

Josip Groš, mag. ing. stroj.¹
dr. sc. Srđan Medić, dipl. ing.²
Marijan Brozović, mag. ing. stroj.³

METODE TRODIMENZIONALNOG OPTIČKOG MJERENJA I KONTROLE GEOMETRIJE OBLIKA

Methods of Three Dimensional Optical Measurement and Controlling Geometry of Shapes

SAŽETAK: Zahtjevi na geometrijsku točnost oblika i položaja predmeta su svakim danom sve veći. Zato se usporedno razvijaju nove mjerne metode. Cilj današnjih mjernih metoda je da budu beskontaktno. Na taj se način u sustav mjerenja unosi manja pogreška mjerenja. Optički trodimenzionalni skeneri koji su prvobitno bili korišteni za reverzibilno inženjerstvo, sve više prostora zauzimaju kao strojevi za mjerenje i usporedbu s CAD modela. U današnje vrijeme nije moguće pronaći niti jednu auto industriju koja ne koristi trodimenzionalni optički skener. U članku će biti pojašnjen rad uređaja i neke od metoda poklapanja s CAD modelima.

Ključne riječi: 3D digitalizacija, strukturirano svjetlo, skeniranje, beskontaktno mjerenje

ABSTRACT: Demands on geometric accuracy of the shape and position of objects are increasing daily. Therefore, new measurement methods are being developed. The aim of the present method of measurement to be contactless. In this way the measuring system introduces smaller measurement errors. Optical three - dimensional scanners that were originally used for reverse engineering are being used more frequently as machines for measurement and comparison with the CAD model. At the present time is not possible to find any car industry that does not use three - dimensional optical scanner

Keywords: 3D digitizing, structured light, scanning, no contact measurement

¹ Veleučilište u Karlovcu, jgros@vuka.hr

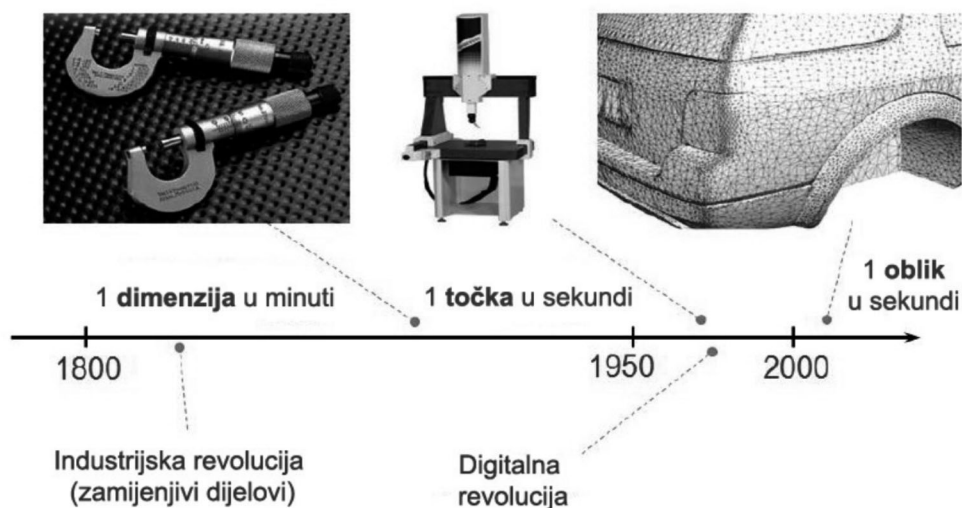
² Veleučilište u Karlovcu, smedic@vuka.hr

³ Veleučilište u Karlovcu, mbrozovic@vuka.hr

1. UVOD

Optičke metode za trodimenzionalno mjerenje oblika zadnjih deset godina imaju naglu ekspanziju na tržištu. Primjenjuju se u različitim područjima kao što su: kvaliteta kontrola, arheologiji, medicini, auto industriji i zrakoplovnoj industriji itd.⁴ Optička mjerna metoda je beskontaktna mjerna metoda.⁵ Mjerni uređaji koji koriste optičke mjerne metode za vizualizaciju objekata nazivaju se trodimenzionalni optički digitalizatori (3D skeneri). Razvoj novih proizvoda potaknuo je razvoj novih mjernih metoda (v. Slika 1.). Prijašnji proizvodi su imali ravne konture i bilo ih je jednostavno izmjeriti, dok današnji proizvod ima zakrivljene konture pa klasični načini mjerenja nisu više mogući.

Slika 1. Povijesni razvoj mjerenja objekata⁶



Izvor: Chader, M.: *The Value of 3rd Generation, Parametric Modeling from 3D Scan Data*, 2008.

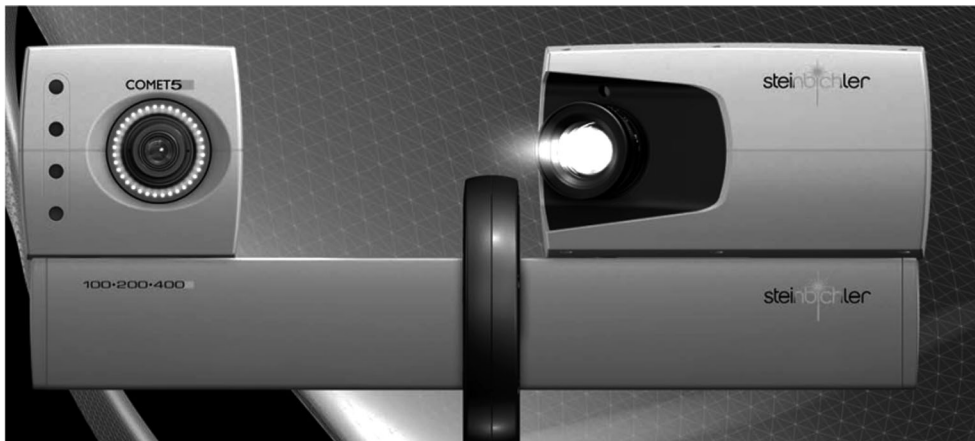
U članku će biti pojašnjen trodimenzionalni optički digitalizator tvrtke Steinbichler model COMET 5 (v. Slika 2.). Uređaj radi na principu strukturiranog svjetla i triangulacije. Steinbichler COMET 5 je visoko precizan uređaj i ima mogućnost mjerenja različitih veličina proizvoda. Dovoljno je zamijeniti leću kamere i položaj, čime se mijenja sami mjerni volumen.

⁴ Asundi, A., Rastogi P.: *Optics and Laser sin Engineering*, Vol. 47, 2009 str. 310–319

⁵ Chen, Y.; Wu, M.Y.; Guan, C., R.; Yu, X.Y.: *3D Measurement Technology by Structured Light Using Stripe-Edge-Based Gray Code*, Journal of Physics: Conference Series Vol. 48, 2006, str. 537–541.

⁶ Chader, M.: *The Value of 3rd Generation, Parametric Modeling from 3D Scan Data*, 2008.

Slika 2. Optički digitalizator COMET 5⁷



Izvor: Steinbichler <http://www.steinbichler.de/> (15.04.2012)

2. PRINCIP RADA OPTIČKOG UREĐAJA

2.1. Model jedne kamere i projektora

Razvoj tehnike naročito informatičkih sustava dovelo je do razvoja velikog broja metoda 3D digitalizacije, zasnovanih na različitim principima.

U ovisnosti o primjeni tehnologije 3D digitalizacije metode se mogu podijeliti na:⁸

- pasivne metode;
- aktivne metode.

Pasivne metode nemaju interakciju sa objektom i uglavnom se koriste u istraživanjima vizualizacije u informatici, gdje se oblik predmeta dobiva na temelju jedne ili više digitalnih slika. Pasivne metode daju loš rezultat digitalizacije te se ne mogu koristiti u industriji.⁹ Aktivne metode koriste interakciju s objektom koji se digitalizira. Neke od interakcija s objektom su: kontakt s objektom (ticalo), strukturirano svjetlo, laser itd.

Postoje dvije vrste aktivnih metoda:

- a) kontaktne metode;
- b) beskontaktne metode.

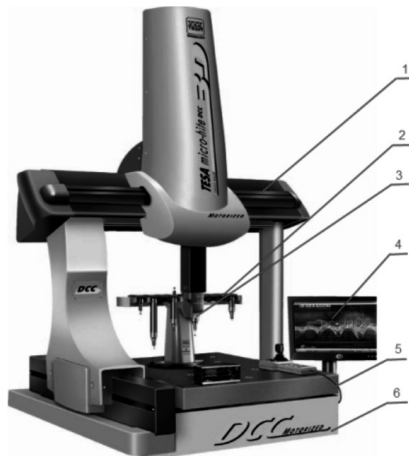
Kontaktne metode (koordinatni mjerni strojevi) (v. Slika 3) karakterizira kontakt objekta koji se mjeri i senzora koji provodi mjerenje (ticalo).

⁷ Steinbichler <http://www.steinbichler.de/> (15.04.2012.)

⁸ Curless B. L.: **New Methods for Surface Reconstruction from Range Images**, Doctoral Dissertation, Stanford University, 1997.

⁹ Curless, B.: **Range Acquisition – Part II: Optical Methods**, Stanford University, Stanford, California, USA, 1997.

Slika 3. TESA MICRO-HITE koordinatni mjerni stroj

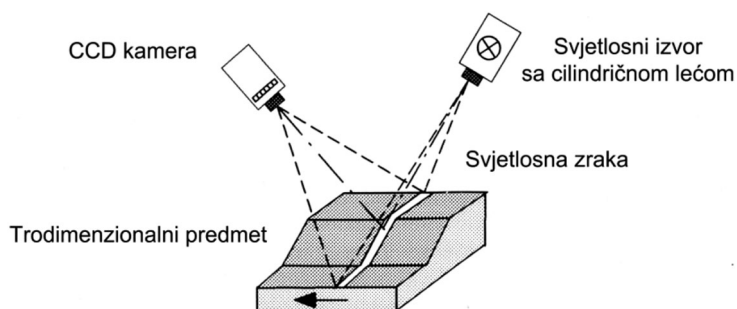


Izvor: Tesa, <http://www.tesabs.ch/> (15.04.2012)

1. most, 2. stalak sa ticalima, 3. glava sa ticalom, 4. TFT monitor, 5. granitni stol, 6. postolje

Princip rada optičke metode sa strukturiranim svjetlom zasniva se na projiciranju nekoherentnog kodiranog svjetla na mjerni objekt. (v. Slika 4). Kod metoda kodirane svjetlosne linije informacije o visini dobivaju se iz višestrukog snimanja mreže linija različitih rastera, kodiranih npr. prema „Gray“ kodu. Snimke se uzimaju sekvencijalno. Prilikom snimanja mjereni predmet ne smije se pomicati

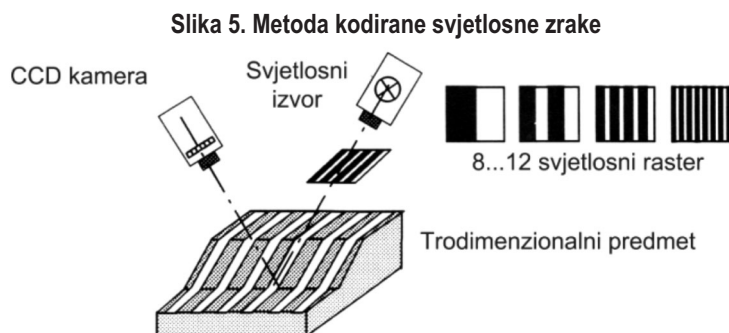
Slika 4. Metoda svjetlosne zrake¹⁰



Izvor: Dutschke, W.: *Fertigungsmeßtechnik* 3. Auflage.. Stuttgart, Njemačka

Slika 5. prikazuje triangulaciju sa binarno kodiranim svjetlosnim rasterom. Takav svjetlosni raster nastaje uz pomoć LCD (*engl.* Liquid Crystal Display) projektora. Pikseli na LCD matrici mogu se, liniju po liniju, prebacivati između „svijetlih“ i „tamnih“ rastera. LCD matricom se također mogu mijenjati oblici rastera, pri čemu se susjedni redovi piksela prebacuju zajedno. Tako ćemo na primjer od mogućih 512 na raspolaganju imati još samo 256 parova linija. Sa šire raspoređenim rasterima mogu se snimati veći predmeti, ali sa smanjenom rezolucijom.

¹⁰ Dutschke, W.: *Fertigungsmeßtechnik*, 3. Auflage, Stuttgart, Njemačka.



