forensic XP 4010 D 'nin belirgin olarak daha yüksek performans gösterdikleri belirlenmiştir. Bu fark istatistiksel olarak ta anlamlıdır. Her üç kâğıtta da en yüksek okuma oranına Forensic XP 4010 D cihazının ulaştığı görülmektedir (Tablo 7-9).

Siyah tükenmez kalem ile yazılıp siyah jelpen ile karalanan yazılarda beyaz kâğıt ile senet kâğıdında VSC 2000 ile Forensic XP 4010 D, istatistiksel olarakta anlamlı bir şekilde, belirgin olarak daha yüksek okunurluk oranı sağlamıştır. Saman kâğıtta ise Forensic XP 4010 D yüksek okuma oranı sağlarken Forensic XP 4010 ve VSC 2000 benzer okuma oranları göstermektedir (Tablo 10-12).

Mavi jelpen ile yazılıp yine mavi jelpen ile karalanan yazılarda VSC 2000 ile Forensic XP 4010 D'nin daha yüksek okunma oranı gösterdikleri belirlenmiştir (Tablo 13-15).

Siyah jelpen ile yazılıp yine siyah jelpen ile karalanan yazılarda her üç cihaz ve kâğıt türleri arasında okunurluk sağlama açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir (Tablo 16-18).

Mavi jelpen ile yazılıp mavi tükenmez kalem ile karalanan yazılarda VSC 2000 ile Forensic XP 4010 D'nin gösterdiği yüksek oranda okunurluk, beyaz kâğıtta istatistiksel olarak ta anlamlıdır, ancak saman kâğıdı ve senet kâğıdında cihazlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığı ortaya koymamaktadır (Tablo 19-21).

Son olarak çalışılan siyah jelpen ile yazılıp siyah tükenmez kalem ile karalanan yazılarda Forensic XP 4010 ile VSC benzer oranlarda okunurluk sağlarken Forensic XP 4010 D ise tüm kâğıt türlerinde tama yakın okunurluk oranı göstermiştir (Tablo 22-24).

Tablo 1. Beyaz kâğıda mavi tükenmez kalemle yazılıp, mavi tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:29).

	<u>Okunan Oranı</u>	Okunamayan Oranı
	n %	n %
Forensic XP 4010	9 31	22 69
VSC 2000	17 59	12 41
Forensic XP 4010 D	19 66	10 34

χ^2 : 7.733, df:2, p<0.021

Tablo 2. Saman kâğıdında mavi tükenmez kalemle yazılıp mavi tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:29).

		<u>Okunan Oranı</u>		<u>Okunamayan Oranı</u>
		n %	n %	
Forensic XP 4010		24	22	76
	7			
VSC 2000		62	11	38
	18			
Forensic XP4010 D		72	8	28
	21			

$\chi^2:15.038$, df:2, $p<0.001$

Tablo 3. Senet kâğıdına mavi tükenmez kalemle yazılıp mavi tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n: 29)

		<u>Okunan Oranı</u>	<u>Okunamayan Oranı</u>
		n % n %	
Forensic XP 4010		8 28	21 72
VSC 2000		18 62	11 38
Forensic XP 4010 D		19 66	10 34

$\chi^2:10.219$, df:2, $p<0.006$

Tablo 4. Beyaz kâğıda siyah tükenmez kalemle yazılıp siyah tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n: 25)

		<u>Okunan Oranı</u>	<u>Okunamayan Oranı</u>
		n %	n %
Forensic XP 4010		48	13 52
	12		
VSC 2000		56	11 44
	14		
Forensic XP 4010 D		92	2 8
	23		

$\chi^2:12.127$, df:2, $p<0.002$

Tablo 5. Saman kâğıdına siyah tükenmez kalemle yazılıp siyah tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n: 25)

		<u>Okunan Oranı</u>	<u>Okunamayan Oranı</u>
		n %	n %
Forensic XP 4010		1 48	13 52
	2		
VSC 2000		1 64	9 36
	6		
Forensic XP 4010 D		1 76	6 34
	9		

$\chi^2:4.217$, df:2, $p<0.121$

Tablo 6. Senet kâğıdına siyah tükenmez kalemle yazılıp siyah tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n: 25)

