

KOORDİNAT ÖLÇÜM METROLOJİSİ, ÜÇ BOYUTLU ÖLÇÜM CİHAZI (CMM) MODERNİZASYONU, KALİBRASYONU, VERİFİKASYONU, DÜNYADA VE ÜLKEMİZDEKİ DURUM

İlker TEKE*
Tanfer YANDAYAN**
Recep KARADAYI*

* AAT Otomasyon Yazılım, İMES Sanayi Sitesi E Blok, 503. Sokak No:28, Ümraniye / İSTANBUL
E-mail: ilker@aat3d.com
Tel: 0216 415 74 55

** TÜBİTAK UME, Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. Pk54, 41470 Gebze / Kocaeli, Türkiye
E-mail: tanfer.yandayan@tubitak.gov.tr
Tel: 0262 679 5000 (İç hat: 5312)

ÖZET

Günümüzdeki rekabet koşulları, küresel şartlar, ürünlere ait alt parçaların farklı yerlerde üretimi, sadece son ürünün ölçümünü yapmaktan ziyade, ürünün tasarım aşamasında dikkate alınan bir seri metroloji uygulamalarını gerektirmektedir. Bu sebeple kullanılan Geometrik Ürün Özellikleri (GPS) uygulamalarının gereği olan tolerans ve belirsizlik hesaplamaları, ürünün üretim sürecindeki tüm aşamalarında (tasarım, üretim, ve test) dikkate alınır. Bu durumda ürünün tüm boyutlarını tek işlemde ölçebilen, arzu edilen toleransları GPS standartları kapsamında kontrol edebilen cihaz olarak koordinat ölçme cihazları (CMM) öne çıkmaktadır. Bu bildiride CMM cihazlarının performanslarının belirlendiği kalibrasyon, verifikasyon uygulamaları ve akreditasyon durumu, ilgili standartlardaki son gelişmeler, bu gelişmelere ayak uydurmak amacı ile eski CMM cihazlarının modernizasyonu konuları, ülkemizden ve dünyadan örnekler verilerek anlatılacaktır.

Anahtar Kelimeler: CMM, modernizasyon, kalibrasyon, verifikasyon, kabul kriterleri

ABSTRACT

Competition and global production conditions particularly for production of sub-assembly parts in different locations require application of metrology during design stage of the product rather than measurement of end product. Therefore, tolerancing and uncertainty issues according to Geometrical Product Specifications (GPS) are taken into account in all stages of design, manufacture and testing. In this aspect, coordinate measuring machines (CMMs) enabling measurement and checking of products in one set-up under GPS step forward. In this paper, calibration, verification for the performance of the CMMs, accreditation issues, modernisation of CMMs, new developments of associated standards and the new demands will be explained with the examples taken from Turkey and all over the world.

Key Words: CMMs, modernisation, calibration, verification, acceptance

1. GİRİŞ

Üç boyutlu ölçüm metrolojisi, endüstrinin hemen hemen her kesiminde uygulama alanına sahiptir. Özellikle üretim teknolojilerinde üretilen parçaların son kontrollerinin yapılmasında son derece önemli bir yer tutar. Üç boyutlu ölçümleri gerçekleştiren en pratik ve bilinen cihazlar “koordinat ölçme cihazı” anlamına gelen, İngilizce “Coordinate Measurement Machines” başlığının ilk harfleri ile oluşturulan kısaca “CMM” olarak adlandırılmaktadır. CMM cihazları X,Y,Z koordinat eksenlerinde çalışarak, parça boyutlarını bu koordinatlar ile eşleştirilerek, diğer bir deyişle karşılaştırılarak ölçümlerini gerçekleştirir. En önemli özelliği ise, elde edilen ölçüm bilgileri ile ölçümü yapılan bir parçanın tüm katı modelinin çıkarılıp, olması gereken ölçüm değerleri ile kontrolünün yapılabilmesidir. Özellikle tersine mühendislik (reverse engineering) uygulamaları için son derece başarılıdır. Ülkemizde, otomotiv sanayi başta olmak üzere birçok uygulama alanlarında binlerce CMM cihazı kullanılmaktadır. Kullanılan cihazların gelişen teknoloji ile birlikte modernize edilmesi, yeni çıkan tasarım yazılımları ile kullanılması, yeni kontrol ünitelerinin eklenmesi ve daha sonra kalibrasyonlarının yapılması kısaca CMM modernizasyonu veya retrofit olarak tanımlanır. Bu konuda büyük bir tecrübesi olan, ZEISS, B&S (DEA) vb. gibi firmalara ara CMM yazılım modülleri sağlayan, AAT firması 2008 yılından bu yana ülkemizde, bu alandaki tecrübelerini kullanarak, CMM modernizasyonu ve sonrasında kalibrasyon işlemlerini gerçekleştirmektedir. Bu bildiride, ilk olarak CMM cihazlarının performanslarının belirlendiği kalibrasyon, verifikasyon uygulamaları ve akreditasyon durumu, ilgili standartlardaki son gelişmeler, bu gelişmelere ayak uydurmak amacı ile eski CMM cihazlarının modernizasyonu konuları, yaşanan zorluklar, TÜBİTAK UME'nin 1997 yılından bu yana yaptığı gözlemler, ülkemizden ve dünyadan örnekler verilerek anlatıldıktan sonra, AAT firmasının [1] derin tecrübesini kullanılarak CMM modernizasyon işleminin nasıl yapıldığı aktarılacaktır.

