ÖZET

HEDEF DERİNLİĞİNİ ÖLÇEBİLEN BİR METAL DETEKTÖRÜN ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Mevcut buluş, elde-taşınan bir metal detektörüne (10) monte edilen ve optik akış sensör lensini (22), bir optik akış sensör kamerasını (21), bir optik akış sensör işlemcisini (23), bir yükseklik sensörünü (24) ve bir IMU sensörünü (25) içeren yatay konum izleme birimi (20) sayesinde, yatay konumu izleyerek hedefin (60) derinliğinin hesaplanmasına imkân vermektedir ve kullanıcı, "optik akış" yöntemiyle metal detektörün (10) arama kafasını (11) serbest bir şekilde taramakta ve bu konumla tespit edilen hedef merkezinin etrafındaki birçok nokta konumundan alınan metal tespit sinyallerini kullanmaktadır. Böylece, mevcut buluş, metalin tipinden ve boyutundan bağımsız olarak hesaplamanın yapılmasına imkân veren, bir hedef derinliğin ölçülmesi için bir yöntemle bu yöntemi kullanan bir metal detektörüyle ilgilidir.

Şekil 1

İSTEMLER

1- Bir hedefin derinliğinin hesaplanması için, bir arama kafasını (11) ve metal sinyalinin iletiminin sağlanması ve alınan metal sinyallerin alınması ve işlenmesi için, bahsedilen arama kafasına (11) irtibatlanan bir sinyal işleme sistemini (12) içeren bir metal dedektörü (10) olup, özelliği, bir optik akış yöntemini kullanarak bahsedilen arama kafasının (11) yatay hareketinin belirlenmesi için bir optik akış sensörünü, arama kafasının (11) topraktan yüksekliğinin ölçülmesi için bir yükseklik sensörüne (24) sahip bir konum izleme birimini (20) ve bir IMU sensörünü (25) içermesi ve bahsedilen sinyal işleme sisteminin (12), aşağıdaki adımları gerçekleştirecek şekilde konfigüre edilmiş olmasıdır:

- hedef metal üzerinde varlık/sinyal yoğunluk bilgilerinin toplanmasıyla ve metal dedektörünün (10) bir metal tespit birimi vasıtasıyla varlık/sinyal yoğunluk bilgilerinin toplanmasıyla eşzamanlı olarak optik akış sensörü vasıtasıyla arama kafası (11) tarafından toprak üzerinde konum bilgilerinin toplanması,
- konum bilgilerinin toplanması sırasında yükseklik sensörüyle (24) toprak düzensizliklerinden ve kullanıcının el hareketlerinden kaynaklanan yükseklik değişimlerinin tespit edilmesi ve düzeltilmesi ve hesaplamalarda kullanılması;
- jiroskop, ivme-ölçer ve manyeto-metre birleşimini içeren IMU sensörüyle (25) konum bilgilerinin toplanması sırasında kullanıcının el hareketleri nedeniyle oluşan açısal değişimlerin tespit edilmesi ve düzeltilmesi;
- ilgili koordinatlar sırasında alınan koordinat bilgilerine ve ölçümlerine sahip bir hedef metal - konum matrisine metal verilerinin ve düzeltilmiş konum bilgilerinin işlenmesi;
- matris üzerinde yatay konuma göre birinci ve ikinci türev tablolarının oluşturulması;
- konuma göre birinci ve ikinci türevlerde sıfır noktalarının belirlenmesi;
- referans konum olarak birinci türev sıfır noktasının (sinyalin tepe noktası) alınmasıyla elde edilen iki mesafenin farkı ve sıfır noktasının (birinci türevin tepeleri) mesafelerinin alınmasıyla arama kafasına göre hedef derinliğinin “h” (düşey mesafe) hesaplanması;
- “h” mesafesinden yükseklik sensörü tarafından tespit edilen arama kafasının (11) yüksekliğinin çıkarılması ve böylece, hedefin toprağın altındaki derinliğinin bulunması.

2- İstem 1’e göre bir metal dedektörü (10) olup özelliği, hedef metalin - prosesinin, interpolasyonla matristeki eksik verilerin tamamlanması adımına sahip olmasıdır.

3- İstem 1’e göre bir metal dedektörü (10) olup özelliği, prosesteki geometrik hataları düzeltmek için analitik ya da nümerik telafi, yaklaşıklama, yakınsama ya da düzeltme fonksiyonunun kullanılmasıdır.

4- İstem 1’e göre bir metal dedektörü (10) olup özelliği, derinlik bilgisini grafik biçiminde görsel olarak sunan bir harici ekrana (32) ya da bir dâhili ekrana (31) sahip olmasıdır.

5- İstem 4'e göre bir metal dedektörü (10), olup özelliği, hesaplamalar ya da gösterimler için bir cep telefonunu, taşınabilir PC'yi ve türevi mobil teknolojileri içermesidir.

6- İstem 1'e göre bir metal dedektörü (10) olup özelliği, ortam ışığından dolayı optik akış sensörünün hatalı ölçümlerinin önlenmesi için bir soğuk aynalı filtre ve kızılötesi aydınlatma elemanları içermesidir.

TARİFNAME

HEDEF DERİNLİĞİNİ ÖLÇEBİLEN BİR METAL DETEKTÖRÜN ÇALIŞMA YÖNTEMİ

TEKNİK ALAN

Mevcut buluş, yer altında gömülü ya da bir engelin altındaki metalik nesnelerin (hedeflerin), alttaki toprağa ya da engel yüzeyine göre derinliğini ölçebilen elde-taşınan bir metal detektörüyle ve bahsedilen detektör vasıtasıyla gerçekleştirilen derinlik ölçüm yöntemiyle ilgilidir. Mevcut buluşta, kullanıcı tarafından toprak üzerinde hareket ettirilen metal detektör arama kafasının yatay konumu izlenirken alınan metal tespit sinyalleriyle bu konum verilerini kullanan ve bir "optik akış" yöntemiyle çalışan bir yatay konum izleme birimi sayesinde metal tipinden ve uygulamadaki boyutundan bağımsız olarak hedef derinliğinin hesaplanması ortaya konmaktadır. Mevcut buluş, önceki teknikteki benzer çözümlerden farklı olarak sadece tek bir alıcı bobininin kullanılmasıyla gerçekleştirilebilmekte ve standart arama kafalarını ve metal verilerini elde edebilen herhangi bir detektörle birlikte kullanılabilmektedir, çünkü bu amaçla çoklu ve özel bobinlerin kullanılması gerekmemektedir.

ÖNCEKİ TEKNİK

Metal detektörleri tarafından tespit edilen bir hedefin derinliği, hedef için kazı çalışmasının karar aşamasında önemli bir rol oynamaktadır. Belirlenen her hedef için kazı yapılması, hem zaman harcayıcıdır hem de aramayı yapan kimse için yorucudur ve çevreye de zararlıdır.

Bir metal araması sırasında, hedef derinliğin tahmini, iki şekilde yapılabilmektedir. Bunlardan biri, hedefin genel olarak dışarı çıkartılmaya değer olup olmadığına bağlı olarak yapılabilen tercihtir. Bu tercih sayesinde, kullanıcı, zaman ve değer açısından, derin bir hedefle uğraşmak yerine başka hedeflerin aranmasını daha uygun bulabilmektedir. İkincisi, aranan hedef tipinin, muhtemel derinlikle ilişkili olmasıdır. Örneğin, tek bir madeni para aranıyorsa, çok derin bir hedefin tek bir madeni para olması muhtemel değildir. Bununla birlikte, örneğin, hazine aranıyorsa, derin hedefler söz konusudur. Hazine-tipi hedefler, genelde, nispeten büyük-boyutludur ve derinde yer almaktadır.

Hedefin derinliğinin bilinmesi, kazı çalışmasının muhtemel süresi ve kazı derinliği hakkında bir fikir vermektedir. Mevcut metal detektörleri; çevresel faktörler, toprak etkileri, yüzey geometrisi, taş ve kaya yapılarından dolayı yanlış alarm verebilmektedir ve bu olasılık, muhtemel hedefin derinliğiyle orantılı olarak artmaktadır. Detektör kullanıcısı, derinlik

hakkında bilgi alamazsa ya da elde edilen derinlik bilgisi yanlışsa, toprak, yanlış tespitten dolayı kazılmış olabilmekte ya da çok derin bir hedefe ulaşılması zaman-harcayıcı olabilmektedir.

