

4.13 Model završnoga izvješća

Sveučilište: Sveučilište u Rijeci
Fakultet: Tehnički Fakultet

Akadska godina: 2011/2012



ZAVRŠNO IZVJEŠĆE **o studentskoj praksi**

Student: Maja Forempoher Škuver

Matični broj studenta: 0069034587

Studijska godina: 2011/2012

Modul: industrijsko inženjerstvo i management

Ime akademskoga mentora: Zoran Jurković

Ime industrijskoga mentora: Enrico Savio

2011, Padova

1. Opće informacije

Student			
Ime studenta: Maja Forempoher Škuver		Studijska razina: <input type="checkbox"/> Preddiplomski <input type="checkbox"/> Diplomski	
Matični broj:	Adresa e-pošte: maja.forempoher@riteh.hr		Telefon: +385 91 911 4990
Razdoblje prakse	Od: 19/11/2011	Do: 18/12/2011	Broj sati: 160
Akademska institucija			
Sveučilište: Sveučilište u Rijeci			
Fakultet: Tehnički Fakultet			
Adresa: Vukovarska 58		Grad: 51000 Rijeka	
Ime akademskog mentora: Zoran Jurković		Pozicija: Docent	
Adresa e-pošte: zoran.jurkovic@riteh.hr		Broj telefona: +385 51 651 466	
Poduzeće/institucija u kojem se ostvaruje praksa			
Ime: Università' degli Studi di Padova, Dipartimento di Innovazione Meccanica e Gestionale			
URL: www.dimeg.unipd.it			
Adresa: Via Venezia 1		Grad: Padova	
Ime industrijskog mentora: Enrico Savio		Pozicija: Profesor	
Adresa e-pošte: enrico.savio@unipd.it		Telefon: +39 49 827 6814	

2. Zahvalnice

Zahvaljujem se doc. dr. sc. Zoranu Jurkoviću i Tempus projektu što su mi omogućili odlazak na stručnu praksu. Također, zahvaljujem se industrijskom mentoru, profesoru Enricu Savio, profesoru Simoneu Carmignatu te asistentu Stefanu Pozzi na srdačnom gostoprimstvu i pruženoj pomoći u savladavanju danih zadataka.

3. Uvod (najmanje ½ stranice)

Dipartimaneto di Innovazione Maccanica e Gestionale (DIMEG) osnovan je 1989. godine. Na njemu radi 18 profesora i 9 administrativnog osoblja.



Ovaj odjel je uključen u preddiplomski, diplomski i doktorski studij. Profesori su uključeni u internacionalni projekt ERASMUS – SOCRATES čime je omogućena razmjena studuneta između fakulteta u 20 različitih država unutar Europske Unije.

Odjeli koji se nalaze na institutu podjeljeni su na:

- **Odjel automatike**
 - Robotika, mehatronika
- **Odjel upravljanja**
 - Inovacije
- **Odjel materijala**
 - Metalografija, kemija, mikroskopska elektronika
- **Odjel tehnologija**
 - Net-shape forming, metrologija, simultano inženjerstvo

Istraživačka suradnja može se klasificirati na slijedeće načine:

- Međunarodna suradnja sa EU-om
- Suradnja sa drugim istraživačkim institucijama i tvrtkama
- Partnersva sa nacionalnim istraživačkim institucijama i sveučilištima
- Ugovori sa lokalnim i nacionalnim poduzećima

4. Ciljevi PSP-a i metodologija (najmanje 1 stranica)

Cilj industrijske prakse bio je upoznavanje sa radom instituta, te dobivanje radnog iskustva u laboratoriju za metrologiju. Primarni cilj ove stručne prakse bio je dobivanje radnog iskustva iz područja metrologije, u skladu s čime je dogovoren okvirni plan aktivnosti. Nakon dolaska na institut i uvodnog razgovora sa industrijskim mentorom, dogovoren je okvirni plan aktivnosti, koji je zbog neplaniranih okolnosti bio mjenjan, te se on na kraju sastojao od:

- pohađanja predavanja iz industrijske metrologije,
- pohađanja laboratorijskih vježbi iz industrijske metrologije,
- proučavanja članaka i literature,
- upoznavanja sa koordinatnim mjernim strojem i softverom Calypso,
- rada u softverskom paketu GOM Inspect,
- rada u softverskom paketu PolyWorks,
- testiranja novog programa iz metrologije – 3Shape Convince.

5. Opis posla (najmanje 5 stranica)

Prvi dan stručne prakse protekao je u upoznavanju industrijskog mentora prof. Enrica Savia i profesora Simonea Carmignata. Nakon uvodnog razgovora dan je protekao u upoznavanju zgrade fakulteta, laboratorija te osoblja sa kojim ću imati kontakte tijekom slijedećih mjesec dana. Primarni cilj ove stručne prakse bio je dobivanje radnog iskustva iz područja metrologije, u skladu s čime je dogovoren okvirni plan aktivnosti.

Predviđen je rad u laboratoriju koji je trebao započeti podukama u radu na koordinatnom mjernom stroju, te se trebao nastaviti vlastitim izmjerama zadanog modela. Određena mi je i obaveza pohađanja predavanja i laboratorijskih vježbi iz metrologije koja održava profesor L. De Chifre.

Prvi zadatak sastojao je od upoznavanja s radom koordinatnom mjernog stroja.

S obzirom da je tokom stručne prakse došlo do neplaniranih poteškoća – koordinatni mjerni uređaj se pokvario, morale su se izvršiti korekcije mog plana aktivnosti. Novi plan predviđa učenje softverskih paketa za metrologiju, sa ciljem testiranja jednog novog softverskog paketa koji ima istu namjenu kao i prethodni.

PolyWorks omogućuje rad sa velikom količinom podataka, pri čemu nudi sedam modula rada.



IMAlign – skeniranje modela, spajanje oblaka točaka
IMMerge – spajanje trodimenzionalnih setova podataka u točan poligonalni model
IMEdit – napredno editiranje poligona
IMInspect – obrada, izmjera i ocjena točnosti podataka oblaka točaka
IMCompress – optimalno reduciranje broja verteksa unutar poligonalnog modela
IMTexture – generiranje tekstura geometrijskih modela iz boja originalnog modela
IMView - preglednik

PolyWorks je jedan od vodećih softvera u svijetu za reverzno inženjerstvo i inspekciju modela koristeći oblake točaka. Rad u PolyWorks-u podjeljen je na tri podprocesa:

- **Prikupljanje podataka**

Potrebno je skenirati model te dobiti oblake točaka koje je zatim potrebno poravnati sa 3D modelom kako bi se moglo pristupiti reverznom inženjerstvu i inspekciji.

- **Reverzno inženjerstvo**

Ovaj podproces se sastoji od generiranja poligonalnog modela na temelju oblaka točaka i stvaranja NURBS-a.

- **Inspekcija**

Sastoji se od usporedbe poravnatih oblaka točaka sa referentnim modelom, tj. prikaza tolerancija.

