FRI-1.414-1-MIP-01

A SOFTWARE SYSTEM FOR COLLECTING, PROCESSING AND ANALYSING OF DATA FOR ACCURACY ASSESSMENT IN LAYER BASED TECHNOLOGIES [1]

Sergey Antonov, PhD
University of Ruse "Angel Kanchev"
Ruse, Bulgaria
E-mail: santonov@uni-ruse.bg

Rumen Rusev, PhD
University of Ruse "Angel Kanchev"
Ruse, Bulgaria
E-mail: rir@uni-ruse.bg

Ekaterin Minev, PhD
University of Ruse "Angel Kanchev"
Ruse, Bulgaria
Phone:+359887457893
E-mail: eminev@uni-ruse.bg

Abstract: *The paper describes the system for automatic measurement, calculation, analysing and graphical representation of accuracy assessment of layer based technologies and associated software components. The system is implemented on different rapid prototyping technologies and results are presented and discussed. Some future directions and developments are given for further refinement and expand of the software part of the system.*

Keywords: *Rapid Prototyping, Accuracy, Layer Based Technology, Software System.*

JEL Codes: *L60, L63, L64*

ВЪВЕДЕНИЕ

Технологиите за послойно изграждане на обекти, наричани още изграждане чрез свободни форми, 3D принтиране или бързо прототипиране, претърпяват значително развитие през последните десетилетия. Това развитие е свързано с разширяване на кръга от използвани материали особено в областта на биологията и строителството, увеличаване на скоростта и качеството на изгражданите обекти, всеобхватност на сферите на приложение включително и за създаване на бизнес модели, разширяване на диапазона на възможните размери от нано елементи до мега обекти, а така също и с увеличаващата се достъпността на машините. Назрява мнение, че тези технологии ще бъдат в основата на следващата голяма технологична революция (Thierry, R., Striukova, L., 2016).

Все още поради специфичния начин на създаване на физическия обект, а именно чрез добавяне на слоеве върху вече изграден обем, съществуват редица технологични особености и съпътстващи трудности. Редица от тях са успешно преодолени но остават неразрешени предизвикателства, които са обобщени в (Ford, S., Despeisse, M., 2016). Ролята на софтуерната част за преодоляване на нерешените проблеми е неотлъчна. Един от основните технологични проблеми, на който е посветено настоящото изследване, остава геометричната точност на формата и размерите на получаваното изделие.

[1] Presented a report in section Mathematics, Informatics and Physics with the original title: СОФТУЕРНА СИСТЕМА ЗА СЪБИРАНЕ, ОБРАБОТВАНЕ И АНАЛИЗИРАНЕ НА ДАННИ ЗА ОЦЕНКА НА ТОЧНОСТТА ПРИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА БЪРЗО ПРОТОТИПИРАНЕ

ИЗЛОЖЕНИЕ

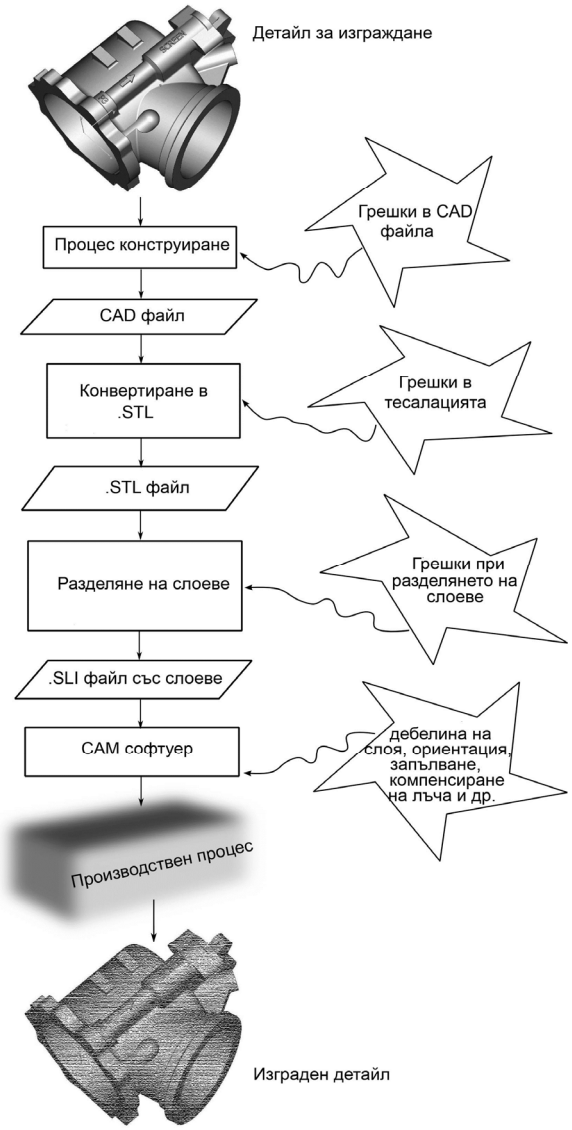
Източници на геометрични грешки при 3D принтирането