Mevcut teknikte, statik bir düzen ve düzenek (elektromanyetik düzenek dâhil) vasıtasıyla bilinen bir hedefin derinliğinin ölçülmesi yöntemleri bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemler, genel amaçlı metal arama işlemleri için uygun değildir, ancak bunun yerine daha spesifik bir endüstrinin sorununu çözmektedir.

Bilinen teknikte, Yeraltı Radarı (GPR) cihazları, yeraltı derinliklerini ölçmek için kullanılabilmektedir. Bu cihazların derinlik ölçüm işlemleri, metal detektörleri gibi hedefe-yönelik değildir. GPR tipi cihazlarda, hedef derinliği kavramı değil katman derinliği kavramı bulunmaktadır. Bu cihazların amacı, toprağın altındaki yapıya ulaşmak ve analiz etmektir. Bu cihazlar, metale-özgü özellikler bakımından seçimli olmadıkları için nispeten küçük hedeflere karşı duyarlı değildir. Başka bir deyişle, istisnai hedefler hariç olmak üzere "genel metal hedefleme" olarak mevcut GPR cihazlarının kullanılması verimli değildir.

Mevcut teknikte, elde-taşınan metal detektörlerinde, hedeften alınan sinyalin şiddeti, hedefin mesafesiyle ters orantılı olarak değişmektedir. Böylece, metal detektörleri, aldıkları sinyal şiddetinden (maksimum ya da ortalama değer) temel bir yaklaşımla bir hedefin derinliğini öngörebilmektedir. Bu tahmin, sabit olduğu varsayılan boyut ve tipteki bir hedef varsayımıyla gerçekleştirilmektedir (örneğin, madeni bir para için önceden-kalibre edilmesi amacıyla). Hedefin boyutu farklı olduğunda ve/veya tipi değiştiğinde, bu tahmin yöntemi, doğru olma özelliğini kaybetmektedir.

Mevcut metal detektörleri, hedefin metal tipini de tahmin edebilmektedir. Hedef tipi verilerin kullanılmasıyla, metal yoğunluğundan yapılabilen derinliğin bir tahmini, farklı metal tiplerindeki hedeflere göre önceden tanımlanan ölçekleri esas alabilmektedir. Metal tipinin tespitinden sonra, ilgili hedefin ölçeğinin kullanılmasıyla hedef derinliğin belirlenmesi mümkündür. Bununla birlikte, mevcut detektörlerde, metalin derinliği arttıkça (sınırdaki hedefler için), tipinin öngörülebilirliği azalmaktadır. Bu durum, toprak yapısı çeşitliliğinin ve hedefteki derinliğin daha zor belirlenmesine neden olmaktadır. İlâve olarak, her bir hedef tipi için farklı bir ölçek tanımlanması gerekli olduğu için, hedefin sınırlı seçeneklerden oluşmadığı durumda bu yöntem uygulanabilir değildir.

Metal detektörleriyle birleşim halinde bir yükseklik ölçüm sensörünü kullanan uygulamalar mevcut teknikte bulunmaktadır. Örneğin, "Metal Detektörü, Özellikle Mayın Detektörü"

başlıklı ve US7265551 numaralı patent belgesinde açıklanan mayın detektöründe topraktan olan yüksekliğin belirlenmesi için bir optik detektör (mesafe detektörü) kullanılmaktadır. US7265551 numaralı patent belgesinde belirtilen çözümde, detektörün, arama kafasının toprağından yüksekliği belirlemesi amaçlanmaktadır.

Mevcut teknikte, US4507612 numaralı "Mineralli toprakta hedeflerin tanımlanması için metal detektör sistemleri" başlıklı patent belgesinde derinlik keşif işlemi açıklanmaktadır. Bununla birlikte, bu, sinyal büyüklüğünden başlayarak gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, hedefin boyutuna ve hedefin tipine bağlı olarak değişken sonuçlar vermektedir.

Bilinen teknikte, "Hedef elektriksel özelliklerin, derinliğin ve boyutun tanımlanması için metal detektörü" başlıklı US5786696 numaralı patent belgesi bulunmaktadır. Belirtilen belgede, arama kafasında iki alıcı bobin arasındaki boyut farkının hesaba katılmasıyla hedef varlığı, tipi, boyutu ve derinliği arasında bir benzerliğin oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu yöntem, yukarıda bahsedilen "tespit edilen hedefin tipine göre farklı bir ölçeğin kullanılmasıyla derinlik belirleme" yöntemini içermektedir. US5786696'nın derinlik belirleme yönteminin istenen verimde sonuçlar vermesi için, derinlik çıkarımına imkân veren hedef tipleri, boyutu ve çeşitliliği arasında bir ilişki bulunması gerekmektedir.

"Yeraltı metalik iletkenlerin izinin ve derinliğinin belirlenmesi için aralıklı antenleri içeren yöntem ve aparat" başlıklı patent belgesi US4691165'te, birisi döndürülebilir olan iki alıcı bobini (anteni) kullanan derinlik tespit yöntemi açıklanmaktadır.

"Elektromanyetik üçgenleme (triangülasyon) ile gömülü boru hattı derinliği ve konumunun tespit edilmesi" başlıklı patent belgesi US4542344'te, boru hatlarının derinliğinin ölçülmesi için geliştirilen bir yöntem ve cihaz belirtilmektedir. Bu belgede, üçgenleme yöntemi tarafından derinlik ölçümü, hedefe göre geniş bir geometride vericilerin ve alıcıların yerleştirilmesiyle açıklanmaktadır. Bilinen teknikte üçgenleme, birçok geometrik konum belirleme uygulamalarında kullanılan bir yöntemdir. US4542344 belgesinde, boru hatlarının derinliğinin bulunmasına ilişkin bir çözüm sunulmaktadır. Farklı biçimlere sahip objelerin (hedeflerin) derinliğine ilişkin herhangi bir çözüm belirtilmemektedir.

US6853194B2 numaralı ve "Metal hedeflerin tespit edilmesi ve tanımlanması için elektromanyetik hedef ayırt edici sensör sistemi ve yöntemi" başlıklı patent belgesinde, mayınların derinliklerinin bulunması için bir yöntem belirtilmektedir. Bu yöntemin temeli, mayınların ve zaman sabitlerinin tipik derinliklerine göre elde edilen istatistiksel veridir. Herhangi bir rastgele metal hedefin ölçülmesi için bir çözüm bulunmamaktadır.

“Hedef şekli görselleştirebilen metal detektörü” başlıklı ve PCT/TR2018/050007 numaralı patent belgesinde, gömülü hedefin şeklinin tanımlanmasına imkân veren elde-taşınan bir metal detektörü belirtilmektedir. PCT/TR2018/050007 numaralı patent belgesinde, metal detektör içinde entegre edilen sensörlerden elde edilen veriler, hedefin görselleştirilmesi için bir yönteme tâbi tutulmaktadır. “Hedef derinliği ve çalışma yöntemini ölçebilen metal detektörü” başlıklı bu buluşta, derinlik tespiti, hedef görselleştirme işlemi olmaksızın PCT/TR2018/050007 numaralı patent başvurusunda belirtilen sensörlerin kullanımıyla gerçekleştirilmiştir. Derinlik tespit yöntemi, bağımsız olabilmekte ve ayrıca, görselleştirme yöntemiyle birlikte kullanılabilmektedir. IMU sensörleri teknikte atalet ölçüm birimi (Inertial Measurement Unit) olarak bilinmektedir. IMU sensörleri, ivmeölçerler, jiroskoplar ve bazen manyetometrelerin bir kombinasyonunu içererek bir gövdenin spesifik kuvvetini, açısal hızını ve yönünü ölçen birimlerdir.