Zadatak u PolyWorks-u sastojao se od slijedećih postupaka:

Definiranje referentnog modela

Prvi korak koji je potrebno napraviti pretstavlja definiranje referentnog modela. Referentni model je najčešće idealni CAD model. To se čini na način da se upload-a postojeći 3D CAD model koji je izrađen u nekom od CAD softvera kao što su Catia, SolidWorks... Kod odabira CAD modela, odabire se i zahtjevana tolerancija.

Postupak se izvodi na slijedeći način:

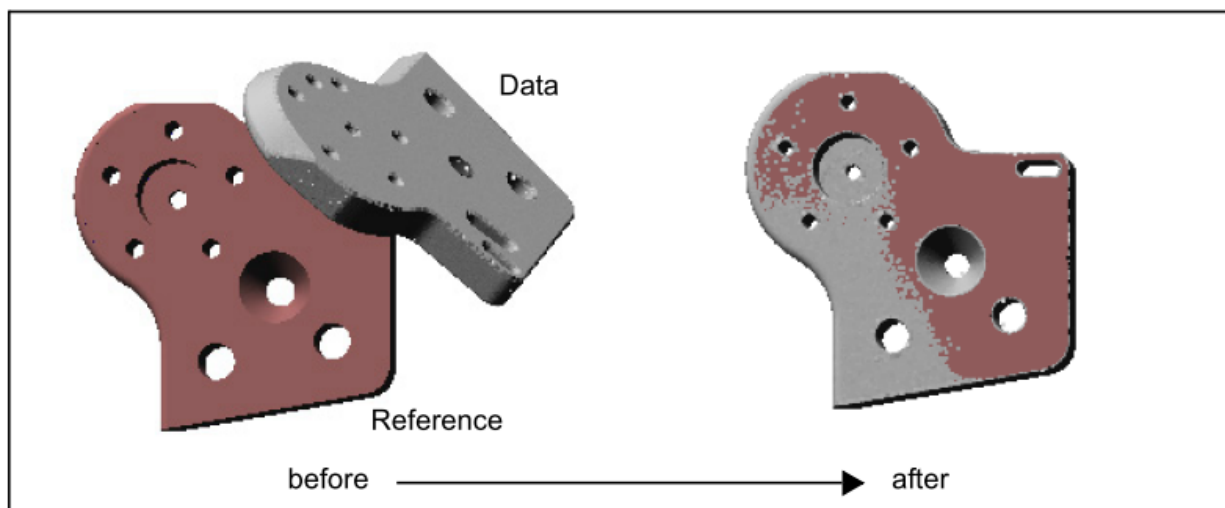
- U glavnom izborniku odabire se: File > Import Reference > željeni oblik datoteke (IGES, STL...)
- Odabire se željeni CAD model.
- Odabirom datoteke otvara se novi prozor, u kojem je potrebno definirati željenu toleranciju, te klikom na OK referentni model je definiran.

Unos stvarnog modela

Na sličan način potrebno je ubaciti stvaran model - najčešće oblaci točaka dobiveni pomoću 3D digitalizatora (.txt, .IGES, .STL...).

Align stvarnog i referentnog modela

Nakon unosa oba modela, potrebno je poravnati ih, kako bi se mogla izvršiti analiza na njima. Best – fit alignment opcija smanjuje devijaciju između referentnog i stvarnog modela, koristeći sve točke oblaka točaka.

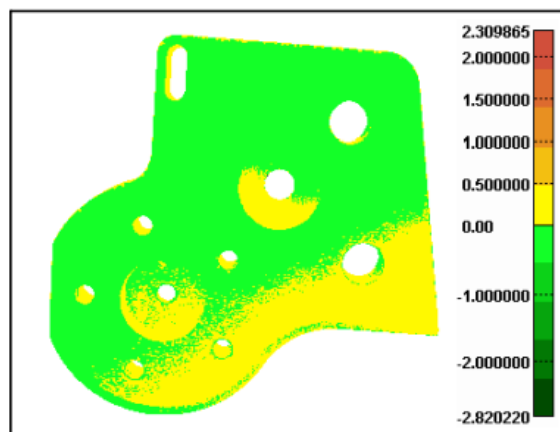


Postupak poravnanja referentnog i stvarnog modela izvodi se na slijedeći način:

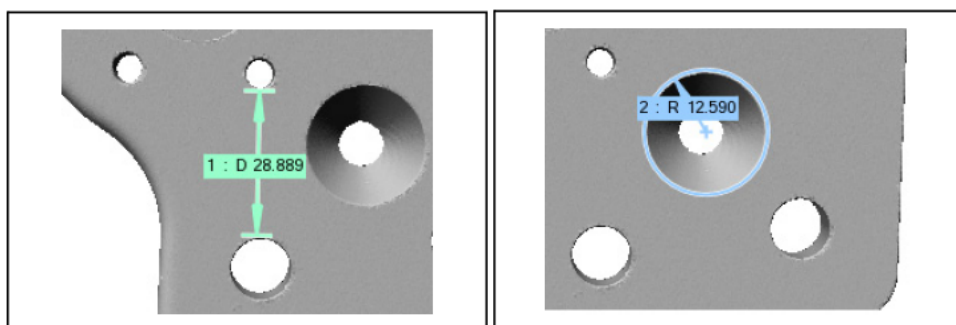
- U *Main Processes* traci klikne se na *Alignment Processes* ikonu.
- Klik na *Best-fit Alignment* ikonu, nakon čega se otvara novi prozor.
- Označiti *Use automatic initial guess*.
- Odznačiti *Use constraints*.
- Označiti *Use data segmentation*.
- Postaviti *Maximum distance* na 4.0.
- Označiti *Use max angle* te unijeti 45 u prazno polje.
- Označiti *Automatic convergence*.
- Klik *Start* te po završetku operacije kliknuti na *Close*.

Mjerenje

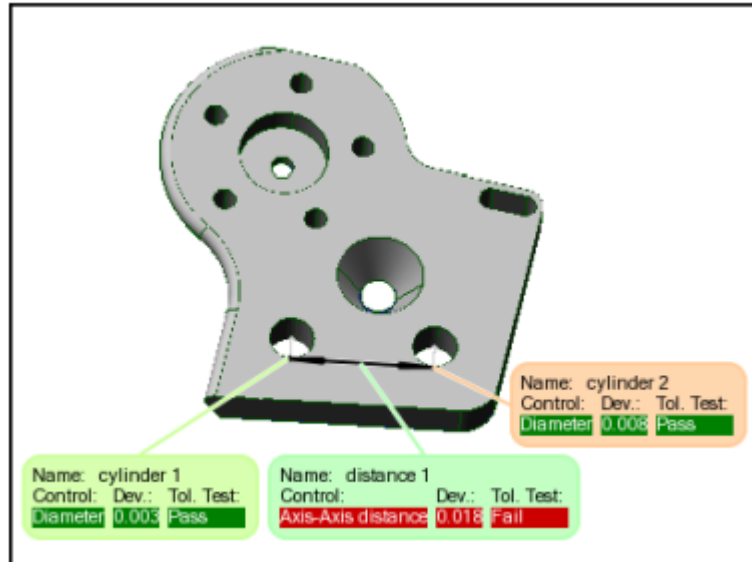
IMInspect nudi nekoliko usporedni referentnog i stvarnog modela, uključujući usporedbu i osnovne alate mjerenja. Alati usporedbe najčešće se koriste za mjerenje devijacije oblika modela. U tu svrhu moguće je napraviti skalu boja, u kojoj svaka boja prikazuje određeno odstupanje.



