

UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN KONUMSAL DOĞRULUKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yazgı Nur SAYIN¹, Kaan KALKAN¹

¹TÜBİTAK, Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye
yazgi.sayin@tubitak.gov.tr, kaan.kalkan@tubitak.gov.tr

ÖZET

Konumsal doğruluk hesapları, geo-referanslanmış uydu görüntülerinden edinilen konumsal bilgilerin doğruluğunu ve görüntünün kalitesini ölçmeye yarar. Bu analizler sayesinde kullanıcı verilerdeki konumsal belirsizlikleri ve tutarsızlıkları anlayabilir ve ölçebilir. Doğruluk metrikleri bir geo-uzamsal konum tahminindeki doğruluğu veya karşılık gelen hatayı kolay bir şekilde ifade etmek için yaygın olarak kullanılır. Harita noktasının konumu, daha yüksek doğrulukta arazi çalışmaları tarafından belirlenen ilgili konumla karşılaştırılır, böylece haritanın doğruluğu doğrulanır. Mekansal veri doğruluklarını değerlendirmek için bazı harita standartları kullanılır. Bu standartlar hataları hesaplarken kullanılan araçlar ve metodoloji açısından birbirlerinden farklıdır. Bu çalışmanın amacı konumsal doğruluğu ölçmek için kullanılan yöntemleri açıklamaktır (O'Hara ve Cheriadat, 2009), (ASPRS, 1990).

Anahtar Sözcükler: konumsal doğruluk, harita doğruluk standartları

ABSTRACT

EVALUATION OF THE SPATIAL ACCURACY OF SATELLITE IMAGES

Spatial accuracy calculations are used to measure the accuracy of the spatial information obtained from geo-referenced satellite images and the quality of the image. Spatial error analysis techniques allow the user to quantify and understand spatial uncertainty and discrepancies in data. Accuracy metrics are commonly used to easily express the accuracy or corresponding error in an estimate of geospatial location. Accuracy of the map is determined by comparing it with the corresponding higher accuracy locations determined by ground surveys. Some map accuracy standards are used to evaluate geospatial data accuracies. These standards differ regarding the tools and methodology used when calculating errors. This study aims to explain the methods used to measure positional accuracy.

Keywords: spatial accuracy, map accuracy standards

1. GİRİŞ

Bu çalışmada kullanılan yöntemler; Karesel Ortalama Hata (Root Mean Squared Error (RMSE)), Dairesel Hata, Lineer Hata başlıkları altında toplanmıştır. Ayrıca The National Map Accuracy Standard (NMAS), The American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) Standard, The National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) ve NIIRS (The National Imagery Interpretability Rating Scale) gibi harita doğruluk standartları da değerlendirilmiştir. Bu konuda daha önce Two-Dimensional Measures of Accuracy in Navigational Systems (Gerald, 1987), Principles of Error Theory and Cartographic Applications (Green-walt ve Shultz, 1962), Computation of scalar accuracy metrics LE, CE, and SE as both predictive and sample based statistics (Doloff ve Carr, 2016), Mapping Matters (Abdullah, 2008) yayınlarında incelemeler yapılmıştır. Bu yayın tüm bu yayınların derlenmiş halidir.

2. KONUMSAL DOĞRULUK HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Bu bölümde Karesel Ortalama Hata, Dairesel Hata ve Lineer Hata hesaplamaları farklı başlıklar altında incelenmiştir.

2.1 Karesel Ortalama Hata

Karesel Ortalama Hata, aynı noktalar için daha yüksek doğruluklu bağımsız bir kaynaktan alınan koordinat değerleri ve veri seti arasındaki karesi alınmış farklar kümesinin ortalamasının kareköküdür (Green-walt ve Shultz, 1962). Karesel Ortalama Hata, yatay doğruluk ve düşey doğruluk olarak ikiye ayrılır. Formülize edilirse;

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\text{veri}_i - \text{kontrol}_i)^2}{n}} \quad (1)$$

Şeklinde gösterilebilir. Buradaki değişkenler **veri_i** = veri setindeki i. noktanın koordinatı, **kontrol_i** = bağımsız yüksek doğruluk kaynağındaki i. noktanın koordinatı, **n** = test edilen noktaların sayısı, **i** = 1 ile n arasındaki bir tamsayı olarak ifade edilebilir.

X ve Y yönündeki hataların kareleri toplamının karekökü yatay hatayı, z yönündeki hata düşey hatayı verir.

2.2. Dairesel Hata

Dairesel olasılık yoğunluk dağılımı, R yarıçaplı bir daire üzerine entegre edildiğinde, konum ölçümünün (X,Y) bu daire içinde olma olasılığı elde edilir. Bu olasılık Dairesel Hata Olasılığı (Circular Error Probability) olarak adlandırılır ve şu şekilde gösterilir (Gerald, 1987);

$$P(R) = \int \int \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)}}{2\pi\sigma_x\sigma_y} dx dy \quad x^2 + y^2 \leq R^2 \quad (2)$$

Bir nesnenin yatay konum hatası, rastgele bir değişken çifti (x, y) ile temsil edilebilir. Rastgele değişkenler x ve y, sırasıyla X (boylam) ve Y (enlem) yönlerinde karşılaşılan hataya karşılık gelir. Hata, ölçülen değerlerin gerçek değerlerden sapması olarak düşünülebilir. İki rastgele değişkenin, Gauss dağılımı ve sıfır ortalama ile bağımsız olduğu varsayılabilir. Bu rastgele değişkenler (x, y) için ortak olasılık yoğunluk dağılımı yukarıdaki denklem ile verilmektedir. Denklemin yeniden düzenlenmesi şu şekilde sonuçlanır;

$$-2\ln[p(x,y)2\pi\sigma_x\sigma_y] = \frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} \quad (3)$$

Yukarıdaki denklemde görülen varyans σ_x şu şekilde hesaplanır;

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(\text{görüntü koordinatı} - \text{yer koordinatı})^2}{n}} \quad (4)$$

Burada görüntüdeki x koordinatı ve gerçek dünyadaki x koordinatı, sırasıyla görüntü ve gerçek dünyadan ölçülen noktaların koordinatlarıdır ve n, bu noktaların sayısıdır. σ_y de benzer şekilde hesaplanır.

Verilen bir değer (x, y) için denklemden görülebileceği gibi, olasılık yoğunluk fonksiyonu, her iki boyuttaki varyansların (σ_x ve σ_y) eşit olduğunu varsayarak dairenin yarıçapının karesini temsil eder. σ_x ve σ_y 'nin eşit olduğu durum için P(R);

$$P(R) = 1 - \frac{R^2}{e^{2\sigma_c^2}} \quad (5)$$

şeklinde ifade edilir (O'Hara ve Cheriadat, 2009).

CE_XX, %XX olasılık düzeyinde CE'ye karşılık gelir.

CE90 için, NMAS, bir görüntü veya haritadaki iyi tanımlanmış noktaların %90'ının belirli bir radyal mesafe R içinde olması gerektiğini belirtir.

Dairesel Hata için olasılık tablosu (Dolloff ve Carr, 2016) Çizelge-1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Dairesel Hata İçin Olasılık ve Oran Tablosu

Oran(r)	Olasılıklar				
	0.5	0.9	0.95	0.99	0.999
0	0.6745	1.6449	1.96	2.5758	3.2905
0.05	0.6763	1.6456	1.9606	2.5763	3.291
0.1	0.682	1.6479	1.9625	2.5778	3.2921
0.15	0.6916	1.6518	1.9658	2.5803	3.294
0.2	0.7059	1.6573	1.9704	2.5838	3.2967
0.25	0.7254	1.6646	1.9765	2.5884	3.3003
0.3	0.7499	1.6738	1.9842	2.5942	3.3049
0.35	0.7779	1.6852	1.9937	2.6013	3.3104
0.4	0.8079	1.6992	2.0051	2.6099	3.3172
0.45	0.8389	1.7163	2.019	2.6203	3.3252
0.5	0.8704	1.7371	2.0359	2.6326	3.3346
0.55	0.9021	1.7621	2.0564	2.6474	3.3459
0.6	0.9337	1.7915	2.0813	2.6653	3.3595
0.65	0.9651	1.8251	2.1111	2.6875	3.3759
0.7	0.9962	1.8625	2.146	2.7151	3.3965
0.75	1.0271	1.9034	2.1858	2.7492	3.4227
0.8	1.0577	1.9472	2.2303	2.7907	3.457
0.85	1.088	1.9936	2.2791	2.8401	3.5018
0.9	1.1181	2.0424	2.3318	2.8974	3.5594
0.95	1.1479	2.0932	2.3881	2.9625	3.631
1	1.1774	2.146	2.4478	3.0349	3.7169

Oran (r) $\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ ($RMSE_{\min}/RMSE_{\max}$) oranını ifade eder.

Eğer $\sigma_x = \sigma_y = \sigma_c$ ise;

$$CE90 = 2.1460 * \sigma_c \quad (6a)$$

$$CE95 = 2.4477 * \sigma_c \quad (6b)$$

σ_x ve σ_y 'nin eşit olmadığı durumlarda, hata dağılımı gerçekten dairesel olmaktan ziyade daha eliptik bir şekil alır. Durum bu olsa da, belirli $\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ oranlarında geçerli eliptik dağılım için bir Gauss dairesel dağılımı hala kullanılabilir, burada $\sigma_{\min}$, σ_x ve σ_y arasındaki minimum değerdir.

Eğer σ_x ve σ_y eşit değilse ve $\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ oranı 0.6 ile 1 arasındaysa σ_c , σ_x ve σ_y 'nin doğrusal bir kombinasyonu ile tahmin edilir;

$$\sigma_c = 0.5222 * \sigma_{\min} + 0.4778 * \sigma_{\max} \quad (7)$$

NSSDA tarafından Amerika Birleşik Devletleri uzamsal veri standardı için kabul edilen denklem ise aşağıdadır;

$$\sigma_c = 0.5 * (\sigma_{\min} + \sigma_{\max}) \quad (8)$$

$$CE90 = 2.4477 * 0.5 * (\sigma_{\min} + \sigma_{\max}) \quad (9)$$

$\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ oranı sıfıra yaklaştıkça, %39.35 olasılık eğrisi daireselden eliptik şekle doğru bir geçişi takip eder. Eğri, 0.6'dan küçük $\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ oranları için dairesel bir standart hatayı etkin bir şekilde temsil edemez. Eğer σ_x ve σ_y eşit değilse ve $\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ oranı 0.6'dan küçükse dairesel hata yukarıdaki tablo kullanılarak tahmin edilir (O'Hara ve Cheriadat, 2009), (Greenwalt ve Shultz, 1962).

2.3 Lineer Hata

Lineer hata, doğrusal bir hatayı ve dikey bir çizginin uzunluğunu ifade eder. LE_{XX} , %XX olasılık düzeyinde LE'ye karşılık gelir. LE90 için, dikey hatanın mutlak değerinin çizgi boyunca yer alma ihtimali %90'dır (Doloff ve Carr, 2016).

Aşağıda lineer hata denklemi verilmiştir;

$$P = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}}\sigma_z} \int e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{(z-\bar{z})^2}{\sigma_z^2}\right)} dz \quad (10)$$

Lineer Hata için olasılık tablosu (Green-walt ve Shultz,1962), (Dolloff ve Carr, 2016):

Çizelge 2. Lineer Hata Olasılık Tablosu

Oran(r)	Olasılıklar						
	0.5	0.6827	0.9	0.95	0.9545	0.99	0.999
L(p)	0.6745	1.00001	1.6449	1.96	2	2.5758	3.2905

2.4 Yüzdelik Yöntem

Yüzdelik sıraları ve ilgili değerleri belirlemek için farklı yaklaşımlar vardır. 2 yaklaşım üzerinde durulacaktır;

2.4.1 1.Yöntem

Yüzdelik sıralaması (n) ilk olarak aşağıdaki denklem kullanılarak istenen yüzdelik dilim için hesaplanır:

$$n = \left(\left(\left(\frac{P}{100} \right) * (N - 1) \right) + 1 \right) \quad (11)$$

n, P. yüzdelik dilimini içeren gözlemin sırasıdır. P, yüzdelik dilimin istendiği orandır. (örneğin, 95. yüzdelik dilim için 95) ve N, örnek veri setindeki gözlemlerin sayısıdır. Gözlemin sırası belirlendikten sonra, yüzdelik (Qp), aşağıdaki denklem kullanılarak üst ve alt gözlemlerden enterpolasyon yapılarak hesaplanabilir:

$$Q_p = \left(A[n_w] + (n_d * (A[n_w + 1] - A[n_w])) \right) \quad (12)$$

Qp, P. yüzdelik dilimdir; n'deki değer, A, 1'den N'ye artan düzende indekslenen örneklerin mutlak değerlerinin bir dizisidir, A[i], i dizisindeki A dizisinin örnek değeridir (örneğin, n_w veya n_d). i, 1 ile N arasında bir tam sayı olmalıdır. n, P'inci yüzdelik dilimini içeren gözlemin sıralamasıdır, n_w, n'nin tam sayı bileşenidir (ör 3.14 için 3) ve n_d, n'nin ondalık bileşenidir (ör 3.14 için 0.14), (ASPRS, 2014).

2.4.2 2.Yöntem

Tahmini CE90, LE90 hesabı için gözlemlerin mutlak değeri alınarak küçükten büyüğe doğru sıralanır.

n tane nokta için, 0,9 * n + 0.5 formülü sıralı listedeki konumu tanımlar. Gerektiğinde sıralı listeden doğrusal olarak enterpolasyon yapılır. i = 0.9 * n + 0.5 formülünün tamsayı kısmı, f = 0.9 * n + 0.5 formülünün kesirli kısmıdır (Breshanan,2011), (Breshanan ve HenryVazquez, 2015).

$$CE90, LE90 = (1 - f) * X(i) + f * X(i + 1) \quad (12)$$

3. HARİTA DOĞRULUK STANDARTLARI

NMAS, ASPRS, NSSDA ve NIIRS harita doğruluk standartları olarak bu çalışmada açıklanmıştır.

3.1 NMAS

Bu yöntem Amerika'nın modern tarihinde geliştirilen ilk kapsamlı yöntemdir. İlk olarak U.S. Bureau of the Budget tarafından 10 Haziran 1941 yılında duyurulmuştur ve yayınlanmış harita ölçeklerindeki ölçümlerde kullanılmıştır. NMAS

günümüzde hala kullanılan bir yöntemdir.

NMAS haritanın doğruluğunu belirlemek için, haritaları iki kategoriye ayırır; ölçeği 1:20,000'den büyük olan haritalar ve ölçeği 1:20,000'den küçük olan haritalar. Ölçeği 1:20,000'den büyük olan haritalar için, test edilen noktaların yüzde 10'undan fazlası 1/30 inçten (0.8 mm) fazla hata içermeyecektir. Ölçeği 1:20,000'den küçük olan haritalar için, test edilen noktaların yüzde 10'undan fazlası 1/50 inçten fazla hata içermeyecektir. Çizelge 3, NMAS'a göre kullanımı en yaygın harita ve ortofoto ölçeklerinin doğruluğunu göstermektedir:

Çizelge 3. Koordinat Doğruluk Gerekliliği

Harita Ölçeği	Ortofoto Yer Örnekleme Mesafesi(ft)	Ortofoto Yer Örnekleme Aralığı(m)	%90 Güven Seviyesinde Doğruluk(ft)
1:1.200(1''=100')	0.50	0.1524	3.33
1:2.400(1''=200')	1.00	0.3048	6.67
1:4.800(1''=400')	2.00	0.6096	13.33
1:24.000(1''=2000')	N/A		40.0

NMAS'a göre, tüm ölçeklerdeki eş yükselti haritaları için geçerli olan dikey doğruluk, test edilen yüksekliklerin yüzde 10'undan fazlası eşyükselti aralığının yarısından fazla hata içermeyecektir. Çizelge 4, en yaygın olarak kullanılan eş yükselti aralıkları için NMAS'a göre dikey doğruluk örneklerini gösterir;

Çizelge 4. Eş yükselti Aralıkları İçin Dikey Doğruluklar

Kontur Aralığı	%90 Güven Seviyesinde Düşey Doğruluk(ft)
1.0	0.50
2.0	1.00
5.0	2.50
10.0	5.00

NMAS, fotografik sensörler ve stereo çizicilerdeki sınırlamalar nedeniyle teknolojilerin nispeten küçük ölçekli kağıt haritalar üretmekle sınırlı olduğu bir dönemde oluşturuldu. Bu nedenle, harita yapım teknolojilerindeki ve dijital harita üretimindeki son gelişmeleri tanımak için bu eski standardın yerine başka standartlar kabul edildi (Abdullah, 2008).

3.2 ASPRS

Büyük Ölçekli Haritalar için ASPRS Doğruluk Standartları, özel amaçlar veya mühendislik uygulamaları için hazırlanmış 1:20.000 veya daha büyük ölçekli haritalar için doğruluk değerleri sağlar. İstatiksel yöntem olarak RMSE kullanılır (ASPRS, 1990). Bu standart, büyük ölçekli topografik haritalarla ilk uğraşan standarttır. NMAS'ın hem küçük hem büyük harita ölçeklerinde yenilenmiş halidir. NMAS'a göre en büyük özelliği yayınlanmış bir kağıt harita ölçeğine karşılık yer ölçeğinde doğruluğu gösterir. Bu nedenle, bilinen yer ölçeği doğruluğuna sahip sayısal konumsal veriler, uygun harita ölçeği ile ilişkilendirilebilir. Standart, "kullanıcılar tarafından en genel olarak anlaşılan terimlerle haritadan elde edilebilecek nihai uzamsal doğruluklara" vurgu yapmaktadır.

Standart farklı doğruluk seviyelerinde üretilmiş haritalar için 3 set doğruluk figürü sağlar. Standartta göre, en yüksek doğruluktaki harita sınıf 1 haritası olarak adlandırılır. Sınıf 2 doğruluğu, Sınıf 1 haritalar için izin verilenin iki katı olan RMSE'leri sınırlayarak derlenen haritalar için geçerlidir. Benzer şekilde, Sınıf 3 doğruluğu, RMSE'nin sınıf 1 haritalar için izin verilenlerin üç katı ile sınırlandırılarak derlenen haritalar için geçerlidir. Çizelge 5, en yaygın olarak kullanılan harita ve ortofoto ölçeklerinde Sınıf 1 için RMS örneklerini gösterir:

Çizelge 5. Harita ve Ortofoto Ölçeklerinde RMS Hatası

Harita Ölçeği	Ortofoto Yer Örneklem Aralığı (ft)	Ortofoto Yer Örneklem Aralığı (m)	Sınırlayıcı Rms Hatası (ft)
1:1.2000(1''=100')	0.50	0.1524	1.0
1:2.4000(1''=200')	1.00	0.3048	2.0
1:4.8000(1''=400')	2.00	0.6096	4.0

Sınıf 1 haritalarında düşey harita doğruluğu, sınırlayıcı RMS hatası iyi tanımlanmış noktalar için kontur aralığının üçte biri olarak belirlenir.

Çizelge 6, Sınıf 1 için sıklıkla kullanılan sınırlayıcı düşey RMS hatalarını gösterir:

Çizelge 6. Sınırlayıcı Düşey RMS Hataları (Abdullah, 2008), (ASPRS, 2014), (ASPRS,1990)

Eş Yükselti Aralığı	Sınırlayıcı Rms Hatası (ft)
1.0	0.33
2.0	0.67
5.0	1.67
10.0	3.33

3.3 NSSDA

NSSDA, hava fotoğrafları, uydu görüntüsü gibi kaynaklardan üretilen haritaların ve coğrafi verilerin konumsal doğruluğu için iyi tanımlanmış bir istatistik ve test yöntemi uygular. Bu standart, NMAS ve ASPRS standartları gibi gerçek bir harita standardı değildir. NSSDA, test yöntemi ve istatistiksel kılavuzları tanımladığı için “yönergeler” olarak anılabilir. Kullanıcılar, ürün standartları, uygulamaları ve sözleşme amaçları için “geçti-kaldı” kriterleri oluşturmaya teşvik edilir (Abdullah, 2008). Sonuç olarak, kullanıcılar uygulamaları için kabul edilebilir doğruluklar belirtmek zorundadır.

NSSDA konumsal doğruluğu tahmin etmek için RMSE kullanır. Doğruluk, %95 güven seviyesinde yer mesafelerinde rapor edilir. %95 güven seviyesinde belirtilen doğruluk, veri kümesindeki konumların %95'inin, gerçek yer konumuna göre olan doğruluk değerine eşit veya bundan daha küçük bir hataya sahip olacağı anlamına gelir. Belirtilen doğruluk değeri, jeodezik kontrol koordinatları, derleme ve ürünlerdeki yer koordinat değerlerinin son hesaplaması tarafından getirilenler dahil olmak üzere tüm belirsizlikleri yansıtır.

Yatay doğruluk, veri setindeki iyi tanımlanmış noktaların koordinatları ile bağımsız bir daha yüksek doğruluk kaynağından aynı noktaların 3 koordinatı karşılaştırılarak test edilir. Dikey doğruluk, bağımsız bir daha yüksek doğruluk kaynağından belirlenen aynı noktaların yükseklikleri ile veri setindeki yükseklikler karşılaştırılarak test edilir.

DURUM 1: $RMSE_x = RMSE_y$ iken NSSDA'ya göre Doğruluk Hesabı

Eğer $RMSE_x = RMSE_y$ ise

$$RMSE_R = \sqrt{2 * RMSE_x^2} = \sqrt{2 * RMSE_y^2} = 1.4142 * RMSE_x = 1.4142 * RMSE_y \quad (12)$$

Sistematik hataların mümkün olan en iyi şekilde ortadan kaldırıldığı varsayılmaktadır. Hata, x ve y bileşenlerinin her birinde, normal olarak dağılmış ve bağımsız ise, %95 güven düzeyinde yatay doğruluğu hesaplamak için 2.4477 faktörü

kullanılır. (Greenwalt ve Schultz, 1968). Yukarıdaki koşullar geçerli olduğunda, NSSDA'ya göre doğruluk değeri olan $Doğruluk_R$ aşağıdaki formülle hesaplanacaktır:

$$Doğruluk_R = 2.4477 * RMSE_x = 2.4477 * RMSE_y = 2.4477 * \frac{RMSE_R}{1.4142} = 1.7308 * RMSE_R \quad (13)$$

DURUM 2: $RMSE_x \neq RMSE_y$ iken yaklaşık dairesel standart hata

$RMSE_{min}/RMSE_{max}$ 0.6 ile 1.0 arasındaysa ($RMSE_{min}$, $RMSE_x$ ve $RMSE_y$ arasındaki daha küçük olan değerdir, $RMSE_{max}$ daha büyük olan değerdir), dairesel standart hata (%39,35 güvenle) $0.5 * (RMSE_x + RMSE_y)$ olarak tahmin edilebilir. Hata, x ve y bileşenlerinin her birinde, normal olarak dağılmış ve bağımsız ise, NSSDA'ya göre doğruluk değeri aşağıdaki formüle göre yaklaşık olarak hesaplanabilir:

$$Doğruluk_R = 2.4477 * 0.5 * (RMSE_x + RMSE_y) \quad (14)$$

Sistemik hataların mümkün olan en iyi şekilde ortadan kaldırıldığı varsayılmaktadır. Dikey hata normal olarak dağıtılsa, %95 güven düzeyinde doğrusal hatayı hesaplamak için 1.9600 faktörü uygulanır (Greenwalt ve Schultz, 1968). Bu nedenle, NSSDA'ya göre raporlanan dikey doğruluk, $Doğruluk_Z$ aşağıdaki formülle hesaplanacaktır (FGDC, 1998):

$$Doğruluk_Z = 1.9600 * RMSE_z \quad (15)$$

3.4 NIIRS

Imagery Resolution Assessments and Reporting Standards (IRARS) Committee tarafından, görüntülerin kalitesini ve görüntüleme sistemlerinin performansını tanımlamak ve ölçmek için NIIRS'sini kullanır. Bir görüntüyü "derecelendirme" olarak adlandırılan bir süreçle, NIIRS, görüntü analistleri tarafından belirli bir görüntünün yorumlanabilirliğini gösteren bir sayı atamak için kullanılır. NIIRS konsepti, bir görüntünün kalitesini, kullanılabileceği yorumlama görevleriyle doğrudan ilişkilendirmek için bir araç sağlar.

NIIRS öncelikle havadan görüntülerin değerlendirilmesinde uygulanmasına rağmen, fotografik veya dijital görüntünün kalitesini, görüntü yakalama cihazlarının performansını ve görüntü işleme algoritmalarının etkilerini ölçmek için sistematik bir yaklaşım sağlar.

NIIRS 0'dan (en kötü kalite) 9'a (en iyi kalite) 10 seviye içerir (Çizelge 7). Farklı görüntü türleri farklı yorumlama görevlerini desteklediğinden, dört ana görüntüleme türü için ayrı NIIRS geliştirilmiştir: Görünür (Visible), Radar, Kızılötesi (Infrared) ve Multispektral (Multispectral).

NIIRS, farklı görüntüleme sistemlerinden havadan görüntü kalitesini tanımlamak için görüntü analistleri tarafından kullanılır. Ölçek, bir görüntüde görülebilecek ayrıntı düzeyini ve dolayısıyla ondan ne kadar bilgi beklenebileceğini belirtmek için bir sayı kullanır. Askeri ve Sivil NIIRS ölçekleri, görünür, radar, kızılötesi ve multispektral görüntüleri derecelendirmek için kullanılır. Bu özellik, görünür spektrum için Sivil NIIRS ölçeğini açıklar (NIIRS, 2022).

Çizelge 7. NIIRS Görüntü Dereceleri (NIIRS, 2022)

NIIRS	Yer Örneklemesi Mesafesi	Açıklama
0	Görüntü, kararma, bozulma veya çok düşük çözünürlük nedeniyle yorumlanamıyor	
1	> 9.0 metre	Başlıca arazi sınıfları arasında ayırım yapmak mümkündür. Örnek olarak; orta ölçekli bir liman tesisi tespit edilebilir, büyük bir havaalanındaki pistler ve taksi yolları arasında ayırım yapılabilir, geniş alan drenaj modelleri çeşidine göre belirlenebilir.
2	4.5 - 9.0 metre	Büyük alanları belirlemek mümkündür; büyük binalar tespit edilebilir, ana yol modelleri belirlenebilir, buz kırıcı izleri tespit edilebilir.
3	2.5 - 4.5 metre	Geniş alanlı kontur çiftliğini tespit etmek mümkündür; yerleşim bölgelerinde bireysel evler, trenler, doğal orman ve meyve bahçelerini ayırt edilebilir.
4	1.2 - 2.5 metre	Çiftlik yapılarını ahır, silo veya konut olarak tanımlamak mümkündür; kentsel alanlarda basketbol veya tenis kortlarını tespit edilebilir; bireysel raylar, demiryolu çiftlerini ve kontrol kulelerini tanımlanabilir.
5	0.75 - 1.2 metre	Tek tek raylı vagonları çeşitlerine göre tanımlamak mümkündür; kamp alanlarındaki çadırlar belirlenebilir; yaprak döken koşullar sırasında iğne yapraklı ve yaprak döken ağaçlar arasında ayırım yapılabilir; otlaklardaki büyük hayvanlar tespit edilebilir.
6	0.40 - 0.75 metre	Arabaları sedan ya da site tipi olarak tanımlamak mümkündür; yerleşim alanlarındaki bireysel elektrik veya telefon direkleri belirlenebilir; çorak alanlardan geçen patikalar tespit edilebilir.
7	0.20 - 0.40 metre	Bireysel demiryolu traverslerini belirlemek mümkündür; bir merdivendeki bireysel adımları tespit edilebilir; orman açıklıklarında ve çayırarda ağaç kütükleri ve kayalar tespit edilebilir.
8	0.10 - 0.20 metre	Bir kamyon üzerinde araç izgara detaylarını ve/veya plakasını tespit etmek mümkündür; bir gölet üzerindeki nilüferler tanımlanabilir; bir araçtaki ön cam sileceklerini tanımlanabilir; çiftlikteki kuzular sayılabilir.
9	< 0.10 metre	Bir dikenli tel çitin üzerindeki dikenleri tek tek tanımlamak mümkündür; küçük tahıl ürünlerinde (örneğin buğday, arpa) tek tek tahıl başlarını tespit edilebilir; çiftlik hayvanları üzerindeki kulak küpesi tanımlanabilir.

4. UYGULAMA SONUÇLARI

Uydu görüntüsü üzerinde konumsal doğruluk araçları denenmiş ve sonuçlar aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Referanslandırılmış ve koordinatlandırılmış uydu görüntüsü üzerinden 10 tane nokta işaretlenip, bu noktaların karşılığı olan arazi kontrol noktaları kullanılarak konumsal doğruluk analizleri yapılmıştır (Çizelge 8-9).

Çizelge 8. Arazi ve Görüntü Koordinatları

Yer Kontrol Noktaları		Görüntü Koordinatları		Koordinat Farkları		RMSE
497994.49	4418281.33	497987.70	4418260.21	6.79	21.12	22.18
506049.12	4419576.69	506034.09	4419564.39	15.03	12.30	19.43
503955.70	4416569.17	503941.86	4416556.17	13.84	13.01	18.99
492917.47	4413895.23	492910.96	4413884.74	6.51	10.49	12.35
499838.24	4414432.42	499831.79	4414415.52	6.45	16.90	18.09
492317.52	4410507.01	492344.82	4410502.44	27.30	4.58	27.68
497041.97	4411205.22	497040.32	4411193.75	1.65	11.47	11.59
503334.13	4411447.93	503336.24	4411428.72	2.11	19.21	19.32
508530.17	4411352.65	508540.17	4411340.61	10.00	12.04	15.65
498485.43	4407109.33	498497.08	4407104.25	11.64	5.08	12.70

Çizelge 9. RMSE Değerleri

RMSEX	RMSEY	RMSE	CE90	LE90
12.39	13.62	18.41	27.91	31.83

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada detaylı açıklaması ve hesaplama yöntemleri paylaşılan yöntemler, uydu görüntülerinin konumsal doğruluklarının değerlendirilmesi ve konum bilgisi üretmedeki başarılarının tespiti için kullanılan temel parametrelerdir. Bu parametreler, uydu görüntülerinin kullanıcı kılavuzlarında ve çoğu zaman uydu fırlatılmasından sonra gerçekleştirilen kabul testleri ve akademik çalışmalarda incelenmektedir.

KAYNAKLAR

Abdullah, Q. A., 2011, Mapping Matters. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 77(10), 976.

ASPRS, 2014, Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data

ASPRS, 1990, ASPRS Accuracy Standards For Large-Scale Maps, The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Approval by the ASPRS Professional Practicing Division

Breshanan P., 2011, Geolocation Accuracy Evaluations of WorldView-1 and WorldView-2, National Geospatial-Intelligence Agency Image Quality and Utility Program / Civil and Commercial Applications Project

Breshanan P., Brown E., HenryVazquez L., 2015, WorldView-3 Absolute Geolocation Accuracy Evaluation, National Geospatial-Intelligence Agency

Dolloff J., Carr J., 2016, Computation of scalar accuracy metrics LE, CE, and SE as both predictive and sample based statistics, National Geospatial-Intelligence Agency (NGA)

Federal Geographic Data Committee, 1998, Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy

Gerald. Y. C., 1987, Two-Dimensional Measures of Accuracy in Navigational Systems, Transportation Systems Center Cambridge

Greenwalt, C. R., Shultz, M. E., 1962, Principles of error theory and cartographic applications. AERONAUTICAL CHART AND INFORMATION CENTER ST LOUIS MO.

NCAP, 2022, The National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS), <https://ncap.org.uk/feature/national-imagery-interpretability-rating-scale-niirs> [Erişim Tarihi: 16.08.2022]

O'Hara, C. G., Cheriadat, A., 2009, Accuracy Analyst: A Horizontal Accuracy Assessment Tool. image, 10, 2.