2. KOORDİNAT (ÜÇ BOYUTLU) ÖLÇÜM CİHAZLARI (CMM) ve ÜLKEMİZDEKİ DURUM

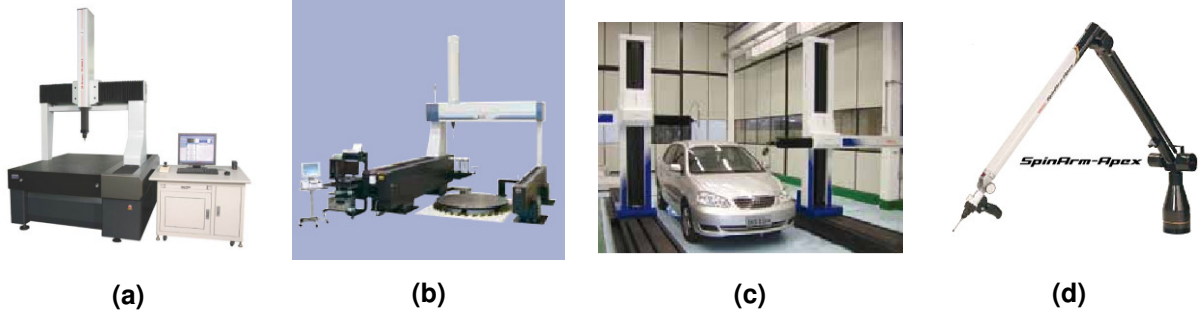
ISO 10360-1 uluslararası standardı koordinat ölçme cihazını, bir ölçme probunu hareket ettirerek, iş parçası üzerindeki uzaysal koordinatları belirleme kabiliyetine sahip ölçme sistemi olarak tanımlamaktadır.

Üç boyutlu ölçüm cihazları (koordinat ölçüm cihazları) temel olarak, gövde, kayıt ve kızıklar, kontrol ünitesi, servo motorlar, elektronik cetveller, problama sistemi, yazılım, bilgisayar donanımı gibi ana bileşenlerden oluşmaktadır. Kullanım alanlarına göre farklı tipleri olan CMM cihazlarının örnekleri **Şekil 1'** de gösterilmektedir.

Köprülü tipteki bir ölçme cihazını düşünülürse, parçanın ölçümlerini yapabilmek için önce cihazın ana eksenine göre parçanın konumlandırılması gerekir. Kontrol ünitesi, yazılımdan gelen komutların servo motorları tetiklemesi ile kayıt-kızak sistemini harekete geçirir, parça üzerinde prob sistemi ile gerekli bilgilerin alınmasını sağlar. Genelde hava yastıklı olan kayıt-kızak sistemleri tarafından taşınan ölçme probu, parça yüzeyine temas ettirilerek, temas sırasında alınan sinyaller yardımıyla, kayıt-kızak sistemine bağlı elektronik cetvellerin okuma değerleri tespit edilir.

Prob sistemi değişik özelliklere sahip olmakla birlikte, dokunarak parça üzerinden koordinat değerlerini almaktadır. Tetiklemenin yanı sıra, ölçme kabiliyeti olan prob istemleri, parça üzerinde kısa ölçme aralığındaki ölçümleri yapıp (örneğin form ölçümleri) elektronik cetvellerden alınan ana büyük ölçümler ile işleme tabi tutularak parça boyutları daha iyi tespit edilebilmektedir. Toplanan koordinat verileri yazılım ile anlamlı hale getirilir. Kısaca, yazılım, parça üzerinde alınan verileri matematiksel model çerçevesinde analiz edip kalite kontrolünü yaparak, grafiksel ve yazılı olarak rapor alınmasını sağlamaktadır. Bu esnada, cihaza ait tüm düzeltmeler (cihazın daha önce yapılmış kalibrasyonu neticesindeki ve parça için gerekli düzeltmeler (sıcaklık, sıcaklıkla uzama katsayısı vs.) yazılım tarafından yapılır.

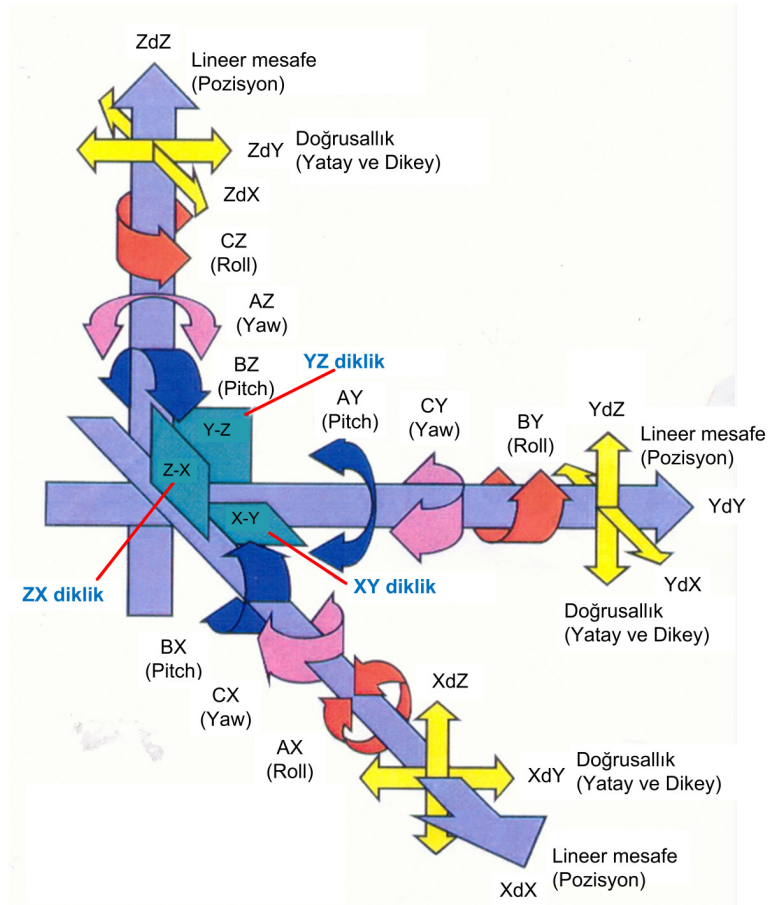
İleri seviye bir koordinat ölçme yazılımı, standart tüm Geometrik Toleranslandırmaları içermekte olup, tarama, tersine mühendislik yapabilme, grafiksel raporlama yapma yeteneklerine sahiptir. Özellikle belli bir geometrik elemana sahip olmayan kalıp ve saç parçalar gibi ileri seviye ölçme yapan yazılımlar, mevcut sistemlere adapte edilebilmektedir.



Şekil 1. CMM cihazı tipleri [2] (a) Köprü tip (b) Gantry tip (c) Yatay kolları (çift) tip (d) Kolları tip.