Na slijedećim slikama prikazani su neki od osnovnih alata mjerenja koje je moguće koristiti u PolyWorks-u.



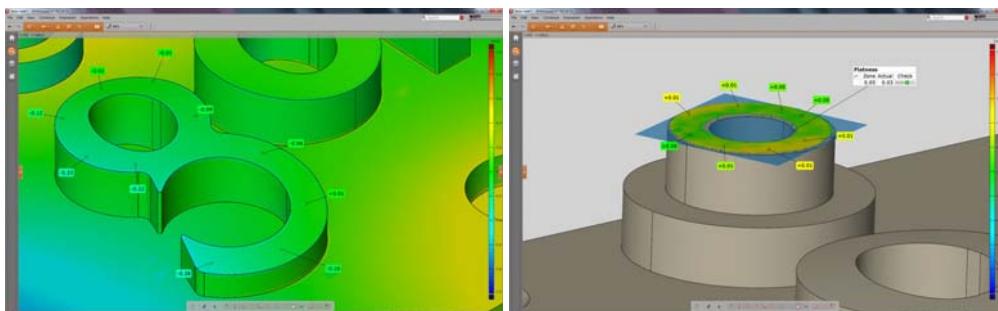
Konačno, moguće je napraviti usporednu stvarnog i referentnog modela, što je prikazano slijedećoj slici.



GOM

GOM inspect sadrži sve evaluacijske alate za jednu opsežnu analizu ispitivanog modela. Ovaj program nudi slične opcije kao i PolyWorks:

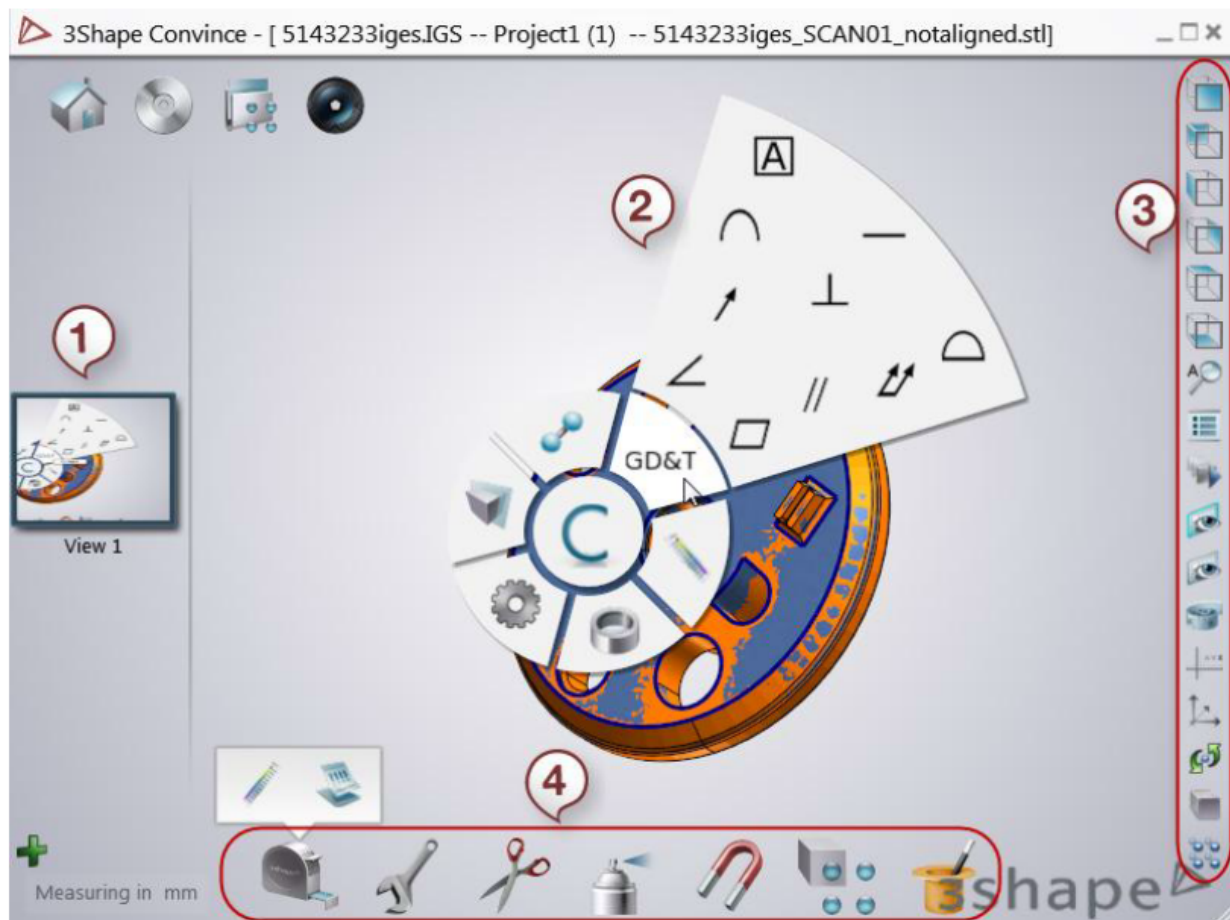
- Unos CAD modela: IGES, STEP, JT-Open...
- Poravnanja: Automatic pre-alignment, RPS, 3-2-1, ravnina – linija - ravnina, best fit...
- CAD usporedbe ravnina, presjeka, točaka...
- Inspekcijske funkcije: dimenzije, kuteve...
- GD&T analizu temeljenu na 1101 i ASME y14.5 standardima.
- Izradu izvješća, tablica, PDF-ova...



3SHAPE CONVINCENCE

3Shape Convince je softver koji osigurava kvalitetu mjenenog modela. Mjereći različite karakteristike i dimenzije modela, te uspoređujući ih sa zadanim specifikacijama može se ustanoviti da li model zahtjeva zadane zahtjeve.

Unosom oba modela mogu se izvršiti različiti oblici mjerenja, koji se uključuju desnim klikom na model, čime se otvara okrugli izbornik (2). Sa desne strane ekrana mogu se spremirati različiti pogledi – izvršena mjerenja što pridonosi boljoj organizaciji.

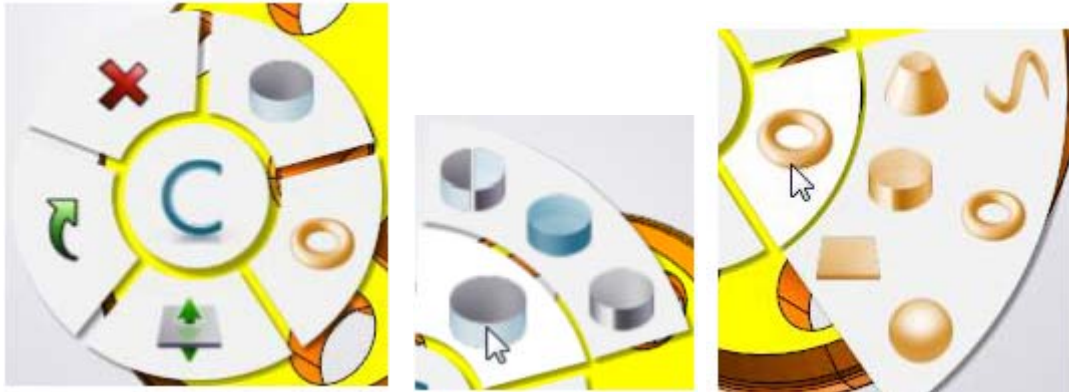


Meni sa lijeve strane (3) služi za namještanje pogleda, orijentacije i sl., dok meni na dnu ekrana (4) služi za manipulaciju i korekcije na izmjenenom modelu.