BULUŞUN KİSA AÇİKLAMASİ

Mevcut buluş, elde-taşınan bir metal detektörü üzerine monte edilen bir konum izleme biriminin kullanılmasıyla, spesifik bir alanda birlikte, sinyale göre yatay konum geometrisinin ve elde edilen metal tespit sinyallerinin yorumlanmasıyla geometrik/analitik hedef derinliği hesaplamasının gerçekleştirilmesi için bir yöntemle ve bir metal detektörüyle ilgilidir. Mevcut buluşta, analitik ve sayısal yöntemlerle birleştirilmek üzere esasen aşağıdaki bilgiler kullanılmaktadır:

- Detektörün toprak üzerindeki yatay konumu
- Hedef metal sinyallerin nümerik ölçüm eşdeğerleri
- Arama kafasının karakteristik geometrisi.

Konum ölçüm biriminin yükseklik ölçüm özelliği de temel hesaplamalarda kullanılmaktadır.

Hedef metal üzerindeki sinyal büyüklüğü ve hedef tipi bilgisi, bilinen teknikte metal detektörünün metal tespit yöntemi vasıtasıyla anlık olarak elde edilmektedir.

Arama kafasının toprak üzerindeki konumu, yatay konum ölçüm birimi tarafından sürekli olarak tespit edilmekte ve izlenmektedir. Arama kafasının konum izlemesi, “optik akış” yöntemi tarafından gerçekleştirilmektedir. Kullanıcının kasıtlı ya da kasıtsız el hareketlerinden dolayı, metal detektörüne entegre edilen optik akış sensörünün, toprak görünümündeki yükselti ve eksen değişimlerine neden olması önlenememektedir. Yükselti değişimlerini tespit etmek için yükseklik ölçümü sağlayan en az bir temassız mesafe sensörü bulunmakta ve eksenel hareketlerden kaynaklanan açısal yer değiştirmeleri tespit etmek için jiroskop, ivme-ölçer ve manyeto-metre birleşim (IMU) sensörleri kullanılmaktadır.

Arama kafasının geometrisiyle birlikte toprak üzerindeki arama kafasının konumu hakkındaki bilgiler ve hedef metal için elde edilen sinyal büyüklük numuneleri, metal detektörüne dâhili ya da harici olan bir elektronik işlemcide işleme tâbi tutulmaktadır. Bu prosesler, tek bir cihazda gerçekleştirilebilmekte ya da birbirine bağlı olan ya da kablolu/kablosuz iletişim halinde olan ayrı işlemci birimlerinde gerçekleştirilebilmektedir.

Proses, metal bilgisi içermeyen matrisin konumlarının interpolasyonuyla (ara değerleme) ve sensörlerden alınan hedef metal ve konum bilgilerinin okunmasıyla ve hareket sırasında bir konum matrisinde alınan verilerin konumlanmasıyla başlamaktadır. Yatay eksenler boyunca sinyal şiddetinin birinci ve ikinci türevleri alınmaktadır. Derinlik hesaplamaları, türevlerin sıfıra eşit olduğu noktalar arasındaki ilişkide birinci türevin minimum ve maksimum tepeleri arasındaki mesafenin bulunmasıyla gerçekleştirilmektedir. Hesaplanan derinliğe göre geometrik karmaşıklıktan dolayı hatalar, "arama kafasıyla" ilişkili olarak tanımlanan fonksiyon vasıtasıyla düzeltilmekte ve derinlik hakkındaki nihai bilgiler oluşturulmakta ve kullanıcıya sunulmaktadır.

BULUŞUN AÇIKLAMASI

Mevcut buluşta, metal hedefle ilgili verilerin elde edilmesi için bir metal detektörü, tutma ve serbest-tarama hareketleriyle kullanıcının kullandığı bir cihazdır. Toprak izleme, metal detektörün serbest hareketleri sırasında, böylece, arama kafasının serbest hareketleri sırasında bir yatay konum ölçüm birimi vasıtasıyla "optik akış" esaslı yöntem tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem için, bir kamerayı ya da optik sensörü içeren ve tespit edilen görüntüde kayma tarafından konumu izleyen en az bir optik akış sensörü kullanılmaktadır. Optik akış sensörü, konumla ilgili bilgideki mekanik hareketler nedeniyle oluşan hataların düzeltilmesi için farklı sensörler tarafından desteklenmekte ve merkezde optik akışla çok-sensörlü birleşik sensör grubu, yatay konum ölçüm birimini oluşturmaktadır.

Bahsedilen yatay konum ölçüm birimi, metal detektördeki arama kafası boyunca hareket eden bir kısma ya da doğrudan arama kafasına ya da arama kafasını tutan mile ya da diğer hareket eden elde-taşınan elektronik birimlere sabitlenebilmektedir. Mevcut buluşun temel uygulamasında, sensör grubu, metal detektör mili içine monte edilmektedir.

Bir optik akış sensörü, sadece görüntü sensörünün ekseninde meydana gelen hareketin miktarını ve yönünü ölçebilmektedir. Optik akış sensörü, kullanıcının el hareketleri tarafından döndürüldüğünde, bu sensörün ölçtüğü yer değiştirme, eksenine göredir, gerçek toprağa göre değildir. Elde-taşınan bir metal detektöründe, optik akış sensörünün ekseni, sürekli

olarak değişecektir. Bu değişiklikleri ortadan kaldırmak için, çekül doğrusu (sapma) yönünde sensörün ekseni, sürekli olarak ölçülmeli ve izlenmelidir. Metal detektöre entegre edilen optik akış sensörü tarafından toprak hareketinin tespit edilmesinde kullanıcının kasıtlı ya da kasıtsız el hareketleri nedeniyle oluşan eksenel (açısal) ve yükselti değişimleri, IMU sensörü ve yükseklik sensörüyle düzeltilmektedir.

Yukarıda bahsedilen mekanik durum, ayrıca, düşey eksen hareketleri için de geçerlidir. Kullanıcı, detektörü tam paralel tutmadığında ya da herhangi bir eksenel hareket mevcut olduğunda, yatay konum ölçüm biriminde konumlanan ivme-ölçerden elde edilen veriden açısal düzeltmeler (yerçekimine göre) yapılması mümkündür.

Düzeltme hesaplamalarının detayları, tarifnamede sağlanmamaktadır çünkü yatay konum ölçüm biriminin konum değeri, basit geometrik yöntemler tarafından hesaplanmaktadır ve çünkü başvuruyla doğrudan bir ilişkiye sahip değildir. Yükselti değişikliklerini tespit etmek için temassız yükseklik ölçümü sağlayan en az bir yükseklik sensörü kullanılmakta ve eksenel hareketlerden kaynaklanan açısal yer değiştirmeyi tespit etmek için jiroskop, ivme-ölçer ve manyeto-metre birleşim (IMU) sensörleri kullanılmaktadır.

Bir metal detektörünün arama kafası, tek bir alıcı-verici bobini olarak sarılan antenden ya da ayrı manyetik alan verici ve alıcı bobinlerinden oluşmaktadır. Bir arama kafasındaki alıcı-verici, ayrıca bobin yapısına da bağlıyken, hedefin tam olarak üstünde olduğunda, ortalama olarak en yüksek metal sinyal büyüklüğünü elde etmektedir. Sinyal büyüklüğü, hedefin konumlandığı noktadan uzaklaştığında daha zayıf hale gelmekte ve belirli bir mesafeden sonra ihmal edilebilecek kadar zayıf hale gelmektedir. Sinyal dayanımının fonksiyonu, genel olarak, hem arama kafasına olan mesafeye bağlıdır hem de arama kafasındaki ve hedefteki bobinler tarafından oluşturulan vektör geometrisine bağlıdır. Bobin ve hedef geometrisindeki varyasyonlar, sinyal dayanımının, net bir analitik model/fonksiyon tarafından belirlenmesine imkân vermemekte ancak manyetik alan tarafından oluşturulacak sinyalin büyüklüğü, örneğin, Biot-Savart Kanunu, Amper Kanunu, Faraday İndüksiyon Kanunu gibi temel manyetik alan teorileri tarafından ifade edilmektedir ve belirli varsayımlar altındaki matematiksel ilişkiler oluşturulabilmektedir.