Izvor: Dutschke, W.,: Fertigungsmeßtechnik 3. Auflage.. Stuttgart, Njemačka

3. USPOREDNO MJERENJE S CAD MODELOM

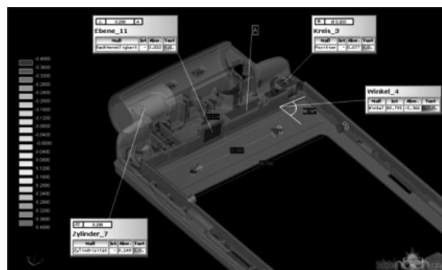
Sa razvojem strojarskih tehnologija dolazi do razvoja proizvoda sa složenom geometrijom. Usporedno se razvijaju i metode mjerenja i kontrole. Konvencionalne metode su postale ograničavajući faktor kod razvoja novih proizvoda. Današnji proizvodi imaju kompleksnu površinu i nije ih moguće kontrolirati konvencionalnim metodama. Steinbichler nudi inspeksijski program za kontrolu proizvoda INSPECTplus.

Strategija usporedbe s CAD modelom mogu biti različite:

- a) **Ručna metoda** gdje se ručno se pronalaze iste točke na CAD modelu i mjernom objektu.
- b) **Best fit metoda** gdje se mjereni objekt pokušava automatski poklopiti s CAD modelom. Program traži istu geometriju na CAD modelu i na mjenom obliku.
- c) **3-2-1 metoda** gdje se određuju tri točke u jednoj ravnini, dvije u drugoj ravnini i jedna točka u trećoj ravnini.
- d) **RPS metoda** gdje konstruktor definira određene ravnine i geometrije preko kojih se treba preklopiti izmjereni objekt s CAD modelom.

Rezultati mjerenja i poklapanja s CAD modelom modu se prikazati kao grafički model sa odstupanjima. Slika 6. prikazuje neke od mogućnosti provjere dimenzija i geometrije dijela mobitela.

Slika 6. Mjerenje kućišta mobitela¹¹



Izvor: Steinbichler: „INSPECT plus priručnik, Steinbichler Optotechnik GmbH“, Neubeuern

¹¹ Steinbichler: INSPECT plus priručnik, Neubeuern (15.04.2012).

4. ZAKLJUČAK

Zadnjih nekoliko godina trodimenzionalni digitalizatori postaju sve više prisutni u kontroli mjerenja. Geometrija oblika postaje sve složenija i prilično komplicirana za izradu i mjerenje. Optičke mjerne metode za sada idu u korak s razvojem novih geometrija oblika proizvoda. Kako se razvijaju druge tehnologije, tako i optički mjerni uređaji postaju sve precizniji. Na manjim tržištima zbog relativno visoke cijene trodimenzionalni optički skeneri nisu toliko prisutni u proizvodnim procesima. Konvencionalni strojevi (CMM) su u usporedbi s optičkim trodimenzionalnim digitalizatorima, spori i dobiva se puno manje izmjerenih podataka. Manji broj megapiksela u kameri znači manji broj izmjerenih točaka, ali je zato manipulacija s mjerenim podacima puno lakša nego kod većeg broja megapiksela. Trodimenzionalni optički mjerni uređaji svakim danom postaju sve precizniji, ali i pristupačniji tržištu. Svaka generacija optičkih skenera je sve fleksibilnija i manja.

Literatura

1. Asundi, A.; Rastogi P.: **Optics and Laser sin Engineering**, Vol. 47, 2009., str. 310–319
2. Chen, Y., Wu, M., Y., Guan, C., R., Yu, X., Y.: **3D Measurement Technology by Structured Light Using Stripe-Edge-Based Gray Code**, Journal of Physics: Conference Series Vol. 48, 2006., str. 537–541
3. Chader, M.: **The Value of 3rd Generation, Parametric Modeling from 3D Scan Data**, 2008.
4. Curless, B. L.: **New Methods for Surface Reconstruction from Range Images**, Doctoral Dissertation, Stanford University, 1997.
5. Curless, B.: „ **Range Acquisition – Part II: Optical Methods**, Stanford University, Stanford, California, USA, 1997.
6. Dutschke, W.: **Fertigungsmeßtechnik**, 3. Auflage, Njemačka
7. Steinbichler: **INSPECT plus priručnik**, Steinbichler Optotechnik GmbH, Neubeuern
8. Steinbichler: <http://www.steinbichler.de/>(15.04.2012)
9. Tesa: <http://www.tesabs.ch/>, (15.04.2012)