Još jedna od glavnih opcija u programu koja se vrlo često koristi služi za korekcije na



izmjenom modelu. One se izvršavaju odabirom Repair u meniju 4, čime se otvara kružni meni s opcijama kao promjena oblika površine, okretanje normale i slično.

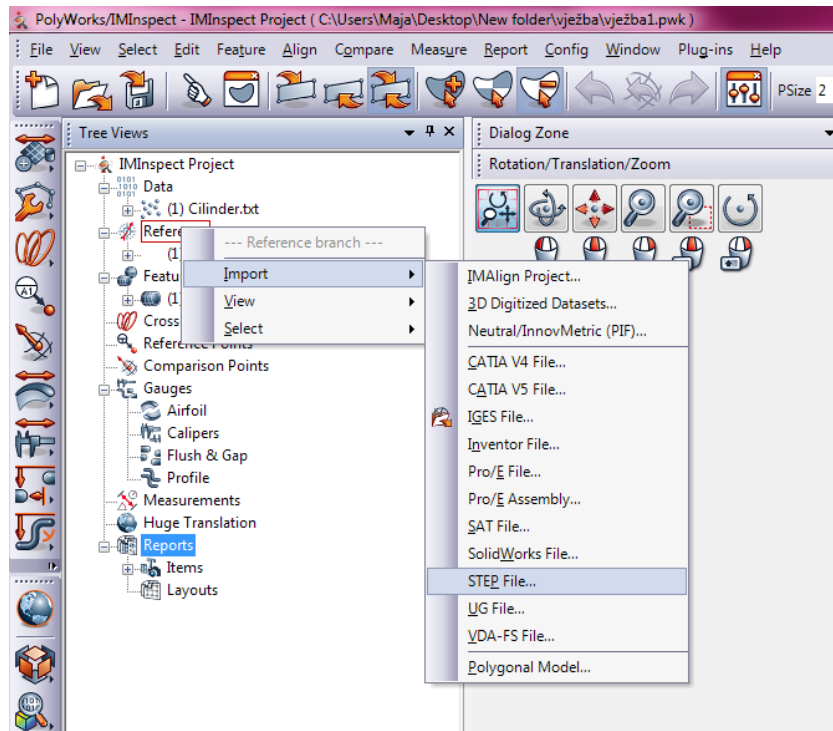


Aktivnosti na institutu uključivale su, osim praktičnog rada, odlazak na predavanja i laboratorijske vježbe profesora L. De Chiffre-a, te proučavanje literature kojima se na institutu koriste te radova iz područja metrologije koje su napisali.

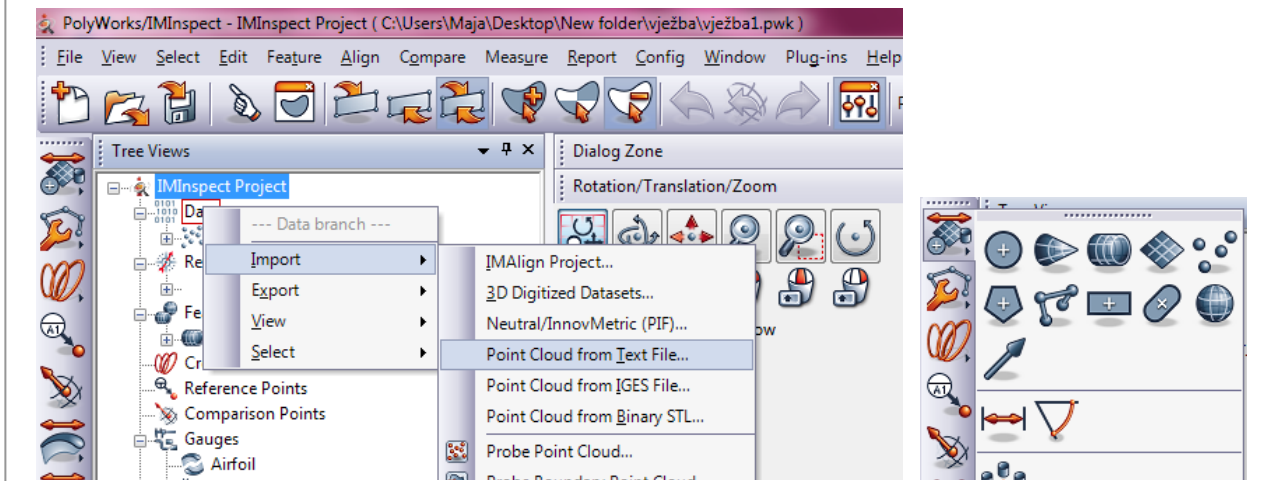
6. Rezultati (najmanje 8 stranica)

Zadatak se sastojao od učenja osnova dva programa, PolyWorks i GOM kako bi stekla podlogu za testiranje novog programa koji ima istu namjenu – 3Shape.

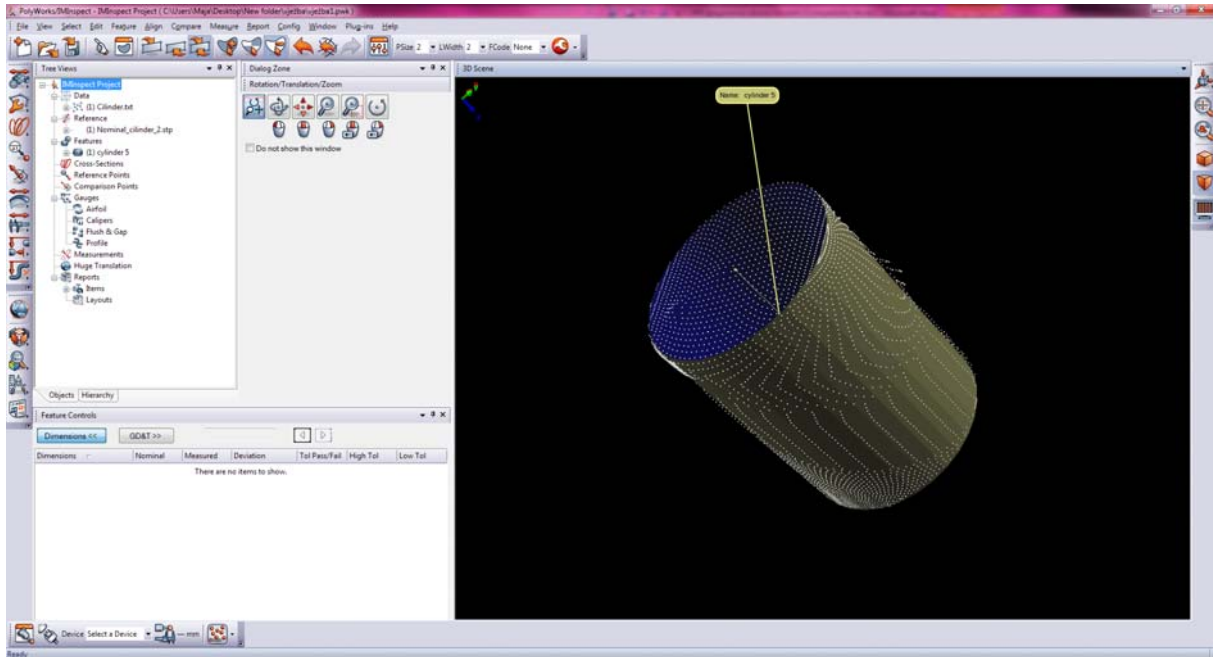
Prvi korak koji je potrebno napraviti predstavlja definiranje referentnog modela. Referentni model je najčešće idealni CAD model. To se čini na način da se upload-a postojeći 3D CAD model koji je izrađen u nekom od CAD softvera kao što su Catia, SolidWorks...