Tespit edilen hedefin derinliğini belirlemek için, metal detektör sinyali ve geometri arasında ilişki kurulmalı ve hedefe göre arama kafası konumu bilinmeli ve konum sinyalle izlenmelidir. Mevcut buluşun bir amacı, hedefe göre arama konumu bilgisini tanımlamak ve sistematik olarak ifade etmektir.

Konum ve derinlik bilgi üretim adımlarıyla detektör tarafından tespit edilen sinyal büyüklüğünün ilişkilendirilmesi, konuma göre sinyalin birinci ve ikinci türevleri arasındaki ilişkiler vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu ilişkiler, fizik, analitik geometri ve nümerik çözümlerin bilinen temel kanunlarıyla ilişkili istisnaların doğrulanmasını esas alan tarifnamenin kapsamında açıklanmaktadır.

Mevcut buluş, aşağıda listelenen şekillere ve grafiklere atfen, atıflar yapılarak daha detaylı biçimde açıklanmaktadır.

ŞEKİLLERİN AÇIKLAMASI

Şekil 1: Hedef derinliği ölçebilen metal detektörün genel perspektif görünümü.

Şekil 2: Entegre konum izleme biriminin detaylı görünümü.

Şekil 3: Kendi alanı tarafından oluşturulan toprak yüzeyine paralel olan, yarıçapı "r" olan ve içerisinden "I" akımının geçtiği tek-turlu bir dairesel bobinin "h" yüksekliğinde "D" kadar kaydırmanın sonucu olarak oluşturulan "B" manyetik alan vektörünün oluşumunu gösteren ideal bir bobin-hedefi gösterimi.

Şekil 4: Normal merkezinde hedef yer alırken, yarıçapı "r" olan ve içerisinden "I" akımının (şekilde gösterilmedi) geçtiği tek-turlu bir dairesel bobinin toprağına paralel "h" yüksekliğinde "x" kadar kaydırmadan kaynaklanan "D" mesafesinde "B" manyetik alan vektörünün oluşumunu gösteren ideal bir bobin-hedefi gösterimi.

Şekil 5: Şekil 4'teki geometrinin hedefi üzerinde etki eden "x"in yatay konumuna bağlı olarak manyetik akım tarafından oluşturulan sinyal olan "V(x)"in grafiksel gösterimi. Gösterilen bu sinyalin birinci türevi, "V'(x)" olarak ifade edilmekte ve sinyalin ikinci türevi, kesişimle ve tepe gösterim hatlarıyla çizilen "V''(x)" olarak ifade edilmektedir.

Şekil 6: Yarıçapı "r" olan ve içerisinden "I" akımının geçtiği tek-turlu bir dairesel bobin tarafından oluşturulan toprak yüzeyine paralel "h" yüksekliğinde "D" kadar kaydırmadan kaynaklanan hedef mesafede bir manyetik alan vektörünü "B" gösteren ideal bir bobin-hedef gösterimi.

Şekil 7a, 7b: Şekil 6'daki dairesel bir bobin tarafından aynı hedef üzerinde manyetik alan bobini tarafından üretilecek "D" sinyaline göre ikinci türevin "r=0,1 birim" (Şekil 7a) ve "r=10

birim" (Şekil 7b) için h=10 birim ve h=50 birim arasında nümerik olarak hesaplanan değerlerin grafiği.

REFERANS NUMARALARIN AÇIKLAMASI

NO	PARÇA İSMİ
10	Metal detektörü
11	Arama kafası
12	Sinyal işleme sistemi
13	Mil
20	Konum izleme birimi
21	Optik akış sensör kamerası
22	Optik akış sensör lensi
23	Optik akış sensör işlemcisi
24	Yükseklik sensörü
25	IMU sensörü
26	Kızılötesi aydınlatma cihazı
27	Soğuk ayna
30	Grafik işleme/görüntüleme birimi
31	Ekran
32	Ekran
40	Anten
50	Bobin
60	Hedef

BULUŞUN DETAYLI AÇIKLAMASI

Mevcut buluş, elde-taşınan bir metal detektörüne (10) monte edilen ve optik akış sensör lensini (22), bir optik akış sensör kamerasını (21), bir optik akış sensör işlemcisini (23), bir yükseklik sensörünü (24) ve bir IMU sensörünü (25) içeren yatay konum izleme birimi (20) sayesinde, yatay konumu izleyerek hedefin (60) derinliğinin hesaplanmasına imkân vermektedir ve bu esnada, kullanıcı, "optik akış" yöntemiyle metal detektörün (10) arama kafasını (11) serbest bir şekilde taramakta ve bu konumla tespit edilen hedef merkezinin etrafındaki birçok nokta konumundan alınan metal tespit sinyallerini kullanmaktadır; böylece, metalin tipinden ve boyutundan bağımsız olarak hesaplamanın yapılmasına imkân veren, hedef derinliğin ölçülmesi için bir yöntemle ve bu yöntemi kullanan bir metal detektörüyle ilgilidir.

Mevcut buluşun tercih edilen yapılanmasında, konum izleme birimi (20), metal detektörün (10) miline (13) irtibatlanmaktadır. Optik akış işleminin ortam ışığından etkilenmesini önlemek için bir soğuk ayna (27) filtresi ve tercihen kızılötesi aydınlatma elemanları (26) kullanılmaktadır.

Metal sinyalleri iletecek arama kafasına (11) irtibatlanarak, metal tespit işleminin elektronik olarak gerçekleştirilmesini mümkün kılan bir detektör (10) sinyal işleme sistemi (12) bulunmaktadır; kullanıcıya metal sinyal sonuçlarını gösterebilen dâhili ve/veya harici grafik işleme/görüntüleme birimi de (30) bulunmaktadır. Grafik işleme/görüntüleme birimi (30), mil (13) üzerinde olabilmekte ya da harici bir birim olarak bulunabilmektedir. Özellikle, harici ise, doğrudan kablo vasıtasıyla ya da radyo antenleri (40) vasıtasıyla sinyal işleme sistemine (12) irtibatlanabilmektedir. Sonuçlar, kullanıcıya, bir grafik ekranı (32) ya da ekran (31) üzerinde sunulabilmektedir.

Açıklanan yöntemin hesaplamaları, dâhili ve/veya harici grafik işleme/görüntüleme biriminde (30) işlemcilerde ve ayrıca, mobil bir telefonda, tablette, bilgisayarda ve benzer ekranlarda (32) ve bir hesaplama gücüne sahip bir mobil cihazda gerçekleştirilebilmektedir.

Bahsedilen hedef derinlik ölçüm yöntemi, aşağıdaki işlem adımlarını içermektedir:

- Metal detektörünün (10) metal tespit birimi vasıtasıyla hedef metalin varlık/sinyal şiddeti bilgi topluluğuyla eş-zamanlı olarak, optik akış sensörü vasıtasıyla zemin üzerinde arama kafasının (11) konum bilgilerinin toplanması;
- Konum bilgilerinin toplanması sırasında kullanıcının el hareketlerinden ve toprak düzensizliklerinden dolayı oluşan yükseklik varyasyonlarının yükseklik sensörüyle (24) tespit edilmesi ve düzeltilmesi;
- Jiroskop, ivme-ölçer ve manyeto-metre birleşimi IMU sensörüyle (25) konum bilgilerinin toplanması sırasında kullanıcının el hareketleri nedeniyle oluşan açısal değişimlerin tespit edilmesi ve düzeltilmesi;
- Hedef metale - konum matrisine metal verilerin ve düzeltilmiş konum bilgilerinin aktarılması;
- İnterpolasyon ile matriste eksik sinyal verilerinin yapılandırılması;
- Toprağa göre yatay konuma (X ve Y) göre birinci türev ve ikinci türev tablolarının yapılandırılması;
- Birinci türev ve ikinci türev tablolarında sıfır geçiş noktalarının belirlenmesi;
- Birinci türevi sıfır yapan nokta ve ikinci türevi sıfır yapan nokta arasındaki yatay ortalama mesafenin bulunması;

- Bobine göre test hedefleri tarafından tanımlanan bir fonksiyonun ters fonksiyonunun kullanılmasıyla hesaplanan mesafenin doğrusal-olmayan hatalarının düzeltilmesi ve düzeltilen değerlerin kullanıcıya gösterilmesi.

Bir metal detektörünün (10) belirli bir konumda edindiği metal tespit sinyalinin büyüklüğü, hedef metal detektörü (10) tarafından oluşturulan manyetik alanın bir sonucudur. İletken bir hedefte, metal detektörü (10) tarafından alana eklenen manyetik alanın zaman türeviyle orantılı olan döner burgaç akımları oluşturulmaktadır. Bu akımlar tarafından üretilecek karşıt manyetik alan, metal detektörünün (10) alıcı bobini tarafından ölçülebilmektedir. Bu zamanı-değişen alan, bir sinüzoidal sürekli manyetik alan ya da manyetik bir alan darbesi olarak detektör (10) tarafından üretilebilmektedir. Sürekli bir sinüzoidal kaynak tarafından üretilip üretilmemesinden ya da manyetik bir darbe tarafından oluşturulup oluşturulmamasından bağımsız olarak, manyetik alanın fiziksel geometrisi aynıdır. Standart tip metal detektörleri, bu sinyal üzerindeki işlemi hızlı bir şekilde gerçekleştirmekte ve kullanıcıya metal bilgisi sağlamaktadır. Standart bir detektör, konuma göre metal tespit sinyalinin şiddetini kaydetmemekte ve bu sinyali, yatay ve düşey geometriye göre işleme tâbi tutmamaktadır. Bilinen tekniğe göre mevcut buluşun temel farkı, sinyal büyüklüğünün konuma göre ifade edilmesidir.

Konuma göre sinyalin grafiği, zamandan, kullanıcının hızından ve hareketten bağımsız olacaktır. Kullanıcının hareketlerine bağlı olarak bir varyasyon mevcut olduğunda, kullanıcının hareketleri nedeniyle oluşan varyasyonlardan bağımsız olarak optik akış sensörüyle birlikte çalışan bir yükseklik sensörü (24) ve IMU sensörü (25) bulunmaktadır.

Mevcut buluşun bir yönteminde, metalden gelen sinyal, arama kafası (11) geometrisinin ve hedef geometrinin parçası olarak ifade edilmekte ve hedef derinliği, bu geometrinin kullanılmasıyla belirlenmektedir.

Konuma göre sinyal grafiği, detektör (10) arama kafasının (11) hareketleri sırasında iki-boyutlu bir yüzey için üç-boyutlu olarak meydana gelecektir (yatay X ve Y yer değiştirme boyutları ve bundan alınan büyüklük değerleri). Üç-boyutlu grafik, toprağa göre arama kafasının (11) yüksekliğinin hareket sırasında değişmemiş olduğunun varsayılmasıyla oluşturulmaktadır. Dördüncü bir boyut olarak, her bir konum için ayrı olarak topraktan arama kafasının (11) yüksekliğinin alınması ve hesaplama yönteminin bu verilere uygulanması mümkündür.

Hedef ve arama kafası (11) arasındaki mesafe ilişkisi, arama kafası (11) tarafından oluşturulan ve hedeften alınan manyetik alanla ilgilidir. Farklı şekillere ve detaya sahip arama kafaları (11), farklı bir mesafe ilişkisi oluşturacaktır. Ayrıca, arama kafasının (11) şekline bağlı olarak, ilgili fonksiyon, nispeten karmaşık hale gelebilmektedir. Bununla birlikte, manyetik alanların temel kanunları ışığında bu fonksiyonun analitik olarak ifade edilmesi belirli varsayımlar altında mümkündür. Bu ilişkinin, arama kafasında (11) bir manyetik alan ileten anten olarak kullanılan bir bobinin (50) hedefinin (60) geometrisi esasında hesaplanması gerekmektedir.

Belirli bir mesafede bir manyetik kaynağın (vericinin) oluşturacağı manyetik alan, "B" ile ifade edilmektedir. Bu "B" büyüklüğü, bir alıcı bobin (50) tarafından ölçülebilmektedir. Biot-Savart kanunu, bir iletken içerisinden elektrik akımının geçtiği noktadan belirli bir mesafedeki manyetik alanı tanımlamaktadır. Bir diferansiyel uzunluk "dL" boyunca akan elektrik akımı, bu konumdan belirli bir mesafede oluşacak, vektöryel manyetik alandan elektrik akım kaynağına olan mesafenin karesiyle ters orantılı olarak ifade edilmektedir. Diferansiyel bir değer olarak, manyetik alan, $dB = \frac{\mu_0 . I}{4\pi} . \frac{\vec{dL} . \vec{i_r}}{r^2}$ **[I]** olarak ifade edilebilmektedir. Burada "B", manyetik alandır, "μ0", vakumun geçirgenliğidir, "L", akımın yönünün diferansiyel uzunluğudur, "i_r", diferansiyel noktayla manyetik akının oluştuğu konumun yönündeki birim vektördür ve "r", bu iki konum arasındaki sayısal mesafedir. Tam bir tek turlu dairesel bobinin (50) geometrisi boyunca (Şekil 3), bu bobinin (50) merkezinin ekseninden bir "D" mesafesinde hedef (60) için diferansiyel manyetik alanların integrali alındığında, hedefte (60) oluşan manyetik alan dayanımı, $B = \frac{\mu_0 . I}{2} . \frac{r^2}{(D^2+r^2)^{3/2}}$ **[II]** olarak yazılabilmektedir, burada, "r", bobinin (50) çapı için (önceki gösterimden farklı olarak) kullanılmaktadır ve "D", bu bobinin (50) merkezinden manyetik alanın elde edildiği noktaya kadar olan mesafedir.

Bu bobinin (50) merkezinden dik geçişin, hedefle (60) aynı yönde olduğu varsayımıyla, böylece, bobinin (50) yüksekliği, topraktan "h" değerinde sabit kalacak şekilde, bobin (50) merkezi ve hedef (60) arasındaki mesafeyi "D" olarak ifade edersek, trigonometriye göre toprağa "x" kat paralel hareket ettirildiğinde, $D^2 = x^2 + h^2$ olarak yazabiliriz (Şekil 4). Yatay "x" konumunda oluşturulan manyetik alanın büyüklüğü, $B = \frac{\mu_0 . I}{2} . \frac{r^2}{((x^2+h^2)+r^2)^{3/2}}$ **[III]** olarak ifade edilebilmektedir.

Bobin (50) hedefe (60) bakacak şekilde hareket ettikçe, "x" konumuna göre "B"nin ikinci türevinin, $\frac{d^2B}{dx^2} = \frac{\mu_0 . I}{2} . \frac{3.r^2.(4x^2-(h^2+r^2))}{(x^2+(h^2+r^2))^{7/2}}$ **[IV]** olduğu görülebilmektedir. Bu, özellikle, hedefin mesafesinin hesaplanmasında önemlidir çünkü bu ifadenin pay kısmındaki $x^2 = (h^2 + r^2)/4$,

sıfıra eşit olmasına neden olacaktır. Burada, "r" bir sabittir, "h", oluşan büyüklüktür ve "x", ölçülen büyüklüktür. Konuma göre "B" ile orantılı sinyaller üzerinde nümerik yöntemlerin kullanılmasıyla h = $\sqrt{4x^2 - r^2}$ [V] ile derinliğin hesaplanması yeterli olacaktır.

"B" manyetik alanı tarafından üretilecek oransal elektromotor kuvvetini (gerilimi) "V" ile ifade edersek, birinci türevi sıfır yapan konum, hedef (60) üzerindeki "x"in değiştirilmesiyle elde edilen verilerden, nümerik yöntemler (örneğin, sonlu fark yöntemi) tarafından belirlenebilmekte ve hedefin (60) tam üstündeki konum bulunabilmektedir (Şekil 5). Bu konum, simetriden dolayı x = 0 konumu (merkez) olarak ifade edilecektir. Elde edilen verilerin (ya da alınan veri aralıklarının) kullanılmasıyla ikinci türev grafiğinin sıfır yapılmasıyla konumun bulunması mümkündür. Bu değer, analitik olarak belirtilen fonksiyonu [IV] sıfır yapan denklemin [V] çözümüne eşittir. Hedefin (60) bobin (50) hareket yüzeyine olan mesafesi, "x" bu şekilde belirlendiğinde bulunabilmekte ve denklem [V]'te yerine ikame edilebilmektedir ve ayrıca, "r", bobin (50) yarıçapı gibi sabittir. Hedefin (60) derinliği, hedefin (60) diğer özelliklerinden bağımsız olarak hesaplanacaktır, sistem tarafından da ölçülen bobinden (50) toprağa olan mesafe, bu mesafeden çıkarılmaktadır. Görülebildiği gibi, bu durum için düzenlenen gerçek bir çözüm bulunmamaktadır çünkü "r", (r/2)'den daha küçükse, karekök, negatif olacaktır. Teorik olarak, "h" değeri, (r/2) mesafesine kadar hesaplanabilmektedir. Pratikte, hedef derinliği, detektörün (10) bobin çapından daha derin olacağı için bu durum bir sorun değildir.

Belirtilen hesaplamalar, aşağıdaki temel varsayımları varsaymaktadır.

- Bobin (50) yuvarlaktır ve verici bobini (50) ve alıcı bobini (50), aynı eksen üzerine yerleştirilmektedir,
- Bobin (50) tarafından üretilen manyetik alan (B) tarafından üretilen burgaç adımı, elektronik alıcı tarafından doğrusal olarak (V) eşdeğer olarak tespit edilecektir,
- Bobin (50), sadece tek bir boyutta hedef (60) üzerine geçmektedir,
- Bobinin (50) merkezinden geçen eksen, hedefin (60) yönünde olacaktır.

Bazı detektör arama kafalarında (11), bobinler daireseldir ve verici ve alıcı eş merkezlidir. Eş merkezli bobinin (50), bu nedenle, derinlik ölçümünün hesaplamaları için daha uygun olduğu görülmektedir. Genelde "Çiftli D" olarak adlandırılan metal arama kafaları (11), indüksiyon dengesi bakımından genel olarak daha iyi sonuçlara sahiptir ve alıcı ve verici bobin merkezleri aynı değildir ve bobin şekilleri, D harfine benzerdir. Mevcut buluşun bağlamında, bu geometrik kusur, hesaplamalarda pratikte ihmal edilebilir olarak varsayılacaktır.

Alıcı bobin tarafından hedeften alınan sinyal, hedeften bobine kadar olan mesafeden etkilenecek ve bir mesafe hatasına neden olacaktır. Bu hata, mevcut buluşta hedef mesafenin, bobin yarıçapının (r/2) yarısından daha büyük olduğu varsayımıyla ihmal edilmekte ve alıcı bobinde meydana gelecek sinyal büyüklüğündeki azalma, bir doğrusal hale getirme hesaplamasında dâhil edilmektedir.

Metal detektörün (10) arama kafaları (11), aksi belirtilmedikçe, kullanıcının kolunun bir uzantısı olarak zemine paralel bir yay hattının çizilmesi için kullanıcı tarafından kullanılmaktadır. Mesafe için verilen tüm denklemlerin sadece bir eksene sahip olduğu ve hedefin doğrudan geçirildiği varsayılmaktadır. Uygulamada, bu gibi bir kullanım mümkün değildir. Bu nedenle, mevcut buluşun sisteminde, konum-sinyal verisi ham biçimde alındıktan sonra, toprağın yüzeyini temsil eden iki-boyutlu bir matris (X ve Y) yer almaktadır. Hesaplamanın tutarlı olması için, X ve Y eksenleri üzerinde üç-boyutlu grafikten tepe noktalarının elde edilmesi mümkündür. Bununla birlikte, bir yay biçiminde tarama yerine, hedef alana özgü kısa bir boşlukta sağa-sola hareket ettirilen bu gibi bir matrisi kullanma ihtiyacı olmaksızın bir arama kafasıyla (11) pratik sonuçların elde edilmesi de mümkündür ve ayrıca, daha düşük hesaplama gücüne sahip sistemlerde temel yöntemin hayata geçirilmesine de imkân vermektedir.

Tipik bir metal detektörünün kullanılmasıyla, bobinin (50) merkezinin hedefe (60) doğru tutulması pratikte mümkün değildir, bobin (50), toprağa paralel hareket ettirilmektedir. Bu, hedefin (60) konumunun bobinin (50) merkez eksenine olan yatay mesafeden ayrı olacağı anlamına gelmektedir, başka bir deyişle, hedef (60) üzerinde bobin (50) tarafından oluşturulan "B"nin değişeceği ve daha karmaşık olarak ifade edileceği anlamına gelmektedir. Bu gibi bir geometriye, silindirik koordinatların kullanılmasıyla Biot-Savart kanunu uygulandığı için, sonuç, aşağıdaki integralin çözülmesini gerektirecektir. Burada, X ve Y eksenleri, önceki "x" değerine atıf yapmamaktadır, hareket, Y ekseni yönündedir.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I R}{4\pi} \int_0^{2\pi} \frac{h\cos\emptyset\,\vec{X} + h\sin\emptyset\,\vec{Y} + (r - D\sin\emptyset)\,\vec{Z}}{(r^2 + h^2 + D^2 - 2Dr\sin\emptyset)^{3/2}} d\emptyset \quad \textbf{[VI]}$$

Burada, "μ0", vakumun geçirgenliğidir, "I", bobin (50) içerisinden akan akımdır, "r", kaynak bobininin (50) yarıçapıdır, "h", bobin (50) merkezinden olan düşey mesafedir, "D", bobin (50) merkezinden geçen dikey çizgiye kadar olan mesafedir. Denklemdeki "Ø", silindirik koordinatlardaki akımın integralini almak için bobin (50) boyunca dönüş açısıdır. Denklem [VI]'daki X, Y ve Z vektörleri, "B" yönlerinde Kartezyen birim vektörleridir.

Silindirik koordinatlarda merkez, simetri ekseninden kaydığı için, normal sürekli hedefin (60) yönünde tutulan bir bobinden (50) farklı olarak, "B" alanı, integralin alındığı durumda vektör tarafından Y ve Z yönlerinde dağıtılacak ve bu da, simetriden dolayı X yönünde sıfıra neden olacaktır.

Bu entegrasyon, silindirik koordinatlarla Kartezyen koordinat ilişkilerinin konusu olan eliptik bir integral olarak bilinmektedir ve bu integraller, çok basit analitik ifadeleri içermemektedir.

"B" için analitik ifadelerin oluşturulmasındaki zorluk ve meydana gelecek hatanın miktarı, buluştaki nümerik yöntemlerde test edilmektedir. Her bir konum için [VI] fonksiyonunda nümerik integralin alınmasıyla elde edilen "B" manyetik çizimleri, "r" yarıçapının farklı değerleri için grafikler olarak elde edilmektedir.

Şekil 7a ve 7b'de, "D"ye göre Şekil 6'daki ölçülerle [VI] fonksiyonunun integralinin farklı "r" değerleri için elde edilen sonuçların ikinci türevinin grafikleri gösterilmektedir. Şekil 7a'da, bobinin (50) yarıçapının "r" 0,1 birim olduğu durum için çizilen bir grafik verilmekte ve Şekil 7b'de, "r" 10 birim olduğu durum için çizilen bir grafik verilmektedir. Her iki şekilde de, hedef, bobine yaklaştıkça, sonuçlar, oluşan vektörlerin yönünden dolayı bozulmaktadır. Hedef derinliği yarıçaptan (r) daha büyükse, bozulma azalmaktadır çünkü etkilerin birleşimi aynı yöndedir. Nümerik değerler, ikinci türevin sıfır noktaları için karşılaştırıldığında, derinlik için ifadeler, aşağıdaki tablodaki gibi olmalıdır.

Gerçek (h)	r=0.1 için hesaplanan (h)	r=10 için hesaplanan (h)
10	9.38	22.57
20	19.64	25.32
30	29.69	32.49
40	39.96	41.14
50	50.00	50.00

Tablodaki tüm değerler, 50 birim derinliği için elde edilen faktör tarafından ölçeklenmektedir.

Tabloda görülebildiği gibi, yarıçap oranı başına derinlik ne kadar büyükse, sonuç o kadar iyi olacaktır. Bu, nihai derinlik ölçümünün, yarıçapın bir parametre olduğu bir düzeltmeyi gerektirebildiği ya da belirli bir mesafede uzak hedefler için hatanın kabul edilmesiyle çalışabildiği anlamına gelmektedir. Geometrik yapısından dolayı, manyetik alan, bobinin

yakınındaki hedeflerde daha karmaşık hale gelmektedir ve bu geometride analitik olarak manyetik alanın ifade edilmesi zordur.

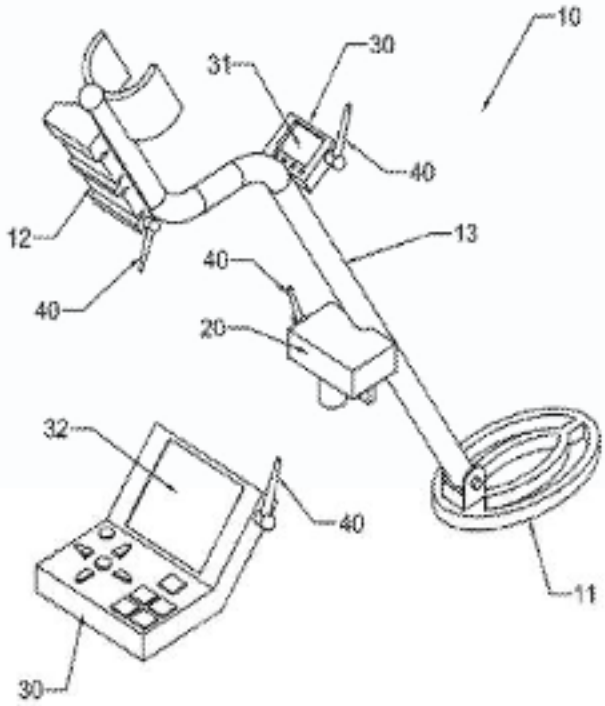
Hedefin, yarıçapla karakterize edilen bobin geometrisine yaklaşmasından dolayı, bunun, uygun bir analitik düzeltme fonksiyonuyla ya da numune almayla kalibre edilen bir ayrık interpolasyon uygulanmış düzeltme fonksiyonuyla düzeltilmesi de mümkündür. Mevcut buluşun bağlamında, nümerik yöntemler, örnek eğriye interpolasyon uygulanmasıyla hem çap nedeniyle oluşan hataların hem de diğer bozulumların düzeltilmesi için nümerik yöntemler ortaya konmuştur.

Açıklamalarda tek bir yönde ifade edilen tüm hesaplamalar, iki boyutlu bir yüzeye sahip toprak üzerine uygulanabilmektedir. Sadece X ekseninden yapılan hesaplamada, V(x)'in birinci türevinin, bobinin (50) hedefin (60) tam olarak üstünde olduğu ya da artı/eksi sonsuza kadar yaklaştığı noktalarda sıfıra eşit olacağı bilinmektedir. Burada, sıfır değeri, hedefin (60) konumunun merkezinin yer aldığı sonlu bir değere karşılık gelecektir. Mevcut buluşun yönteminde, hesaplama, iki-boyutlu bir zemin üzerinde gerçekleştirildiğinde, sinyalin birinci türevinin sıfır olduğu sonlu nokta ya da bobinin (50) tam olarak hedefin (60) üzerinde olduğu bu noktaların ağırlık merkezinin bulunduğu eksen, başka bir deyişle, Kartezyen koordinat sisteminde (X, Y) yatay toprak düzleminin merkezi, bir simetri merkezidir. Derinlik hesaplamasında bu merkeze olan mesafeler, iki-boyutlu bir dizinin değerleri olarak ifade edildiğinde, üçüncü boyut, belirli bir çözünürlükte her bir konum için alınan metal tespit sinyal değerlerinden oluşacak olan V (x, y) olarak ifade edilebilmektedir. Bu şekilde, derinlik, x ve y için V (x, y)'nin ikinci türevlerinin sıfıra eşit olduğu bir kapalı geometrik kısım oluşturacaktır. Bu geometrik yapının noktalarının belirtilen merkeze yatay mesafesinin ortalaması, bobinin (50) hedeften (60) olan mesafesini karakterize eden önceki "h" olarak ifade edilebilmektedir.

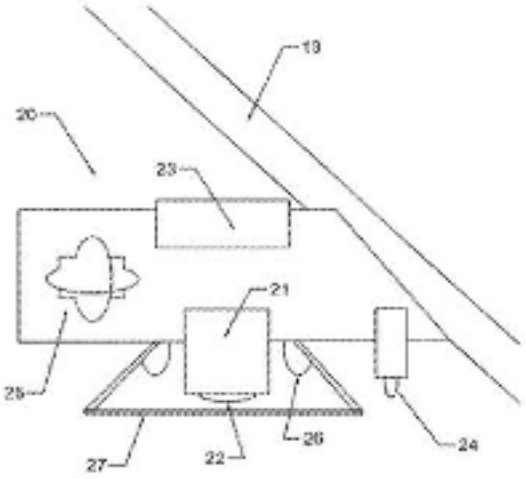
h_c = G(h) düzeltme fonksiyonuyla belirlenen etkilerden dolayı doğrusallık bozulumunun karakterize edilmesi mümkündür. Burada, "h", türevlerden hesaplanan değerdir ve "h_c", bobine göre düzeltilen değerdir. Düzeltme fonksiyonu, özellikle numune alınmış test değerleriyle oluşturulacak ayrıklaşmış bir kavis biçiminde olacaktır. Sonuç olarak, istenen değere "h" ilişkin bu eğri, test değerleri arasında ölçülen değere interpolasyon uygulanmasıyla pratikte elde edilebilmektedir.

Bu değer, grafiksel çizim yapabilen bir ekran (32) üzerinde ya da doğrudan nümerik bir ekran (31) üzerinde görüntülenebilmektedir.

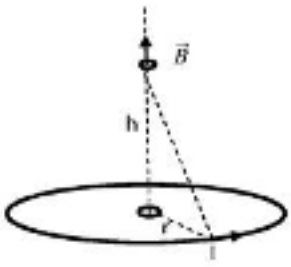
Mevcut buluştaki detektör tarafından kullanılan derinlik hesaplama yöntemi, uygulamada iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Bunlardan biri, sinyal büyüklük matrisinin ve türevsel matrislerin kullanılmasıyla detayın derinliğinin hesaplanmasıdır. Uygulamanın başka bir olasılığında, grafik işleme/görüntüleme birimi (30), tüm matrisi ifade etmemekte ve bir ya da çoklu arama kafası (11) salınımları için türevlerin sıfır olduğu konumları dinamik olarak belirlemekte ve hesaplamayı bunlar esasında yapmakta ve sonuç olarak, kullanıcıya, daha az doğru bir analiz sonucu hızlı bir şekilde verilmektedir. Duyarlılık kullanıcı için önemliyse, birinci yöntemin kullanılması mümkündür ve duyarlılık kullanıcı için önemli değilse, ikinci yöntemin kullanılması mümkündür. İkinci yöntemde, daha az kaynakla, daha ekonomik olarak ve daha az enerjiyle, bir işlemcinin kullanılmasıyla daha basit bir sistem gerçekleştirilebilmektedir çünkü birinci yöntemdeki kadar yüksek bellek ve işleme gerekmemektedir.