В случая на послойните технологии крайната точност на детайла е функция от редица фактори като геометрията на детайла, CAD модела и метода за разделяне на слоеве, метода на изграждане, последващата обработка и завършващите операции. Десетки са параметрите по време на изграждането, които допринасят за крайната точност на детайла, като степента на тяхното влияние е различна. Ето защо е особено важно да се провежда анализ на точността, който систематично да покаже вида на грешките, техните източници и големина, така че да може да се приложат адекватни практически мерки за подобряването й.

Съществуват редица изследвания (Hopkinson, N., Sercombe, T. B., 2008), (Mercelis, P., Kruth, J. P., 2006, Wang, T. M., и др., 2007, Diller, T. T., и др., 2012.) и класификации на източниците на грешки при технологиите за бързо прототипиране. Според (Tang, Y., и др., 2004) една възможна обща класификация би изглеждала по следния начин:

- грешки, дължащи се на сканиращата система;
- грешки, дължащи се на свиването на материала;
- грешки, дължащи се на размера на зоната на термично влияние;
- грешки от CAD, апроксимацията с триъгълници (тесалация) и нарязването на слоеве;
- случайни грешки.

Внасянето на грешки в отделните стадии на технологичния процес е представено обобщено на фиг. 1 (Minev, E., 2012).



Фигура 1. Източници на грешки при етапите на 3D принтирането (Minev, E., 2012).

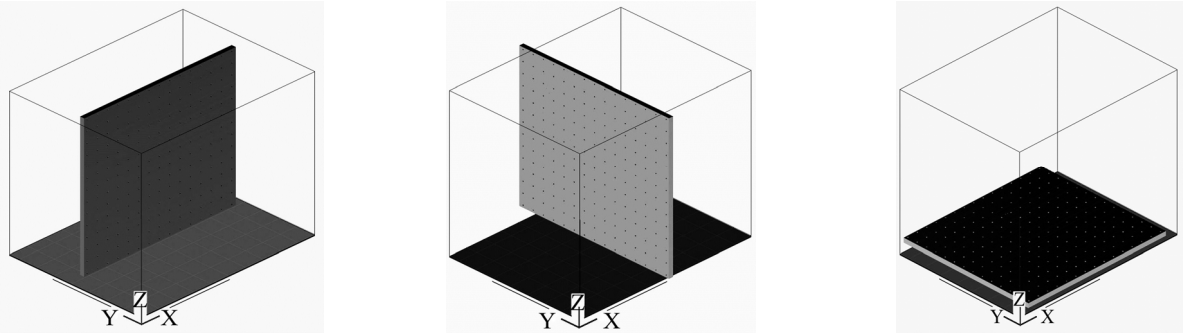
Подход за изследване на точността при 3D принтирането

По същество практиката за изследване на точността при 3D принтирането изисква изграждането на различни пробни тела и оценяването на разликите между номиналните размери и форма и тези, които са получени след изграждането. Основните величини, които се измерват, са линейните и ъглови разположения на елементи и грапавост на повърхнини. На основата на направените измервания и анализ се правят компенсации на размерите в CAD модела и се оценяват толерансите на процеса. Резултатите могат да се използват и за моделиране (Jamal, N. M., 2001). Обобщено методологията за изследване на точността при слоестите технологии се характеризира със следните елементи:

- избор на пробно тяло;
- вид и обхват на геометричните величини за изследване;
- измервателни инструменти и машини;
- измервателна процедура;
- представяне на данните от измерванията;
- анализ и интерпретация на резултатите;
- статистическа обработка на резултатите и оценка на точността.

Елементите, които различават отделните методологии, най-често са пробните тела и съответните геометрични величини, които се измерват върху тях. Останалите елементи са подобни доколкото следват подобен метрологичен подход.

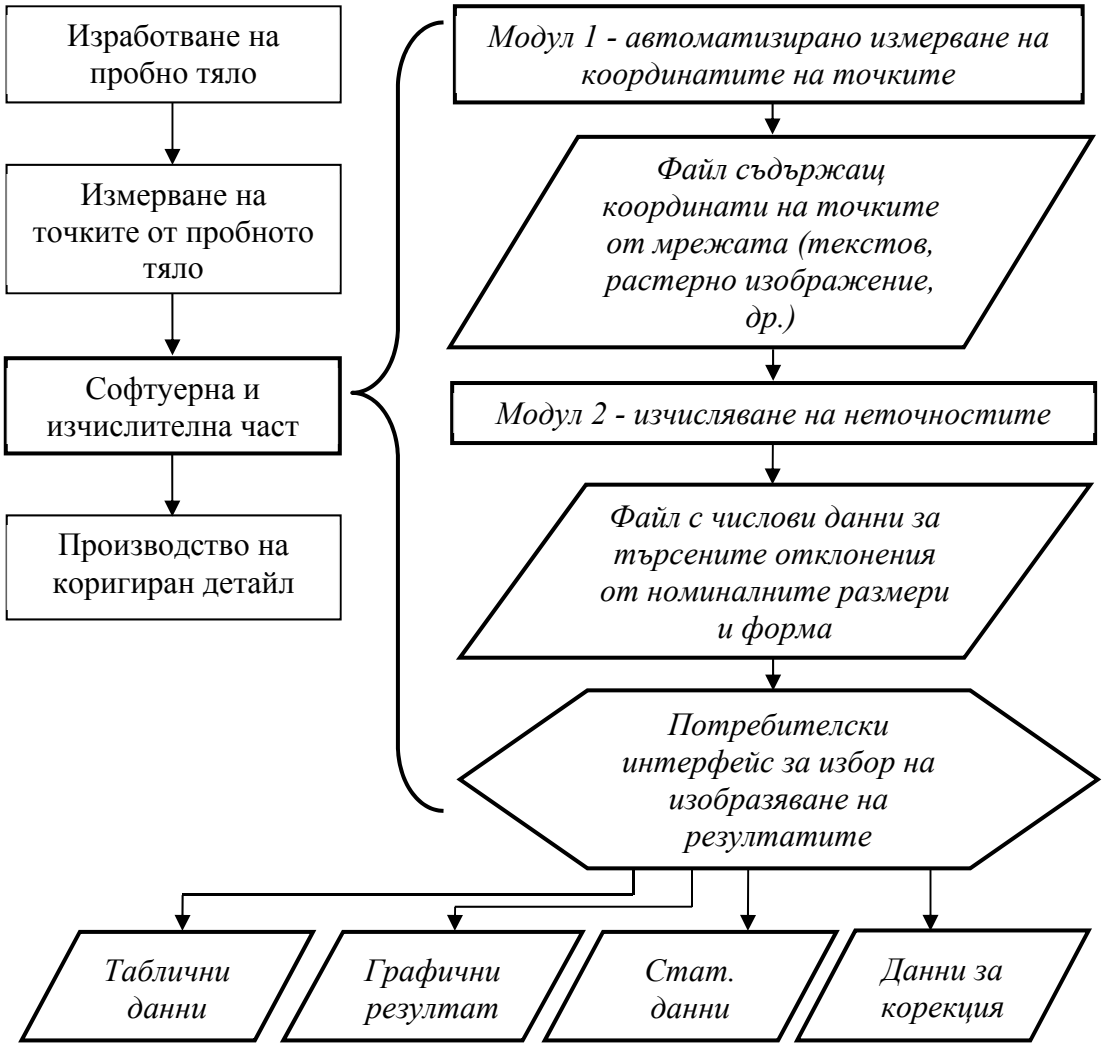
Приложената в това изследване методика е разработена и описана в (Minev, E., 2012 и Minev, E., Popov, K. и др., 2011). Пробните тела са във вид на плочи с предварително създадени правоъгълни мрежи, представени от пресечните точки между линиите - фиг. 2. Измерваните величини са координатите на точките, а изчисляваните са линейните и ъглови отклонения в мрежата след изграждане на плочата. Обобщена блок-схема на използваната методика е показана на фиг. 3.



Фигура 2. Вид и разположение на използваните пробни тела (плочи) за определяне на точността по оси (x z), (y z) и (x y).

Измерването на голям брой координати, както и обработването, представянето и анализа на получените резултати, налага създаването на специализирана софтуерна система, която да осигури блок "Софтуерна и изчислителна част" от Фиг. 3. Основните елементи на тази система са:

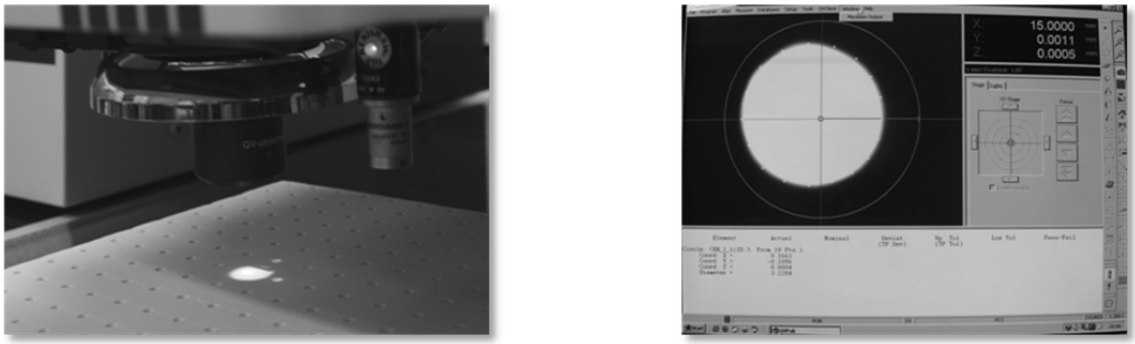
1. Модул 1 извършва автоматизирано измерване на координатите на точките от пробните тела. Това може да стане след сканиране на плочите и следващо определяне на координатите на точките в равнината - непряко измерване, или чрез управление на координатно измервателна машина (КИМ) - пряко измерване. Към момента е създадена програмна единица на VB за управление и измерване чрез оптична КИМ QuickVision Pro на Mitotoyo. Действието на този модул от програмната система е илюстрирано на фиг. 4. Методиката е прилагана и чрез използване на софтуер за измерване на сканирано изображение на пробното тяло в случай на непряко измерване.



Фигура 3. Обобщена блок-схема на използваната методика

2. Модул 2 за изчисляване на неточностите. Този модул прочита данните от файл, създаден от модул 1 и изчислява линейните и ъглови отклонения на точките от мрежата по зададени оси. Резултатите от създадената софтуерна реализация чрез макроси на VBA за Excel са показани на фиг. 5. Данните от изчисленията се записват във файл.

3. Потребителски интерфейс, чрез който се избира и осъществява начина за представяне и анализ на числовите данни - табличен или графичен, статистически данни или данни за корекция на детайлите преди да бъдат изградени отново (фиг. 6).



Фигура 4. Автоматично управление и измерване на координати чрез КИМ чрез програма на Visual Basic.

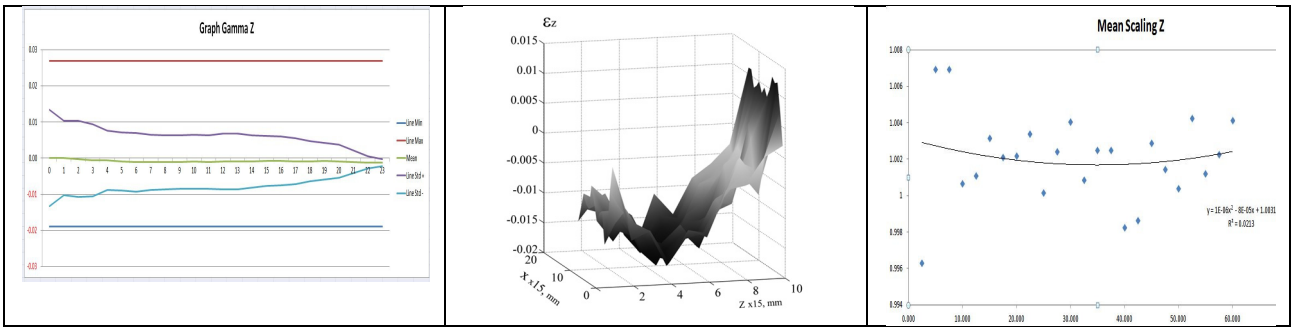
Matrix γX

J	K	L	M	N	O	P
8	9	10	11	12	13	14
0.0000	-0.0012	0.0019	0.0001	-0.0004	0.0003	0.0003
-0.0009	0.0000	0.0001	0.0002	-0.0005	0.0001	0.0003
-0.0003	0.0002	0.0000	-0.0012	0.0001	0.0002	-0.0001
0.0003	-0.0001	0.0006	-0.0011	-0.0008	-0.0012	0.0010
0.0006	-0.0011	-0.0019	0.0014	0.0008	-0.0026	0.0018
0.0015	-0.0016	-0.0036	0.0036	0.0047	-0.0062	0.0017
0.0008	0.0046	-0.0071	0.0039	0.0026	-0.0059	0.0007
0.0001	0.0048	-0.0051	0.0016	0.0000	-0.0149	0.0134
0.0005	-0.0003	0.0002	0.0005	0.0004	-0.0135	0.0131
0.0007	-0.0002	0.0007	-0.0127	0.0134	0.0004	-0.0003

Matrix εX

J	K	L	M	N	O	P
8	9	10	11	12	13	14
-0.0066	-0.0062	-0.0059	-0.0070	-0.0078	-0.0079	-0.0075
-0.0066	-0.0068	-0.0075	-0.0081	-0.0073	-0.0075	-0.0081
-0.0083	-0.0075	-0.0067	-0.0076	-0.0092	-0.0082	-0.0079
-0.0055	-0.0060	-0.0066	-0.0050	-0.0042	-0.0076	-0.0082
-0.0106	-0.0108	-0.0137	-0.0153	-0.0120	-0.0083	-0.0082
-0.0068	-0.0062	-0.0055	-0.0035	-0.0005	-0.0038	-0.0077
-0.0085	-0.0035	-0.0015	-0.0068	-0.0117	-0.0102	-0.0069
-0.0070	-0.0124	-0.0122	-0.0070	-0.0070	-0.0202	-0.0197
-0.0084	-0.0077	-0.0078	-0.0088	-0.0096	0.0051	0.0057
-0.0091	-0.0096	-0.0090	-0.0207	-0.0201	-0.0079	-0.0081

Фигура 5. Резултати от изчисленията от VBA макрос в табличен вид.



Фигура 6. Графично представяне на резултатите - а) чрез Excel, б) чрез MatLab, в) извлечена формула за предварително компенсиране на геометрията.

ИЗВОДИ

От получените резултати може да се направи извода, че създаденото софтуерното осигуряване дава възможност да се приложи използваната методика за оценка на точността при слоестите технологии. Модулите, които са създадени, изпълняват основните изисквания към тях и представят резултатите в достатъчно приемлив вид.

Въпреки това, създаденият софтуер все още не представлява завършена система, която да бъде използвана от независим потребител, незапознат с особеностите на нейното приложение. Ето защо е необходимо съществуващите модули да се обединят и да се създадат нови програмни единици, особено за подобряване на потребителския интерфейс.

ЛИТЕРАТУРА

Diller, T. T., Yuan, M. M., Bourell, D. L., & Beaman, J. J. (2012). *Thermal characterisation of laser sintering of nylon-12.* Proceedings of the 5th International Conference on Advanced Research and Rapid Prototyping, 28 September - 1 October, 2011. Liera, Portugal, pp. 369-373.

Hopkinson, N., & Sercombe, T. B. (2008). Process repeatability and sources of error in indirect SLS of aluminium. *Rapid Prototyping Journal*, 14 (2), 108–113.

Jamal, N. M. (2001). *Finite Element Analysis of Curl Development in the Selective Laser Sintering Process*. PhD Thesis, University of Leeds.

Mercelis, P., & Kruth, J. P. (2006). Residual stresses in selective laser sintering and selective laser melting. *Rapid Prototyping Journal*, 12 (5), 254–265.

Minev, E. (2012). *Grid Method Studies of the Geometrical Uncertainties in Free Form and Micro Processes,* PhD Thesis, Cardiff University, Available at: http://orca.cf.ac.uk/32291/ .

Minev, E., Popov, K., Minev, R., Dimov, S., & Gagov, V. (2011). Grid method for accuracy study of micro parts manufacturing. *Micro and Nanosystems* (MNS), 3 (3), 263-269. ISSN: 1876-4029.

Ford, S., & Despeisse, M. (2016) Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production* 137 (2016) 1573-1587.

Tang, Y., Loh, H. T., Fuh, J. Y. H., Wong, Y. S., Lu, L., Ning, Y., & Wang, X. (2004). *Accuracy analysis and improvement for direct laser sintering,* Innovation in Manufacturing Systems and Technology (IMST) 01, Available at: http://hdl.handle.net/1721.1/3898 (Accessed on 22.10.2017 г.].

Thierry, R., & Striukova, L. (2016) From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 102 (1) 214-224.

Wang, T. M., Jun-Tong Xi, & Ye Jin. (2007). A model research for prototype warp deformation in the FDM process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*, 33, 1087–1096.