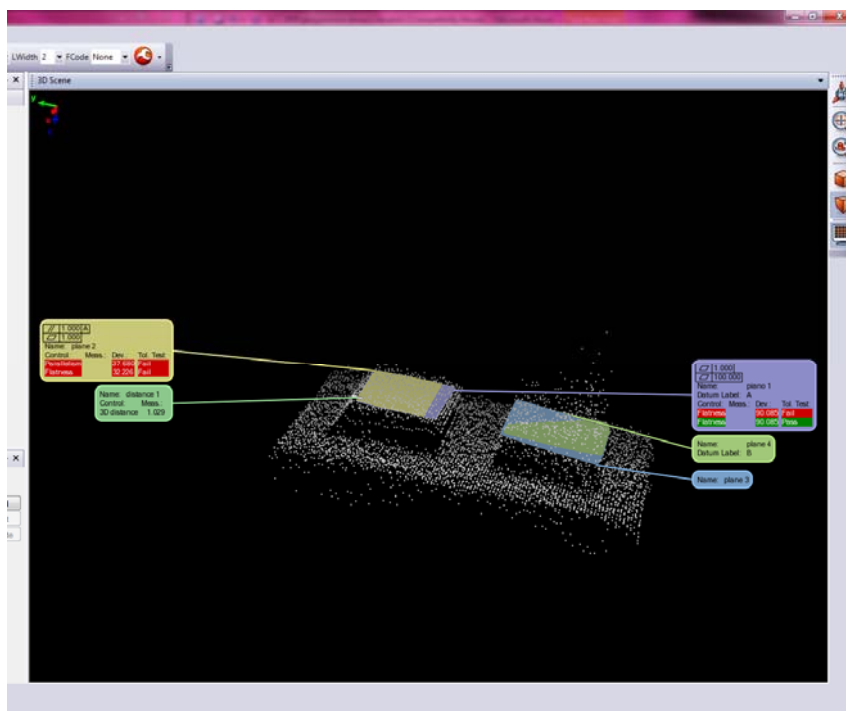
Potom slijedi unošenje stvarnog modela. Najčešće se koriste oblaci točaka, od kojih se u samom programu može, odabirom određene količine točaka napraviti površina. To se čini u glavnom Object Toolbar-u klikom na „Feature Creation“ opciju čime se otvara prozor prikazan na slici gdje se odabire odgovarajući oblik.



Nakon što se izvrši poravnanje oba modela, može se pristupiti analizi. Primjer unešenih i poravnatih modela nalazi se na slijedećoj slici.



Na slijedećem modelu prikazan je dio analize, koji se sastoji od usporedbe nominalnog modela – u ovom slučaju dvije površine, sa oblakom točaka. Postavljaju se zadane tolerancije, nakon čega se vrši usporedba te program mjeri da li su odstupanja u granicama tolerancije.