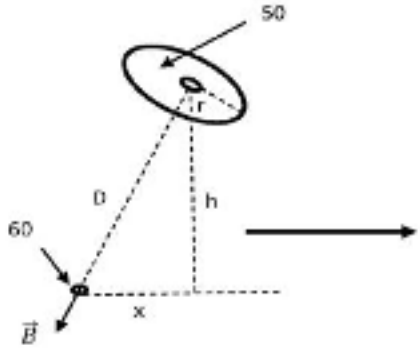
Şekil 1



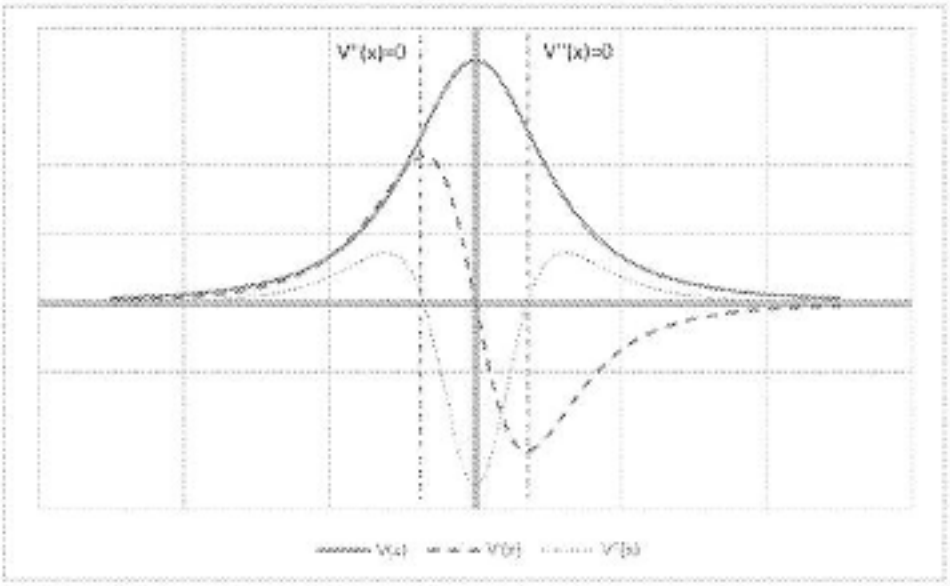
Şekil 2



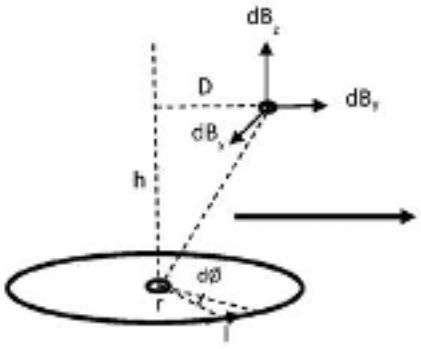
Şekil 3



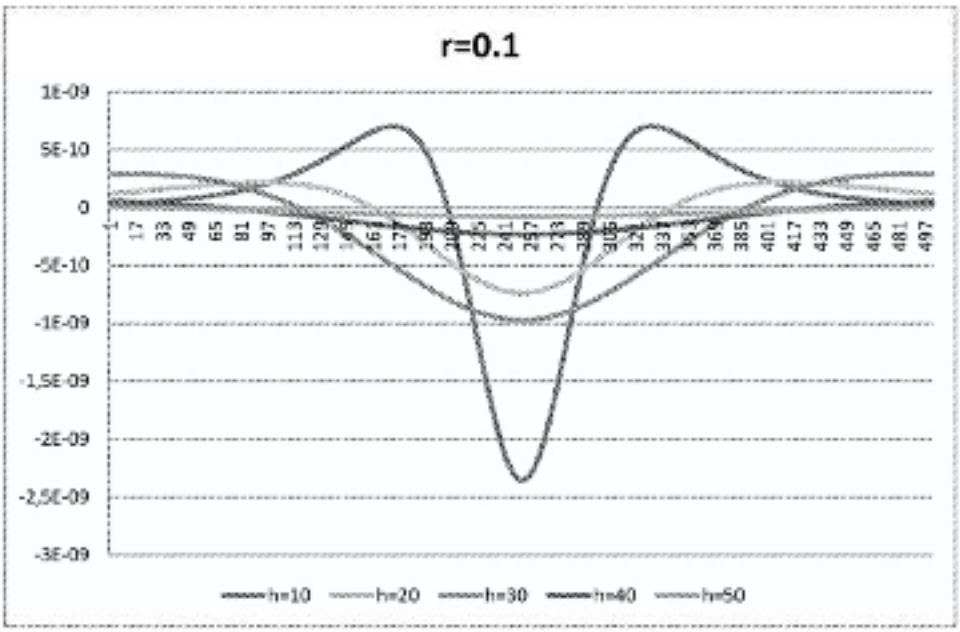
Şekil 4



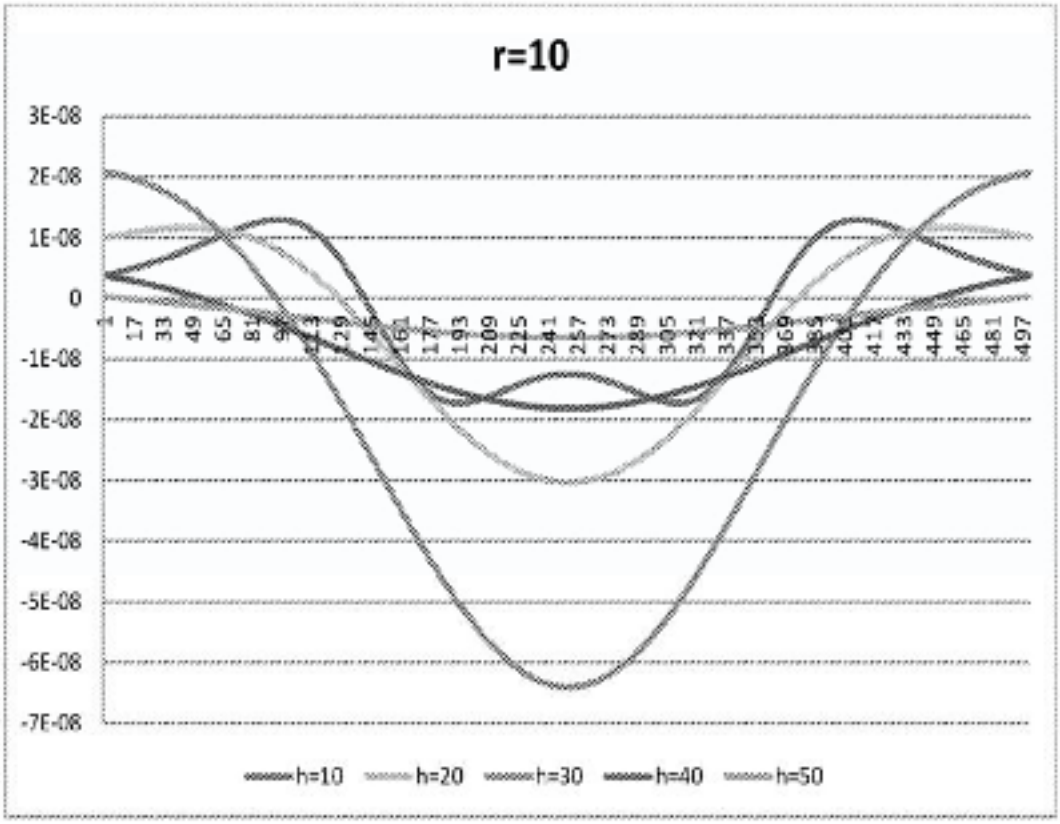
Şekil 5



Şekil 6


r=0.1
1E-09
5E-10
0
-5E-10
-1E-09
-1,5E-09
-2E-09
-2,5E-09
-3E-09
1
17
33
49
65
81
97
113
129
177
225
241
257
273
305
321
337
353
369
385
401
417
433
449
465
481
497
h=10
h=20
h=30
h=40
h=50

Şekil 7a


r=10
3E-08
2E-08
1E-08
0
-1E-08
-2E-08
-3E-08
-4E-08
-5E-08
-6E-08
-7E-08
1
17
33
49
65
81
97
113
129
145
161
177
193
209
225
241
257
273
289
305
321
337
353
369
385
401
417
433
449
465
481
497
h=10
h=20
h=30
h=40
h=50

Şekil 7b