2.1. CMM cihazı performansları (kalibrasyon, kabul ve tekrar verifikasyon)

Koordinat ölçüm cihazları, 3 ayrı eksenin (X, Y, Z) dahil olduğu toplamda 21 adet geometrik hataya sahiptir. Kısaca her bir eksen, pozisyon hatasının yanı sıra, eksen boyunca yatay ve dikey yönde doğrusalık, pitch-yaw-roll açısız hataları olmak üzere 6 çeşit hataya maruz kalır. Üç eksen (X, Y, Z), $3 \times 6 = 18$ hatayı verir. 3 eksenin arasında ortaya çıkan 3 adet diklik hatası ile toplamda $18 + 3 = 21$ adet hataya CMM cihazı çalışması sırasında maruz kalır (Şekil 2).



Şekil 2. (X, Y, Z) eksenlerinde 21 adet hatanın gösterimi

21 adet hatanın, SI birimlerine izlenebilir olarak, belirsizlik değerleri ile birlikte tespit edilmesi işlemine "kalibrasyon" adı verilir. Kısaca kalibrasyon işlemi İngilizce "*error mapping a CMM*" adı verilen CMM cihazlarının hata haritasının çıkarılmasıdır. Genelde, cihazın imalatını takiben bu işlem fabrikada, çoğu zaman cihazın kurulumu sırasında yapılır. Tespit edilen hatalar eğer belli bir değer altında ise cihazın yazılımına girilerek, düzeltmeler cihaz yazılımı ile yapılır. Bu eşik değeri, üretici firmalar tarafından belirlenir. Eğer bu değer üzerinde ise, yazılım ile bu düzeltmeleri yapmak mümkün olmadığından, operatörler cihaz üzerinde bazı mekanik ayarlar yaparak, hataları bu eşik değerinin altına çekerler. Daha sonra geri kalan hatalar ise, yazılıma girilerek düzeltme işlemi yapılır. Bu yazılım giriş işlemi, genelde üretici firmalar tarafından şifre ile korunur. Çoğu zaman belli bir ücret karşılığında temsilci firmalara şifre kullanım hakkı verilir. Temsilci firmalar, kurulum veya tamir sırasında veya cihazın bakımını yaptığı sırada kalibrasyon işlemini de yaparak, düzeltme değerlerini şifre ile yazılıma girerler.

TÜBİTAK UME ülkemizde CMM cihazı temsilcileri ile birlikte çalışmalar yapmış, onlara bu konuda destek olmuştur. Özellikle 2000 li yılların başında, çoğu temsilci firmaya destek vermiş, CMM cihazı hatalarının bulunmasında, en fazla kullanıma sahip lazer interferometre cihazı ile gerekli ölçümleri yapmış ve düzeltme verilerini sağlamıştır. 2000'li yılların ortalarından itibaren, temsilci firmalarının çoğunun bu yeteneği kazanması sebebiyle, TÜBİTAK UME bu hizmetinden çekilmiştir.

Kalibrasyonu yapılan CMM cihazları, üretici firmanın beyan ettiği performansı gösterip göstermediğinin kontrolü için, günümüzde önemli ölçüde detaylandırılmış uluslararası standartlara göre kabul kontrollerine tabi tutulur.

ISO 10360 serisi standartları CMM cihazlarının, kabul, tekrar verifikasyon, ara kontrol uygulamalarında dikkate alınacak test yöntemlerini açıklamaktadır. ISO 10360 -1 den terimlerin anlatımı ile başlayan standart serisinde en önemli ve en çok uygulanan seri ISO 10360-2 standardıdır. Genel olarak konvansiyonel bir CMM cihazının tüm hatalarını açıklayan bu Standard en fazla kullanıma sahiptir. **Tablo1'de** CMM'ler için kullanılan ISO 10360 serisi standartları açıklamaktadır [3].

Tablo 1. ISO 10360 : Geometrik Ürün Özellikleri (GPS) – CMM cihazları için kabul, tekrar verifikasyon testleri [3].

ISO 10360 : Geometrical Product Specifications (GPS) – Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM).

Kod	Yıl	Bölüm	Adı ve Kullanım alanı
ISO 10360-1	2000	Part 1	Terimlerin açıklanması
ISO 10360-2	2009	Part 2	Lineer ölçümler için kullanılan CMM'ler
ISO 10360-3	2000	Part 3	Döner tablanın 4. eksen olarak kullanıldığı CMM'ler
ISO 10360-4	2000	Part 4	Tarama modunda kullanılan CMM'ler
ISO 10360-5	2010	Part 5	Çoklu prob ucu olan CMM'ler
ISO 10360-6	2001	Part 6	Hataların Gauss yöntemleri ile tespiti
ISO 10360-7	2011	Part 7	Görüntüleme problemleri için CMM'ler
ISO 10360-8	Taslak	Part 8	Optik mesafe ölçerli CMM'ler
ISO 10360-9	Taslak	Part 9	Çoklu prob sistemine sahip CMM'ler

ISO 10360 serisi standartlara göre kabul testleri yapılan CMM cihazlarının, bu testler sonucunda, üretici firma veya kullanıcı firma tarafından belirlenen performans değerlerine uyup uymadığı kontrol edilir. ISO10360-2, 2001 yılındaki versiyonundan itibaren (2009 yılında son çıkan versiyonu da dahil) yapılan ISO 10360 işlemlerinin belirsizlik değerinin hesaplanarak, kabul kriterinde dikkate alınma şartı vardır. Kabul işlemi, ISO 14253-1: 1998 standardında belirtildiği gibi belirsizlik değerini dikkate alarak yapılmak durumundadır. Özetle, CMM için belirlenen kabul kriterinden, belirsizlik değeri çıkarılıp, yeni bulunan değere göre test sonucu kontrol edilmelidir.

İşte bu durum, kabul kriteri kadar işlem sırasında hesaplanan belirsizlik değerinin de son derece önemli olduğunu anlatır. Özellikle testlerde kullanılan referansların düşük belirsizlik ile sertifikalandırılmış olması son derece önemlidir.

Belirsizlik hesaplamaları uzun zamandır Ulusal Metroloji Enstitüleri tarafından yapıldığı, çok iyi bir şekilde yorumlandığı için bu durumda ulusal metroloji enstitüleri ile firmaların birlikte çalışmaları son derece önem arz etmektedir.

2.2. CMM cihazı kalibrasyonu ve verifikasyonu için dünyada ve ülkemizdeki durum

Bölüm 2.1 de açıklandığı gibi, kalibrasyon ile 21 adet geometrik hatanın tespiti yapılır ve CMM cihazına ait hata haritası çıkarılır. Daha sonra ISO 10360 serisi standartlar dikkate alınarak cihazın kabul testleri veya belli periyotlarda tekrar verifikasyonları yapılır. Bu işlemlerin yapılabilmesi için düşük belirsizlikle kalibre edilmiş referanslara ihtiyaç vardır. En sık kullanım alanına sahip master blokları, TÜBİTAK UME tarafından, tüm dünyada geçerli olarak olabilecek en düşük belirsizlikte kalibre edilebilmektedir. **Şekil 3'** de TÜBİTAK UME tarafından katılım sağlanan uzun master blokları alanında karşılaştırma sonuçlarının diğer ulusal metroloji enstitüleri ile karşılaştırılması gözükmektedir [4]. (0,5-1000) mm arasındaki master blokların (0,05-0,4) mikrometre arasında kalibrasyonu yapılabilmektedir. **Şekil 4'**te ise, bu belirsizlik değerinin kabul kriteri için etkisi gösterilmektedir. Belirsizlik değeri sadece referans standarda bağlı olmayıp, sıcaklık, ortam şartları, cihazın tekrarlanabilirliği vb. durumların katılımını da gerektirir. Fakat TÜBİTAK UME tarafından kalibrasyonu yapılmış master blokları kullanıldığında, belirsizlik değeri minimum bu değer ile başlayacaktır.

Ülkemizde master blok kalibrasyonları TÜRKAK tarafından akredite ikinci seviye laboratuvarlar tarafından da yapılmaktadır. TÜBİTAK UME tarafından ISO 17025 standardının gereği olan ülke içinde kısa master blokları karşılaştırması düzenlenmiş, 2008 yılında raporu yayımlanmıştır [5]. Uzun master blokları alanında da ayrı bir karşılaştırma düzenlenmiş ve 2013 ortasında tamamlanmıştır [6]. Bu karşılaştırma sonuçları yakında TÜBİTAK UME web sayfasında açıklanacaktır [7]. Burada CMM temsilci firmaların ve ara kontrol yapmak isteyen CMM kullanıcılarının ikinci seviye laboratuvarların sonuçlarını belirsizlikleri ile değerlendirip hizmet almaları tavsiye edilmektedir.

Diğer önemli bir hususta, CMM'ler için bu hizmeti veren üretici veya temsilci firmaların, veya ikinci seviye labların akreditasyonu durumudur. Bu konu yeni çıkan standartların gereği olarak (Örneğin ISO/TS 16949 – ISO 9001'in otomotiv üreticileri için uygulanması) gittikçe dünyada yaygınlaşmaktadır. Örneğin İngiltere'de UKAS tarafından akredite edilmiş ISO 10360 standartlarına göre CMM ler için hizmet veren 15 üzerinde laboratuvar bulunmaktadır. Bu laboratuvar içerisinde çoğu CMM üretici ve temsilci firmaları yer almaktadır.

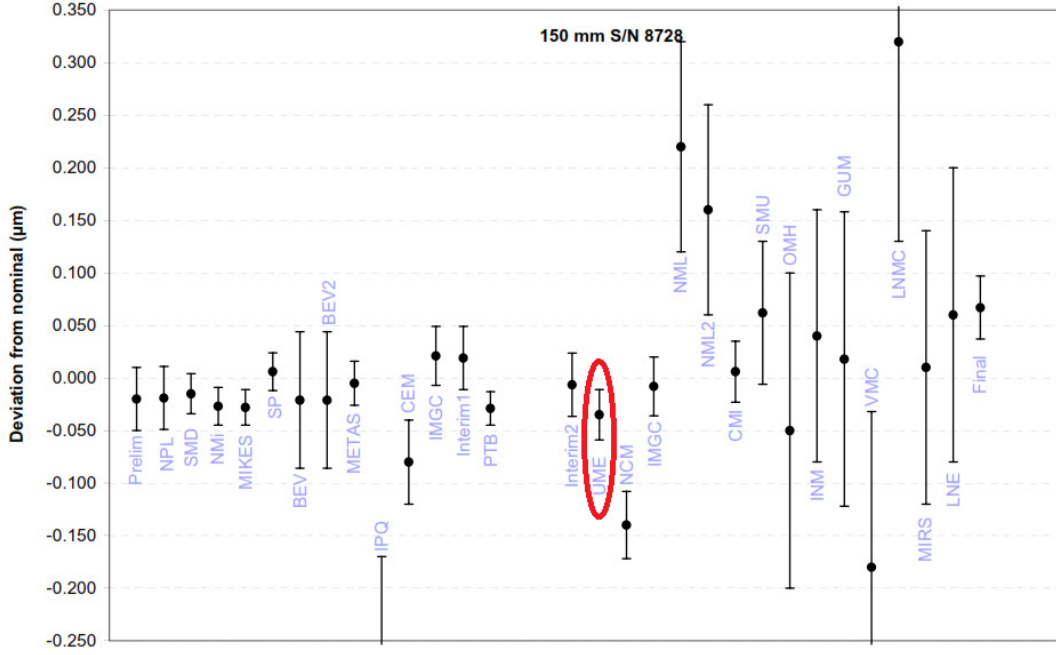
Ülkemizde ise mevcut durumda cihaz kurulumu yapan temsilci firmaların akreditasyon durumu bulunmamaktadır. Son yıllarda TÜBİTAK UME'de bu firmalar ile toplantılar yapılmış ve durumun acilen çözülmesi için bu firmalara öneriler sunulmuştur.

3. CMM CİHAZLARININ MODERNİZASYONU (RETROFIT)

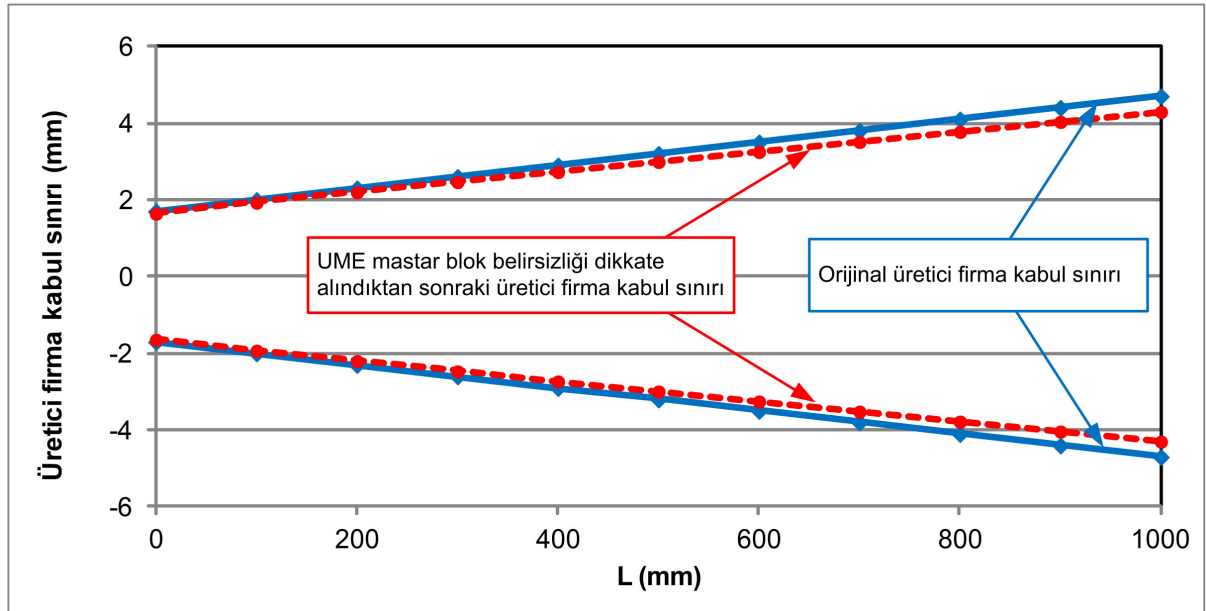
Herhangi bir Koordinat Ölçme Tezgahının modernize edilme ihtiyacı, genellikle yazılımın yetersiz olmasından kaynaklanması ile birlikte, kontrol sisteminin eski olmasından dolayı istemsiz hareketlere sebebiyet vermesi, tezgahın istenilen verimde çalışmaması, prob sisteminin yetersiz olması, bilgisayar donanımının yetersiz olması, yazılımın günümüz ihtiyaçlarına cevap verememesi vs durumlar olarak nitelendirilebilir. Bunların dışında, Koordinat Ölçme Cihazı için yurtdışından servis alamayan kullanıcılar, aynı şekilde tezgahın kendi firmasından başka diğer firmalardan kalibrasyon hizmeti alamaması, kalibrasyon hizmetinin yüksek ücretler karşılığında yapılması, kullanıcıları tezgahlarını revizyon (retrofit) yapmalarına sebebiyet vermektedir. Birçok CMM yazılımının yetersiz olması, hızlı ve esnek programlamaya müsaade etmemesi ve özellikle CAD MODEL ile çalışma imkanı vermemesi modernize edilme ihtiyacını doğurmaktadır.

Koordinat ölçme tezgahının konstrüksiyon yapısı eskimemekle birlikte, zamanla yazılımların günümüz ihtiyaçlarına cevap verememesi, Geometrik Toleranslandırılmalarda zamanla eklentilerin olması, grafiksel raporlamaların sürekli değişiklik göstermesi, farklı firmaların rapor formatlarını istekleri

doğrultusunda talep etmeleri, birçok Koordinat Ölçme Cihazının CAD model ile çalışma imkanı sağlamaması, modernizasyon işleminin yapılması kaçınılmaz hale getirmektedir.

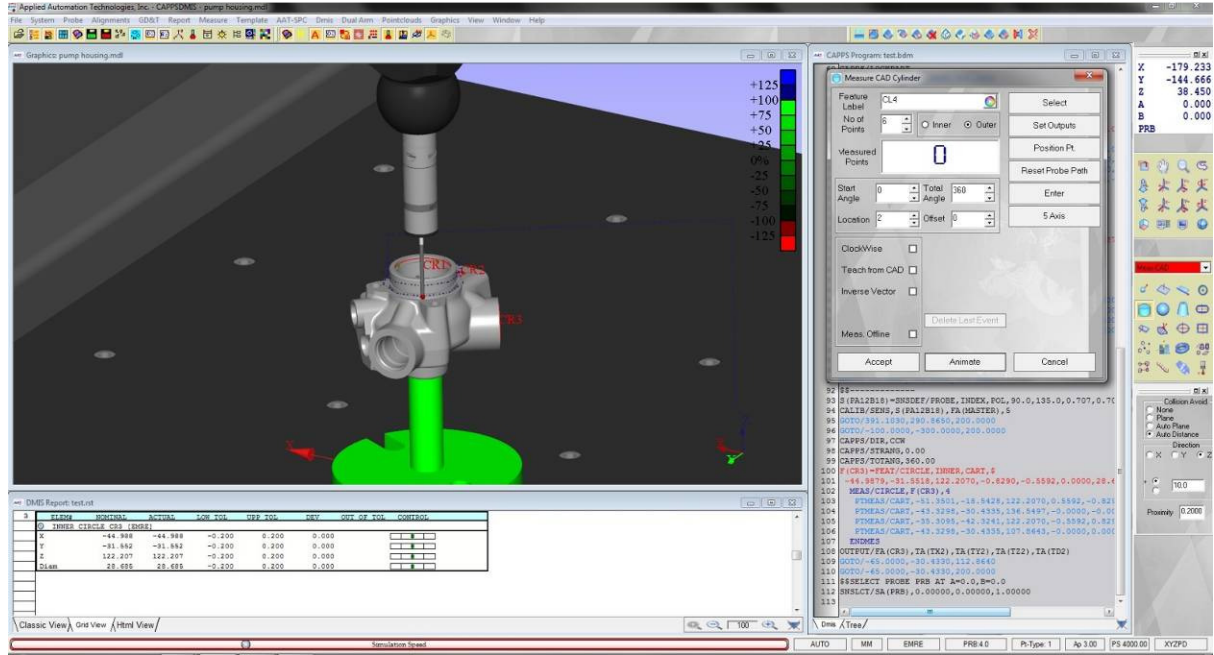


Şekil 3. UME'nin katıldığı Avrupa'da yapılan EUROMET.L-K2 Uzun Master Bloğu karşılaştırma sonuçları (150mm), referans değerden sapma ve belirsizlik barları [4].



Şekil 4. CMM üretici firma kabul kriteri ve UME tarafından uzun master blokları için verilen belirsizlik değerinin çıkarılması ile oluşan yeni kabul kriteri.

Modernizasyon çeşitleri birçok değişik şekilde yapılmakla beraber, genellikle yazılımın yetersizliği durumunda sadece kontrol sisteminin değiştirilmesi ile bu sorun aşılmakta, mekanik ve yazılım üzerinden kalibrasyon yapılarak yeni bir Koordinat Ölçme Cihazı gibi kullanıma hazır hale getirilmesi mümkündür. Fakat asıl sorun retrofit işleminin yüksek maliyetler içermesiydi. Üstelik sisteme gelişmiş bir prob sistemi ilave edilirse, bu işlem yeni bir Koordinat Ölçme Tezgahı maliyetine yaklaşmaktaydı. Çıkan maliyetler göz önüne alındığında modernizasyon pek tercih edilmeyen bir iş haline gelmekteydi. Günümüz koşullarında kontrol sistemlerin ekonomik hale gelmesi ve adaptasyon maliyet ve sürelerinin düşmesi retrofit işlemini uygun hale getirmiştir (**Şekil 5**).



Şekil 5. AAT Firması tarafından geliştirilen CMM'lerde kullanılan yazılım (CappsDMIS version 7.0) [1].

3.1. CMM cihazlarının UPGRADE edilmesi

UPGRADE'in sözlük anlamı yükseltgenme olup, herhangi bir elektronik veya mekanik uygulama gerektirmeyen sistemler için yapılmaktadır. CMM yazılımı geliştiren firmanın kontrol sistemleri için arayüz dosyaları geliştirerek, bazı markalardaki CMM cihazlarına direkt olarak bağlanılabilmekte ve maliyetler gittikçe daha da düşük hale gelmektedir. Böylece sadece yazılım yükleyerek ve kalibrasyon yapılarak modernizasyon işlemi gerçekleştirilmiş olur. Hatta bazı CMM cihazlarının kalibrasyon dosyaları da CAPPS DMIS formatına dönüştürülerek, bu maliyetin ortadan kalkması söz konusudur. Başka bir modernizasyon (retrofit) türü ise Koordinat Ölçme Cihazına seri bağlanmaktadır. Bu sistemde ise sistem mevcut bilgisayarı ve mevcut eski yazılımını koruyarak, ikinci bir bilgisayar ve bağlantı kabloları ile sistemle uyumlu hale getirilmektedir. Hiçbir elektronik revizyon yapılmadan, sistem direkt çalıştırılmaktadır. CAPPS DMIS yazılımının direkt olarak çalıştığı CMM markaları: **B&S, Mitutoyo, LK, Mora, Wenzel, DEA, Poli, Coord3, Leitz, Sheffield, Starrett, Zeiss, Aberlink, Tesa, Numerex, tüm Renishaw ve Pantec** kontrollü tezgahlar.

3.2. CMM cihazlarının UPDATE edilmesi

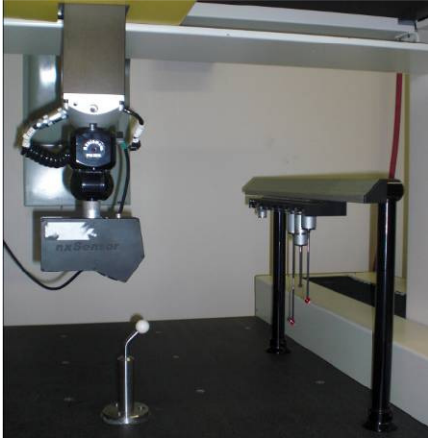
UPDATE, koordinat ölçme cihazının mevcut üzerindeki yazılımının versiyonun yükseltgenmesi işlemidir. Fakat çok eski versiyonlar, donanımı yeterli olmayan bilgisayar özellikleri ve bağlantı kablolarının uyumsuzluğu nedeniyle sistemlerin modernize edilmesi (retrofit) gerekmektedir. Kontrol kartının sisteme uyumlu hale getirilmesiyle yazılım güncellenmesi mümkün olmaktadır.

En geniş kapsamlı modernizasyon işlemi ele alırsak, Koordinat Ölçme Cihazının cetvelleri, okuyucu kafaları, prob sistemi, kontrol sistemi, bilgisayarı ve yazılımı komple değiştirilmekte ve tezgahın kalibrasyonu yapıldıktan sonra yeni bir Koordinat Ölçme Cihazı gibi kullanıma hazır hale gelmektedir.

3.3 CMM cihazlarına RETROFIT yapıldığı durumlar

Modernizasyon (retrofit) sadece yazılımın yetersiz kaldığı veya kontrol sistemi ile ilgili bir sorun olduğunda değil, mevcut donanımın veya cihazın kabiliyetinin artırılması durumlarında da yapılabilir.

Örneğin, bir firmada imal edilen parçaların Koordinat Ölçme Cihazı ile sadece kalite kontrolü ve raporlanması yapılmakta, tarama özelliği ile kısmen tersine mühendislik çalışmaları yapılmaktadır. Tam anlamıyla tersine mühendislik çalışmaları için LAZER KAFKA adaptasyonu ve bununla birlikte yazılıma LAZER modülü eklenmesiyle, yüksek maliyetli yeni bir cihazın yatırımının önüne geçilmiş olunur (**Şekil 6**). Böylelikle Koordinat Ölçme Cihazı hem kalite kontrol, hem de Tersine Mühendislik için kullanılabilir hale gelmiş olacaktır.



Şekil 6. Lazer Kafası eklenmiş CMM.



Şekil 7. KAMERA eklenmiş CMM.

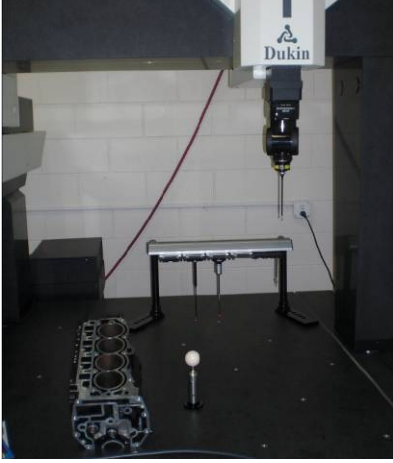
Aynı şekilde, plastik parça veya çok küçük parça üreten kalıpcıların tercih ettiği KAMERA ile ölçme, kalite-kontrolde öncelikli ihtiyaçlar arasındadır. Yeni bir kameralı ölçme sistemi yatırımı yerine, bağlantısı ve adaptasyonu pratik olan KAMERA ile cihazınızı hem prob, hem de kamera ile ölçer duruma getirebilirsiniz (**Şekil 7**). Bu sistem için gereken KAMERA ve ölçme yazılımıdır. Ölçüldüğünde deformasyona uğrayan, esneyen plastik parçalar veya çok küçük kalıplar parçaları ölçmek için KAMERA ile ölçme, firmalar tarafından tercih edilmektedir.

Diğer bir örnek ise, özellikle savunma ve havacılık firmaları, bunun yanında medikal parça üreten firmalar ve otomotiv sanayisi için motor bloğu üreten firmaların tercih edebileceği 5 Eksenli Probu adaptasyonu için modernizasyon gerekmektedir (**Şekil 8**). Değişik yüzey formuna sahip parçaların daha hızlı ve hassas ölçülmesi, diğer lazer ve prob sistemlerinin yeterli olmadığı durumlarda 5 eksenli Renishaw REVO prob sistemi büyük avantaj sağlamaktadır (**Şekil 9**). Yüksek hızıyla, 5 eksendeki hassasiyeti sayesinde çok hızlı parça ölçülmesi mümkündür. Özellikle değişken yüzey formuna sahip parçaların ölçümünde büyük avantajlar sağlanmaktadır.

3.3 Portatif kollu CMM cihazlarının modernizasyonu

Portatif Kollu Ölçme kollarının yazılımlarının yetersiz olması durumunda da herhangi bir elektronik revizyon gerektirmeden, direkt olarak yeni bir yazılımla uyumlu hale gelmektedir. Yapılan bu işlemlerle cihazın kabiliyeti artmakta olup UPGRADE grubuna girmektedir.

Böylece hiçbir elektronik revizyon olmadan bu sistemler güncel hale gelmekte ve yazılıma yeni modüller eklenerek birçok amaç için kullanılması mümkün olmaktadır. Eğer donanımla uyumlu LAZER Kafa adaptasyonu temin edilmesi durumunda tersine mühendislik amacıyla kullanılması mümkündür.



Şekil 8. Sürekli taramalı REVO Probu [8]



Şekil 9. REVO probu [8].

4. CMM MODERNİZASYONUNDAKİ SORUNLAR ve AAT FİRMASI UYGULAMALARI

Maliyeti konusu en önemli etken olmakla beraber, birçok firma modernizasyon işlemine pek sıcak bakmamaktadır. Fakat gelişen teknoloji özellikle Koordinat Ölçme Cihazlarının modernizasyon maliyetleri azalmış ve bu konuda gerekli hizmeti verebilecek altyapı oluşmuştur. Gerek elektronik kontrol sistemlerinin maliyetinin düşmesi, gerek yazılımın sürekli geliştirilmesi, KAMERA VE LAZER Kafa gibi donanımların maliyetinin düşmesi, modernizasyon yapılmasını kolaylaştırmaktadır.

Bu anlamda merkezi Amerika' da bulunan AAT şirketi, yazılımda ve donanımdaki 22 yıllık tecrübesini ve Türkiye 2008 yılı başında açtığı Türkiye ofisiyle, kullanıcıların hizmetine sunmuştur. Öte yandan müşteri isteği doğrultusunda yazılımın güncellenmesi isteği ile firmalara özel çözümler üretmektedir. AAT3D markası altında geliştirdiği kontrol sistemi, Lazer kafa yazılımlarla ekonomik maliyetli çözümleri müşterilerine sunmaktadır.

Uluslar arası alanda ve ABD'de önemli faaliyetleri olan AAT firması, kurucusunun Türk olması sebebiyle ülkemize ayrı bir önem vermektedir. Çalışmalarının önemli bir kısmını ülkemize kaydırmayı planlayan AAT firması, ülke kurumları ile görüşmeler yapıp, ülke ihtiyaçları doğrultusunda sorunlara çözümler üretmek için çalışmaktadır. İlk hedeflerinden biri, ülkemizde verdiği hizmetleri akreditasyon kapsamına almak olan AAT firması bu yöndeki çalışmalarına devam etmektedir.

SONUÇ

Üretim sahasında çok geniş bir kullanım alanına sahip, koordinat ölçüm cihazları CMM'lerin kısaca tanıtımı yapıldıktan sonra, CMM'lerin performansını belirleyen standartlar ve son gelişmeler hakkında bilgi verildi. Özellikle 2001 yılından bu yana, kabul kriteri uygulanırken, performans tespiti sırasında belirsizlik hesaplanması ve bunun kabul yapılırken dikkate alınması gerektiği belirtildi. Ülkemizde CMM kalibrasyonu alanında yapılan çalışmalar; 1998 yılından bu yana TÜBİTAK UME tarafından tespit edilen sorunlardan ve tavsiyelerden kısaca bahsedildikten sonra, CMM cihazlarının modernizasyon durumları anlatıldı. AAT firmasının modernizasyon alanında yaptığı uygulamalar, geliştirdiği yazılımlar açıklandı. Son çıkan standartlar sebebiyle, gelişmiş ülkelerde, CMM için hizmet veren firmaların akredite olduğu bu konuda da ülkemizin geri kalmaması gerektiği vurgulandı.