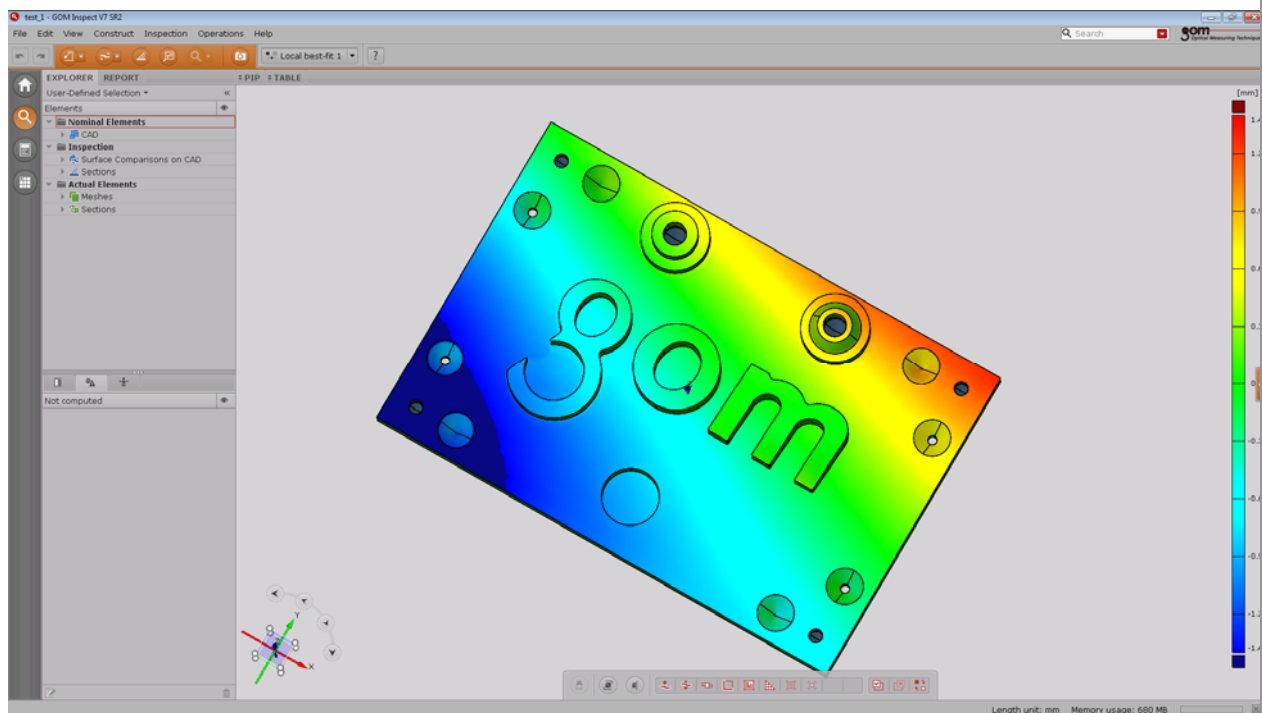


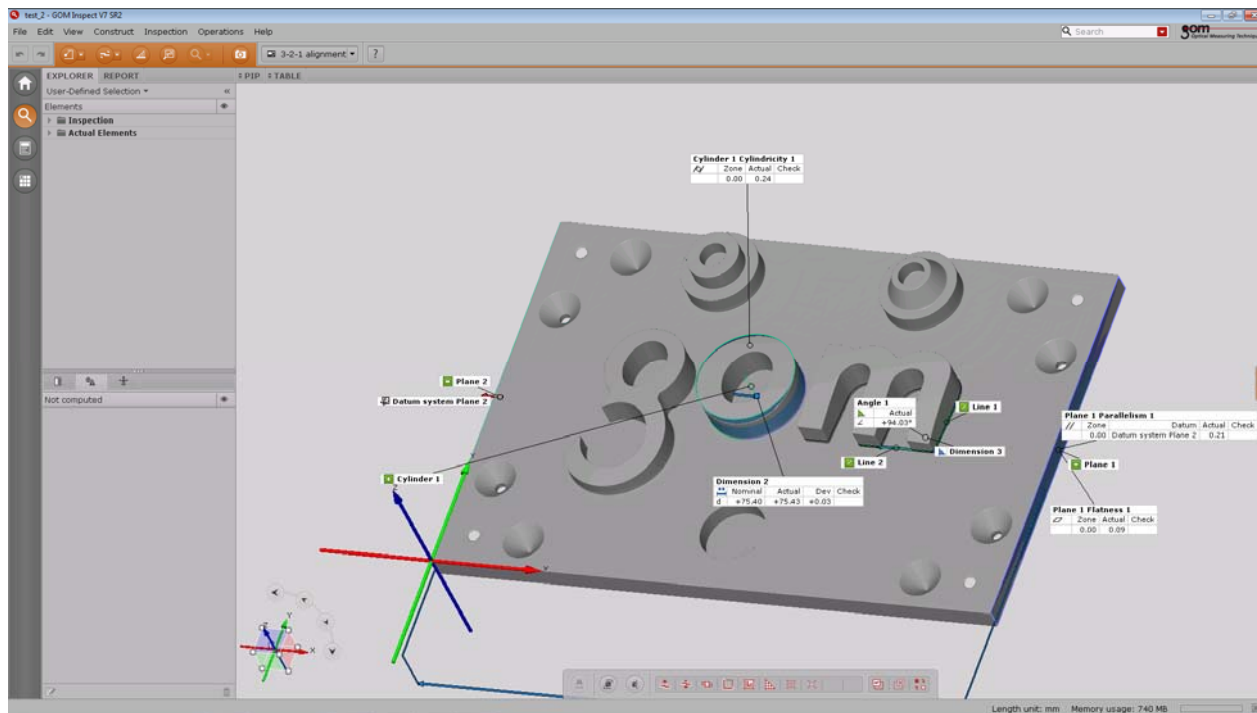
Slijedeći program čije osnove sam trebala naučiti je GOM Inspect. Ovaj softverski paket osigurava potpunu sljedivost u procesu nadzora kvalitete. Svaki pojedini element ili korak analize može biti detaljno provjeren, uključujući sve parametre i odabrane mjerne točke korištene prilikom njegovog definiranja. Ovakav pristup bitno pridonosi pouzdanosti kompletnog procesa nadzora.

Mogućnosti koje nudi su:

- Učitavanje 3D oblaka točaka u standardnim formatima: ATOS, STL, ASCII...
- Obrada i poboljšavanje poligonalnih mreža: izravnjanje, razrjeđivanje, zatvaranje rupa...
- Klasična dvodimenzionalna analiza po presjecima.
- Mjerne funkcije: udaljenosti, kutovi, promeri...
- Odstupanja oblika stvarnog modela od referentnog.

Ovaj program sam učila na način da koristim modele koji se mogu dobiti zajedno sa programom, a koji služe za učenje programa. Primjerice, kreiranje mapa boja koje prikazuju odstupanja, ili klasične izmjere i odstupanja stvarnog modela od referentnog.





GOM Inspect omogućava preračunavanje oblaka točaka u visokokvalitetne 3D mreže i raspoláže brojnim alatima za njihovo poboljšanje i obradu.

3Shape Convince

Kako bi se započelo korištenje Convince Premium-a, potrebno je izvršiti slijedeće korake:

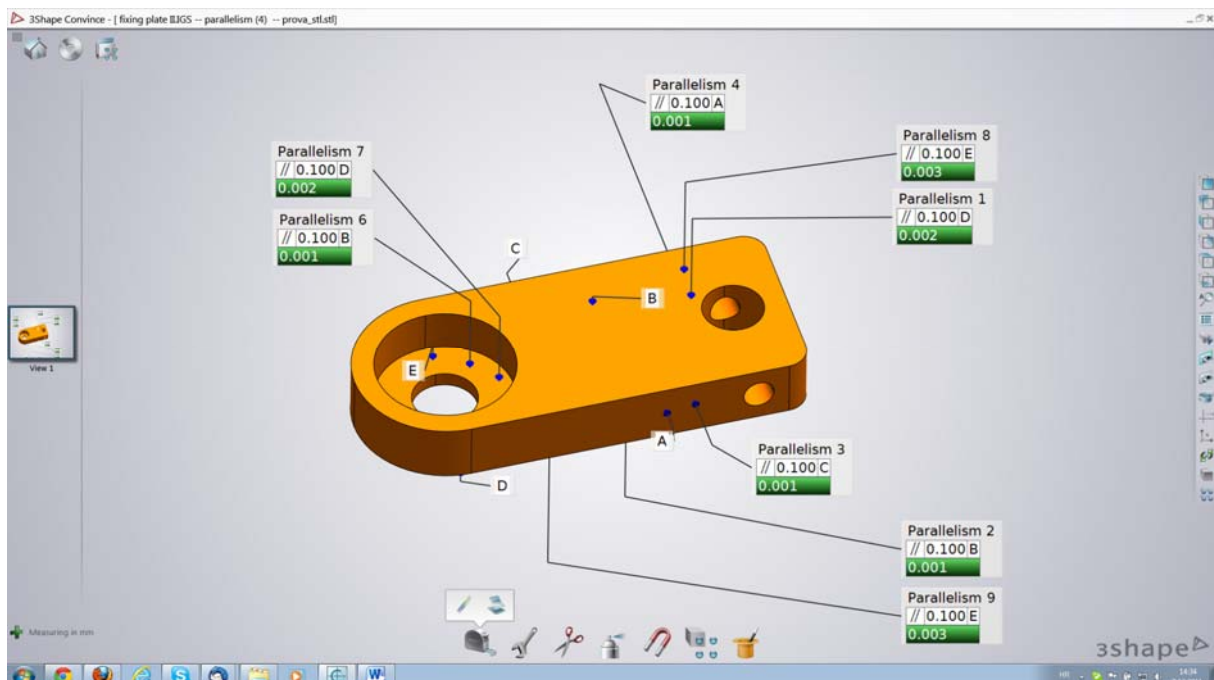
- **Definiranje referentnog modela**
Mogu se koristiti slijedeći formati: ASC, DCM, DXF, IGES, STP, NMS, STL, PTA, PTS, WRL I VRML.
- **Unos stvarnog modela**
Mogu se koristiti slijedeći formati: STL, DCM, PTS, STL ASCII, WRL, VRML, NMS.