		<u>Okunan Oranı</u>	<u>Okunamayan Oranı</u>
		n %	n %
Forensic XP 4010		44	14 66
	11		

VSC 2000		56	11 44
	14		
Forensic XP 4010 D		68	8 32
	17		

χ^2 : 2.922, df:2, p<0.232

Tablo 7. Beyaz kâğıda mavi tükenmez kalemle yazılıp mavi jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n: 29)

	<u>Okunan Oranı</u>		Okunamayan Oranı	
	n	%	n	%
Forensic XP 4010	6	21	23	79
VSC 2000	19	66	10	34
Forensic XP 4010 D	23	79	6	21

χ^2 :22.029, df:2, p<0.000

Tablo 8. Saman kâğıdına mavi tükenmez kalemle yazılıp mavi jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:29)

	<u>Okunan Oranı</u>		Okunamayan Oranı	
	n	%	n	%
Forensic XP 4010	6	21	23	79
VSC 2000	18	62	11	38
Forensic XP 4010 D	25	86	4	14

χ^2 :25.885, df:2, p<0.000

Tablo 9. Senet kâğıdına mavi tükenmez kalemle yazılıp mavi jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:29)

	<u>Okunan Oranı</u>		Okunamayan Oranı	
	n	%	n	%
Forensic XP 4010		21	23	79
	6			
VSC 2000		66	10	34
	19			
Forensic XP 4010 D		79	6	21
	23			

χ^2 :22.029, df:2, p<0.000

Tablo 10. Beyaz kâğıda siyah tükenmez kalemle yazılıp siyah Jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:25)

	<u>Okunan Oranı</u>		Okunamayan Oranı	
	n	%	n	%
Forensic XP 4010	4	16	21	84
VSC 2000		44	14	56
	11			
Forensic XP 4010 D		68	8	32
	17			

χ^2 :13.884, df:2, p<0.001

Tablo 11. Saman kâğıdına siyah tükenmez kalemle yazılıp siyah jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:25)

	<u>Okunan oranı</u>		Okunamayan Oranı	
	n	%	n	%

	n	%	n	%
Forensic XP 4010	16		21	84
VSC 2000	4		20	80
Forensic XP 4010 D	5		4	16
	21			

χ^2 :30.333, df:2, p<0.000

Tablo 12. Senet kâğıdına siyah tükenmez kalemle yazılıp siyah jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n: 25)

	<u>Okunan oranı</u>	Okunamayan Oranı
	n %	n %
Forensic XP 4010	12	22 88
3		
VSC 2000	64	9 36
16		
Forensic XP 4010 D	56	11 44
14		

χ^2 :15.909, df:2, p<:0.000

Tablo 13. Beyaz kâğıda mavi jelpenle yazılıp mavi jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n: 12)

	<u>Okunan oranı</u>	Okunamayan Oranı
	n %	n %
Forensic XP 4010	67	4 33
8		
VSC 2000	92	1 8
11		
Forensic XP 4010 D	92	1 8
11		

χ^2 : 3.600, df:2, p<:0,165

Tablo 14. Saman kâğıdına mavi jelpenle yazılıp mavi jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:12)

	<u>Okunan Oranı</u>		Okunamayan Oranı	
	n	%	n	%
Forensic XP 4010	8	67	4	33
VSC 2000	11	92	1	8
Forensic XP 4010 D	12		0	
	100			

χ^2 : 6.039, df:2, p<:0.049

Tablo 15. Senet kâğıdına mavi jelpenle yazılıp mavi jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:12)

	<u>Okunan Oranı</u>		Okunamayan Oranı
	n	%	n %
Forensic XP 4010	6	50	6 50
VSC 2000	10	83	2 17
Forensic XP 4010 D	11	92	1 8

χ^2 :6.222, df:2, p<0.045

Tablo 16. Beyaz kâğıda siyah jelpenle yazılıp siyah jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n: 13)

		<u>Okunan Oranı</u> n %	<u>Okunamayan Oranı</u> n %
Forensic XP 4010		46	7
	6		54
VSC 2000		54	6
	7		46
Forensic XP 4010 D		77	3
	10		23

 $\chi^2:2.755$, df:2, p<0,252**Tablo 17.** Saman kâğıdına siyah jelpenle yazılıp siyah jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:13)

		<u>Okunan Oranı</u> n %	<u>Okunamayan Oranı</u> n %
Forensic XP 4010		46	7 54
	6		
VSC 2000		54	6 46
	7		
Forensic XP 4010 D		69	4 31
	9		

 $\chi^2:1.857$, df:2, p<0.395**Tablo 18.** Senet kâğıdına siyah jelpenle yazılıp siyah jelpenle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:13)

		<u>Okunan Oranı</u> n %	<u>Okunamayan Oranı</u> n %
Forensic XP 4010		54	6 46
	7		
VSC 2000		46	7 54
	6		
Forensic XP 4010 D		69	4 31
	9		

 $\chi^2:1.460$, df:2, p<0.482**Tablo 19.** Beyaz kâğıda mavi jelpenle yazılıp mavi tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:12)

		<u>Okunan Oranı</u> n %	<u>Okunamayan Oranı</u> n %
Forensic XP 4010		75	3 25
	9		
VSC 2000		100	0
	12		
Forensic XP 4010 D		100	0
	12		

 $\chi^2:6.545$, df:2, p<0.038**Tablo 20.** Saman kâğıdına mavi jelpenle yazılıp mavi tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:12)

		<u>Okunan Oranı</u> n %	<u>Okunamayan Oranı</u> n %
Forensic XP 4010		75	3 25
	9		
VSC 2000		92	1 8
	11		
Forensic XP 4010 D		100	0

$\chi^2:3.938$, df:2, $p<0.140$

Tablo 21. Senet kâğıdına mavi jelpenle yazılıp mavi tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:12)

	<u>Okunan Oranı</u>		<u>Okunamayan Oranı</u>	
	n	%	n	%
Forensic XP 4010	9	75	3	25
VSC 2000	10	83	2	17
Forensic XP 4010 D	12	100	0	

$\chi^2:3.252$, df:2, $p<0.197$

Tablo 22. Beyaz kâğıda siyah jelpenle yazılıp siyah tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:13)

	<u>Okunan Oranı</u>		<u>Okunamayan Oranı</u>	
	n	%	n	%
Forensic XP 4010	11	85	2	15
VSC 2000	10	77	3	23
Forensic XP 4010 D	13	100	0	

$\chi^2:3.212$, df:2, $p<0.201$

Tablo 23. Saman kâğıdına siyah jelpenle yazılıp siyah tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:13)

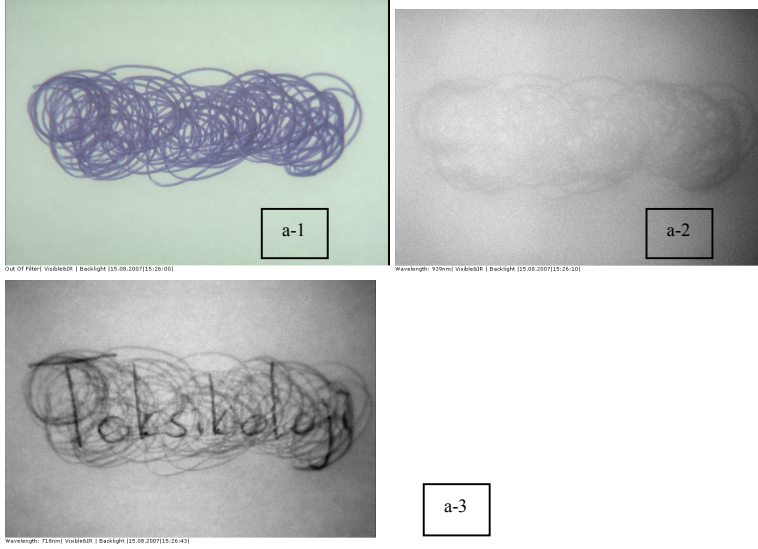
	<u>Okunan Oranı</u>		<u>Okunamayan Oranı</u>	
	n	%	n	%
Forensic XP 4010	11	85	2	15
VSC 2000	11	85	2	15
Forensic XP 4010 D	11	85	2	15

$\chi^2:0.000$, df:2, $p<1.000$

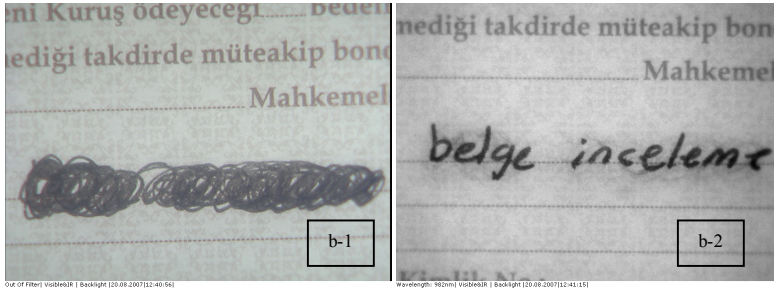
Tablo 24. Senet kâğıdına siyah jelpenle yazılıp siyah tükenmez kalemle karalanan örneklerin istatistiksel sonuçları (n:13)

	<u>Okunan Oranı</u>		<u>Okunamayan Oranı</u>	
	n	%	n	%
Forensic XP 4010	10	77	3	23
VSC 2000	9	69	4	31
Forensic XP 4010 D	13	92	0	8

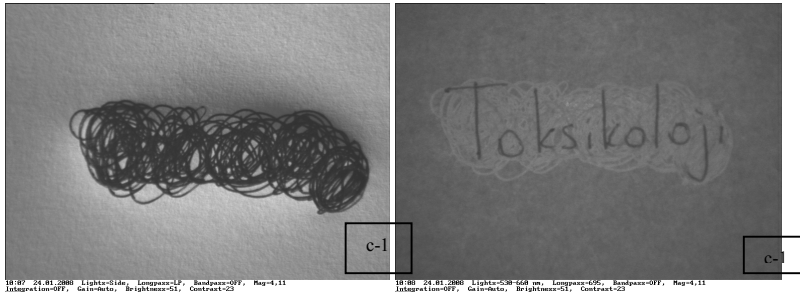
$\chi^2:4.527$, df:2, $p<0.104$



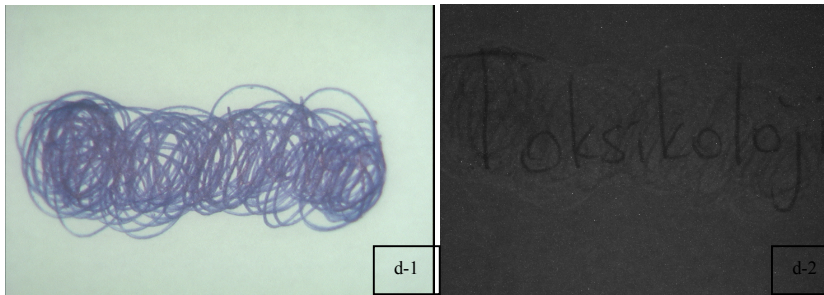
Şekil a 1-3. Beyaz kâğıda mavi tükenmez kalemle yazılıp mavi tükenmez kalemle karalanan 7 nolu örneğin Forensic XP 4010 cihazında incelenmesi sonucu elde edilen görüntüler (a-1:örneğin çıplak gözle görünümü, a-2:örneğin 900 nm deki görünümü, a-3: örneğin 718 nm deki görünümü).



Şekil b 1-2. Senet kâğıdına siyah jelpenle yazılıp siyah jelpenle karalanan 5 nolu örneğin Forensic XP 4010 cihazında incelenmesi sonucu elde edilen görüntüler (b-1: örneğin çıplak gözle görünümü, b-2:örneğin 720 nm deki görünümü).



Şekil c 1-2. Beyaz kâğıda siyah tükenmez kalemle yazılıp siyah tükenmez kalemle karalanan 17a nolu örneğin VSC 2000 cihazında incelenmesi sonucu elde edilen görüntüler (c-1:örneğin çıplak gözle görünümü, c-2: örneğin 685 nm deki görünümü).



Şekil d 1-2. Beyaz kâğıda mavi tükenmez kalemle yazılıp mavi tükenmez kalemle karalanan 5 nolu örneğin Forensic XP 4010 D cihazında incelenmesi sonucu elde edilen görüntüler (d-1:örneğin çıplak gözle görünümü, d-2: örneğin 710 nm deki görünümü)

Tartışma ve Sonuç

Belge inceleme alanında yapılan çalışmalarda uzmanın mesleki deneyimi ön planda olmakla birlikte, donanımlı bir belge inceleme laboratuvarının da mutlaka var olması gereklidir. Donanımlı bir belge inceleme laboratuvarında bulunması gereken cihazlardan biri de spektral analiz cihazıdır. Bu cihazların etkinliğini değerlendirmek için yapılan bu çalışmada Forensic XP 4010, VSC 2000 ve Forensic XP 4010 D gibi spektral ve hiperspektral analiz ile çalışan cihazlar, mürekkep rengi (mavi-siyah), mürekkep türü (jelpen- tükenmez kalem), süre (bir gün, bir hafta ve bir ay sonra karalanan) ve kâğıt türlerine (beyaz kâğıt, saman kâğıdı, senet kâğıdı) göre üzerleri karalanmış yazılarda okunurluğu sağlama açısından değerlendirilmiştir. Her üç cihazda da okunurluk sağlama açısından süreye bağlı bir değişkenlik gözlenmemiş olup; yazının bir gün, bir hafta ve bir ay sonra üzerinin karalanmasının etkili bir faktör olmadığı sonucuna varılmıştır.

Mürekkep açısından yapılan değerlendirmede siyah tükenmez kalem ile oluşturulan karalamaların mavi tükenmez kalemlere göre daha yüksek oranda okunur hale getirildiği getirildiği gözlenmiştir.

Cihazlar açısından okunurluk oranı sağlama etkinliğinin değerlendirilmesinde Forensic XP 4010 ile de yüksek okunurluk oranları sağlanmış olmakla birlikte Forensic XP 4010 D hiperspektral analiz cihazının daha yüksek okunurluk oranları sağladığı, VSC 2000 cihazı ile de buna yakın sonuçlar alındığı görülmektedir.

VSC 2000 cihazı mavi mürekkeplerde Forensic XP 4010 D'ye yakın bir grafik izlese de siyah mürekkeplerin incelenmesinde beyaz kâğıt ve saman kâğıdında yapılan incelemelerde Forensic XP 4010 D'nin istatistiksel olarak ta anlamlı olan bir üstünlük sağladığı görülmektedir.*****

Bu çalışma, her üç cihazın belge inceleme alanına ilişkin analizlerde birlikte kullanıldığı ilk çalışma olup literatürde benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısı ile kıyaslamalı bir değerlendirme yapılamamıştır.

Demirağ (9) tarafından benzer bir konuda yapılan çalışmada video spektral yöntemlerin adli amaçlı belge inceleme çalışmalarında %83 oranında başarılı olduğu vurgulanmıştır. Hina Ayub ve Diana Williams (5) tarafından yapılan çalışmada; mürekkeple yazılıp mürekkeple karalanan yazıların geleneksel yöntemlerle uygun şekilde görselleştirilemezken hiperspektral yöntemlerle yapılan incelemelerde başarılı sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir.

Geleneksel yöntemlerle hiç bir alet ve cihaz kullanmadan yapılan incelemelerle karalanan yazıların tespit edilemeyeceği bir gerçektir. Bu durum hiperspektral ve spektral inceleme yapan cihazların belge inceleme laboratuvarlarında bulundurulma zorunluluğunu göstermektedir.

Adli olarak veya bireysel başvurular sonucunda incelenen belgeler genellikle tarafların veya mahkemenin elinde bulunan tek ispat materyali olduğu için inceleme yöntemlerinin belgelere zarar vermemesi oldukça önemli bir husustur. Bu bağlamda spektral ve hiperspektral yöntemlerin belge inceleme alanında kullanılması incelenen belgelerin korunması açısından bir avantaj sağlamaktadır.

Videospektral ve hiperspektral yöntemlerle elde edilen bulguların objektif olması, görsel olarak rapora eklenebilmesi ve belgeye zarar vermediği için incelemenin tekrar yapılmasına imkân vermesi nedeniyle sonuçların kanıtlanabilir olması bu cihazların sağladığı diğer bir avantajdır.

Sonuç olarak; belge inceleme laboratuvarında mutlaka bulunması gereken cihazlar arasında yer alan spektral analiz cihazları özellikle tahrif edilmiş belgelerde çok aktif olarak kullanılmaktadır.

Çalışmamızda bu cihazların, üzeri karalanmış yazılarda okunurluk sağlama düzeyleri değerlendirilmiş olup, her üç cihazında yüksek oranda okunurluk sağladığı, bu oranların VSC 2000 ve Forensic XP 4010 D cihazlarında daha yüksek olduğu, tükenmez kaleme kıyasla jelpende, mavi renge kıyasla siyah mürekkepte daha yüksek oranlarda okunurluk düzeyi sağlandığı görülmüştür.

Yapılan bu çalışmanın sonucunda spektral yöntemlerin üzeri karalanmış yazıların görünür hale getirilmesinde % 12 ile % 100 oranında başarılı olduğu görülmüştür. Bu oran mürekkep türü, rengi ve kâğıt türüne göre farklılık göstermektedir.

Bu cihazların kullanımının belge inceleme uzmanı ile belge inceleme laboratuvarının başarı düzeyini oldukça artıracığı, rapora yansıtılacak gerekçe ve görsel destek ile bilimsellik ve nesnellik açısından oldukça etkin sonuçlar doğuracağı görüşüne varılmıştır.

Kaynaklar

1. Gregg, M. M., Advances in Document Examination: The Videospectral Comperator 2000. Erişim: <http://www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/oct1999/mokrzyck.htm>. Erişim Tarihi: 31.05.2008.
2. Forensic XP 4010 D The New System for Forensic Document Examination. Erişim: <http://www.uekae.tubitak.gov.tr>, Erişim Tarihi: 15.02.2008.
3. Forensic XP 4010 Doküman İnceleme Cihazı. Erişim: <http://www.uekae.tubitak.gov.tr>. Erişim Tarihi: 15.02.2008.
4. Levinson, J., (2001) 'Questioned Documents A Lawyer's Handbook'. London: Academic press, pp:138-139.
5. Ayub, H., Williams, D., (2006) The Role of Hyperspectral Imaging in the Visualization of Obliterated Writings. Erişim: (<http://meetings.aps.org/link/BAPS.2006.MAR.R9.6>) Erişim Tarihi: 05.02.2008.
6. Huang, H., YU, H., Xu, H., Ying, Y., (2008). 'Near Infrared Spectroscopy for on/in-line Monitoring of Quality in Foods and Beverages: A Review'. Journal of Food Engineering, Volum: 87 303-313.
7. Çalı, H.H., (2007). 'Boya ve Mürekkep Analizi'. Çağın Polisi Dergisi, 60:60-62.
8. Waggoner, L., R., Spradlin, W., (1983). 'Obliterated Writing- An Anconventionel Approach'. Journal of Forensic Science, 28 (3):686-691.
9. Demirağ, M., (2000) Adli Doküman İncelemede klasik Yöntemlerle Videospektral Yöntemlerin Uygulanmasının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Adli Tıp Anabilim Dalı, Ankara.
10. Hacızade, F., Bektaş, G., Kayahan, E., Görüntü Spektroskopisi Cihazının Sivil Amaçlı Kullanımı, Ulusal Optik, Elektro-optik ve Fotonik Çalışma Toplantısı, 12.12.2005, Bilkent Üniversitesi, Ankara.
11. Hacızade, F., 'Multi- and Hyperspectral Imaging Technique - New Possibilities in Document. Examination.'. Erişim: [http://www.sciencegl.com./Forensic hyperspectrum-document/EDEWG-2006-hyperspectrum.pdf](http://www.sciencegl.com./Forensic%20hyperspectrum-document/EDEWG-2006-hyperspectrum.pdf). Erişim Tarihi: 15.02.2008.
12. Hilton, O., (1993). 'Scientific Examination of Questioned Documents'. Washington D.C CRC pres, , 117-120.
13. Hacızade, F., (2007) Belge İnceleme Alanında Mevcut Sistemler ile Hiperspektral Görüntüleme Teknolojisinin Karşılaştırılması, ABİDER Eğitim Programı 2.
14. Bülbul, S., (2005) Şüpheli Belge İncelemelerinde Kullanılan Spektroskopik Yöntemlerin karşılaştırmalı İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Adli Tıp Anabilim Dalı, Ankara.

İletişim Adresi: Prof.Dr. M. Fatih YAVUZ
İstanbul Üniversitesi,
Adli Tıp Enstitüsü, İstanbul
e-mail: fyavuz@istanbul.edu.tr