KAYNAKLAR

- [1] AAT (Applied Automation Technologies Inc.) web sayfası, <http://www.aat3d.com/home.aspx>
- [2] http://www2.mitutoyo.de/fileadmin/user_upload/pdf/prospekte/0ENGLISH/kmg_en/Coordinate_measuring_machines_PRE.pdf
- [3] http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=54924
- [4] http://kcdb.bipm.org/appendixB/KCDB_ApB_info.asp?cmp_idy=215&cmp_cod=EUROMET.L-K2&page=
- [5] Akgöz S. Aslı, Yandayan T. “UME-G2BM-TR-K002 Karşılaştırmalı Ölçümleri, 0,5-100 mm Master Blokların mekanik Karşılaştırma yöntemi ile kalibrasyonu konulu karşılaştırma raporu” http://www.ume.tubitak.gov.tr/duyurular/boyutsal_lab/RAPOR-FINAL-UME-G2BM-TR-K002.pdf
- [6] Akgöz S. Aslı, Yandayan T. “UME-G2BM-TR-K003 Karşılaştırmalı Ölçümleri, Uzun Master Blokların mekanik Karşılaştırma yöntemi ile kalibrasyonu talimatı ve teknik protokolü” http://www.ume.tubitak.gov.tr/lak/boyutsal/UME-G2BF-TR-K006_protokol.pdf
- [7] TÜBİTAK UME web sayfası, <http://www.ume.tubitak.gov.tr/>
- [8] <http://www.renishaw.com/en/revo-gains-new-momentum--7918>

ÖZGEÇMİŞ

İlker TEKE

2006 yılında Gaziantep Üniversitesi, Makine Mühendisliği mezun olduktan sonra AAT firmasında çalışmaya başlamıştır. Retrofit, cmm kalibrasyon, ölçüm danışmanlığı üzerine faaliyetleri sürdürmektedir. Fabrika otomasyonu, ölçme sistemlerinin verimliliği ve değişik ölçüm sistemlerinin makinaların bütünleşik olarak çalışması konularında çalışmalarını sürdürmektedir.

Doç. Dr. Tanfer YANDAYAN

1996 yılında Manchester Üniversitesi, Makine Mühendisliği bölümünde, ‘CNC takım tezgahlarında iş parçalarının, lazer ile işlem sırasında temassız ölçümü’ konulu projesiyle doktorasını tamamladıktan sonra, 1997 yılında mecburi hizmetini yapmak üzere TÜBİTAK UME’de çalışmaya başlamıştır. 15 yıl boyunca, TÜBİTAK UME Boyutsal Laboratuvarı sorumluluğu yürütmüştür. Uzunluk, boyutsal ve açı ölçümleri için uluslar arası alanda ülkemizi temsil etmiş, boyutsal laboratuvarının yurt dışında ilk karşılaştırma ölçümlerine katılmasında ve kalibrasyon kabiliyetlerinin uluslar arası alanda kabul görmesinde ve listelenmesinde, TÜRKAK tarafından laboratuvarın akreditasyonunda, ve ara denetimlerinde boyutsal laboratuvarının yöneticiliğini yapmıştır. Dünya Bankası ve Alman hükümeti projelerinin kullanılarak, boyutsal laboratuvarının genişletilmesini, laboratuvar elemanlarının yetiştirilmesini, hizmet sayısının 5 ten 100 lü rakamlara çıkarılmasını, bunların karşılaştırmalar ile desteklenmesini sağlamıştır. Boyutsal ölçümler alanında, ülkemizdeki ilk karşılaştırmalı ölçümleri düzenlemiş, TÜRKAK’ın oluşumu sırasındaki çalışmalarda yer almış, TÜRKAK adına ilk laboratuvar akreditasyonlarına katılmıştır. Avrupa Bölgesel Metroloji Organizasyonu EURAMET adına, ülkelerin ulusal metroloji enstitülerinin denetimlerine katılan Tanfer YANDAYAN, 2006 yılında, Makine Mühendisliği alanında üniversite doçenti olmuş, 2012 Mayıs itibari ile laboratuvar yöneticiliği görevinden ayrılarak, Avrupa Metroloji Araştırma Programı çalışmalarına daha fazla yönelmiştir. 2012 yılında, 12 farklı ülkeden oluşan 16 proje ortağını bir araya getirip hazırladığı Açık Metroloji projesi ile TÜBİTAK UME’ye proje koordinatörlüğü kazandırmıştır. Açık projesinin koordinatörlüğü haricinde, Güney Asya Ülkelerinin metroloji faaliyetlerini Avrupa Komisyonu için inceleyen birinci Fp7 projesini tamamlamış, 2012-2016 yılları için uyumlaştırma projesine başlamıştır. Boyutsal ölçümlerin tüm konularını kapsayan, bilimsel araştırmalarda daha ziyade açı, master blokları, skala ölçümleri, interferometrik ölçümler, çap ve form ölçümleri konularında çalışmaktadır.

Recep KARADAYI

Recep Karadayı, 1981 yılında İTÜ Genel Makine Mühendisliğinden mezun olduktan sonra Otomatik Kontrol dalında Master ve Doktora eğitimi görmek üzere Amerika'ya gitti. Texas Üniversitesinde Otomatik Kontrol dalında Master eğitimini tamamladı ve aynı okulda Doktora kalifiye imtihanlarını ve derslerini verip doktora tezini bitirmeden önce endüstri tecrübesi kazanmak amacı ile General Motors, R&D bölümünde çalışmaya başladı. Burada, otomotiv sanayinde kullanılan ölçüm makinelerinde CAD tabanlı bir yazılım ihtiyacı olduğunu gören Karadayı, 1987 yılında "Applied Automation Technologies" Şirketini Amerika'nın Michigan eyaletinde kurdu. CAPPs yazılımını tasarlayarak ilk defa 3 boyutlu ölçüm makinelerinde CAD tabanlı grafiksel ve 'online' olan ilk ölçüm yazılımını çıkardı. İlerideki yıllarda bu yazılımı birçok ölçüm sistemlerine ve "In Process" ölçüm sistemi olarak birçok imalat makinelerine CappsNC ismi ile çıkardı. Bugün AAT firması birçok ülkede, "TOTAL METROLOGY SOFTWARE SOLUTIONS" sloganı ile faaliyetlerde bulunmakta ve metroloji prensibini kullanarak otomasyon ve üretim sahalarında kullanılan birçok yazılım ürünlerini geliştirmekte ve pazarlamaktadır.

Karadayı'nın 3 boyutlu makine retrofit, nokta bulutu ile sanal metroloji ve bilhassa "In Process + Adaptive Manufacturing" konularında birçok makaleleri ve konferanslarda yaptığı konuşmalar vardır. Karadayı, AAT Grup olan şirketlerin, AAT Inc. USA, AAT-Europe ve AAT-Otomasyon Türkiye CEO ve başkanlığını yapmaktadır.