Nakon što su unesene obje komponente, može se pristupiti evaluaciji.

Institut je dobio samo jednu licencu (na USB sticku), koju smo naizmjenice koristili ja i kolega s kojim sam izvršavala zadatak. Moj zadatak se sastojao od testiranja programa tj. utvrđivanja pojavljuju li se greške, te kakve su.

U prvom slučaju dobivena su dva modela, referentni i stvarni – idealan slučaj. Različitim ispitivanjem, utvrđeno je da se javljaju greške kod korištenja nekih mjernih alata: ispitivanje paralelnosti i okomitosti. Pogreške su slikovno i tablično prikazane u nastavku. Dakle, za ovaj slučaj, odstupanja su trebala biti jednaka nuli, međutim, javile su se greške prilikom ispitivanja paralelnosti.

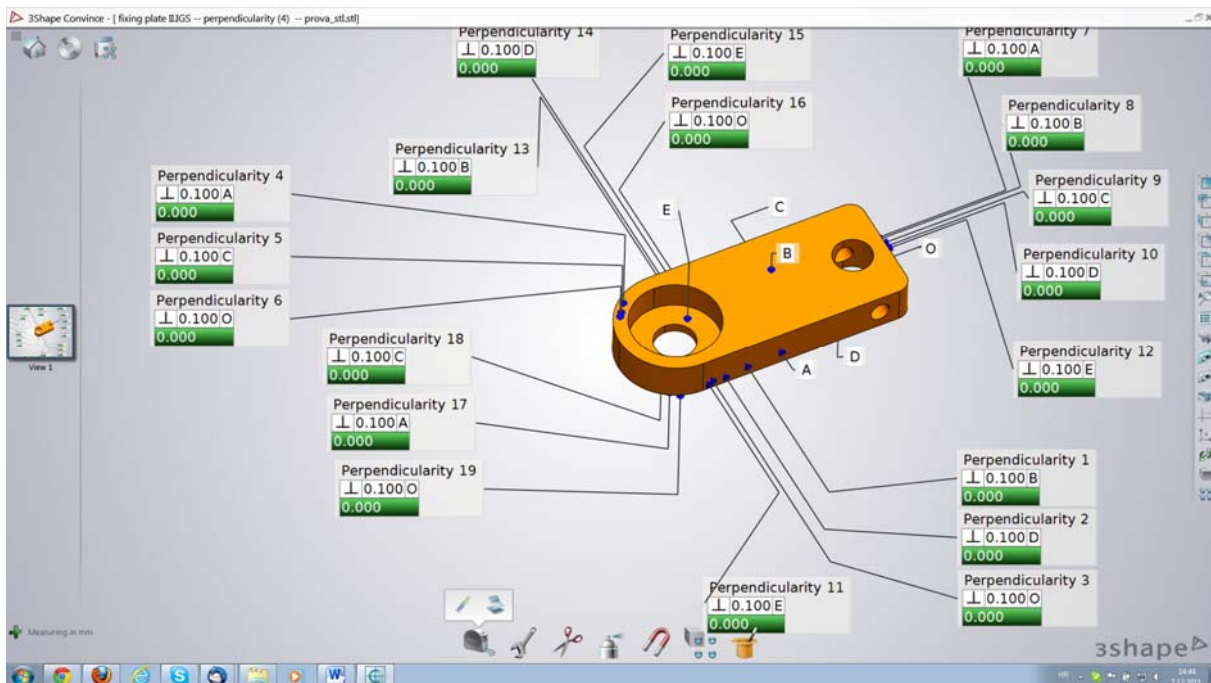
Ispitivanje paralelnosti:



No.	Paralelnost	Odstupanje
1	B-D	0,002
2	D-B	0,001
3	A-C	0,001
4	C-A	0,001
6	E-B	0,001
7	E-D	0,002
8	B-E	0,003
9	D-E	0,003

U ovom slučaju javljaju se odstupanja kojih ne bi smjelo biti – greška u programu.

Ispitivanje okomitosti:



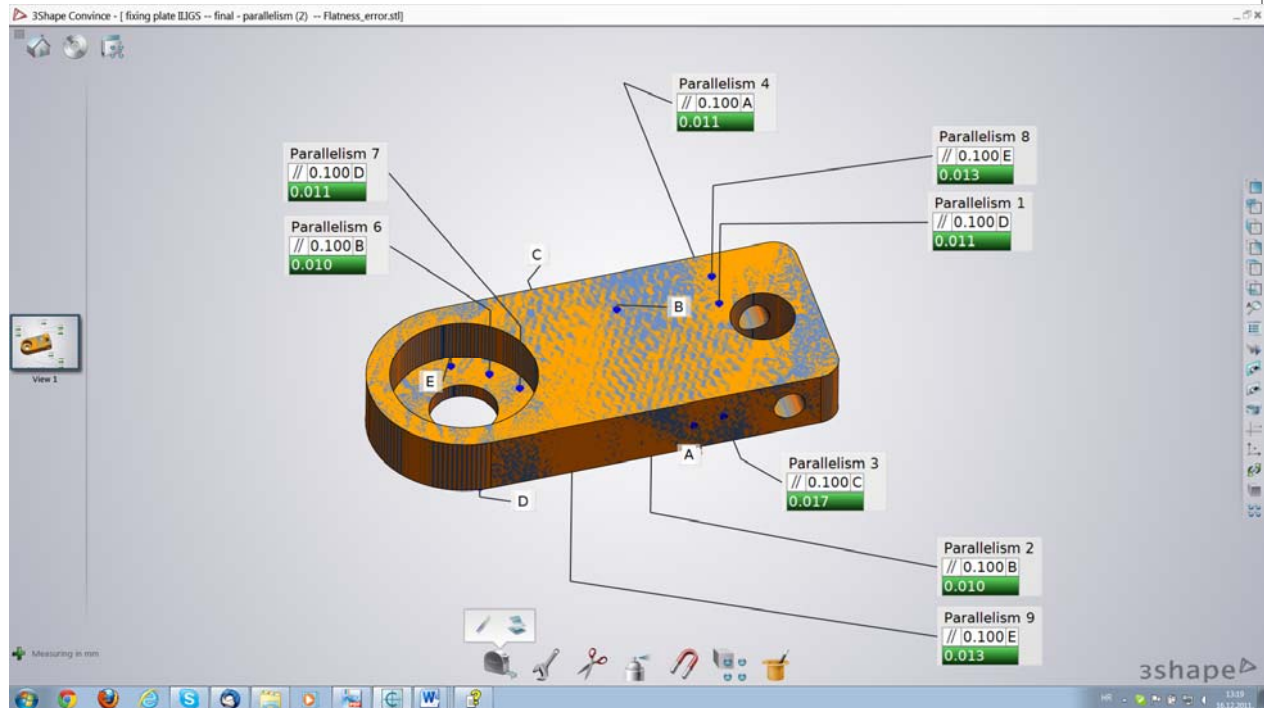
No.	Okomitost	Odstupanje
1	A-B	0,000
2	A-D	0,000
3	A-O	0,000
4	B-A	0,000
5	B-C	0,000
6	B-O	0,000
7	O-A	0,000
8	O-B	0,000
9	O-C	0,000
10	O-D	0,000

No.	Okomitost	Odstupanje
11	A-E	0,000
12	O-E	0,000
13	C-B	0,000
14	C-D	0,000
15	C-E	0,000
16	C-O	0,000
17	D-C	0,000
18	D-C	0,000
19	D-O	0,000

Grešaka nema, ali ovaj slučaj nam je važan zbog slijedećeg koraka.

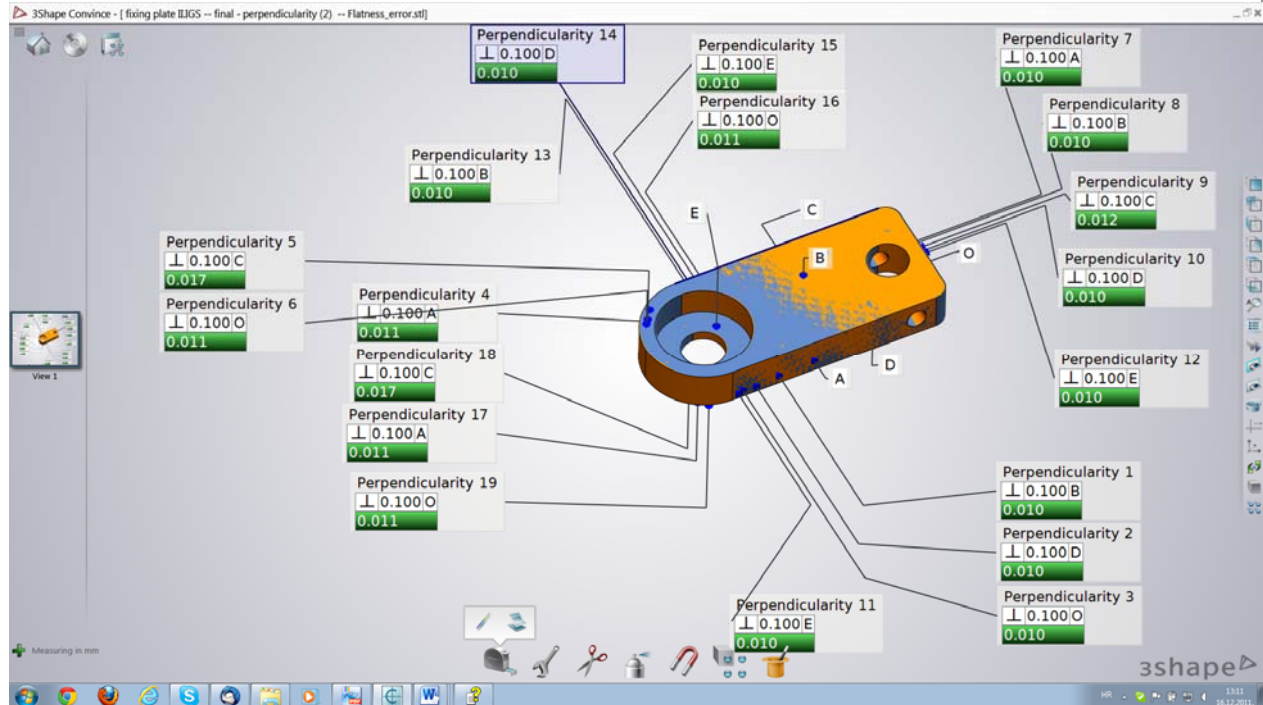
Za drugi slučaj, o jednom od CAD programa modificiran je snimljen model, te je takav unešen u 3Shape Convince program, kako bi se ponovo moglo izvršiti ispitivanje. Ponovo su se javile greške, ovaj put prilikom ispitivanja paralelnosti i okomitosti, dok je ostalo bilo u redu. Dakle, ovdje su sva ispitivana odstupanja trebala biti 0,010.

Ispitivanje paralelnosti:



No.	Paralelnost	Odstupanje
1	B-D	0,011
2	D-B	0,010
3	A-C	0,017
4	C-A	0,011
6	E-B	0,010
7	E-D	0,011
8	B-E	0,013
9	D-E	0,010

Ispitivanje okomitosti:



No.	Okomitost	Odstupanje
1	A-B	0,010
2	A-D	0,010
3	A-O	0,010
4	D-A	0,011
5	B-C	0,017
6	B-O	0,011
7	O-A	0,010
8	O-B	0,010
9	O-C	0,012
10	O-D	0,010

No.	Okomitost	Odstupanje
11	A-E	0,010
12	O-E	0,010
13	C-B	0,010
14	C-D	0,010
15	C-E	0,010
16	C-O	0,011
17	D-C	0,011
18	D-C	0,017
19	D-O	0,011

Greške su ustanovljene, te će se o njima izvijestiti razvojni inženjeri 3Shape Convince-a.

7. Referencije (najviše 10)

- [1] John A. Bosch, Coordinate Measuring Machines and Systems, Marcel Dekker Inc., 1995
- [2] L. De Chiffre, Geometrical Metrology and Machine Testing, DTU Mechanical Engineering, 2010
- [3] Heinrich Schwenke, Ulrich Neuschaefer-Rube, Tilo Pfeifer, HorstKunzmann, Optical Methods for Dimensional Metrology in Production Engineering
- [4] A. Weckenmann, T. Estler, G. Peggs, D. McMurtry, Probing Systems in Dimensional Metrology
- [5] S. Carmignato, A. Voltan, E. Savio, Metrological performance of optical coordinate measuring machines under industrial conditions, CIRP Annals – Manufacturing Technology 59 (2010) 497-500

8. Zaključci (najmanje 1/2 stranice)

Ovom praktičnom nastavom stekla sa vrijedna iskustva koja su otvorila nova područja mog interesa. Imala sam prilike upoznati karakteristike koordinatnog mjernog stroja, te se upoznati s načinom rada. Njegov osnovni zadatak je određivanje odstupanja realnog modela od referentnog. Koordinatni mjerni stroj je složen mjerni sustav koji vrši veliki broj mjerenja i računanja u malom vremenskom periodu, čime se osigurava ne samo brzina nego i kvaliteta.

Koristila sam nekoliko evaluacijskih softverskih paketa iz metrologije kao što su GOM, PolyWorks i 3Shape Convince koji služe za usporedbu referentnog i stvarnog modela a pomoću koji se mogu dobiti različiti izvještaji, usporedbe, statistička evaluacija i sl.

Također, imala sam uvid u članke koji su objavili profesori sa instituta, čime sam se bolje upoznala sa područjem rada kojim se bave, ta sam pohađala predavanja i praktičnu nastavu iz industrijskog mjeriteljstva koje je održavao gostujući profesor L. De Chiffre, a koja su se održavala na engleskom jeziku.

Boravak na DIMEG-u bio je jedno vrlo lijepo i poučno iskustvo koje će mi uvelike pomoći pri daljnjem školovanju i profesionalnoj karijeri.

Datum: 19.12.2011. _____ **Mjesto:** Rijeka _____

Potpis studenta:

Potpis industrijskoga mentora:
