



ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА ДИГИТАЛНИ 3D ТЕХНОЛОГИИ  
ЗА ИЗГОТВЯНЕ НА СПЕЦИФИЧНИ РАЗТВОРИМИ БИОИМПЛАНТИ

ПРОЕКТ 2018-ФПНО-04

**Тема на проекта:**  
Изследване възможностите на дигитални 3D технологии за изготвяне на специфични разтворими биоимпланти

**Ръководител:**  
доц. д-р инж. Румен Русев

**Работен колектив:**  
Преподаватели: гл. ас. д-р Екатерина Минева, доц. д-р Десислава Атанасова, гл. ас. д-р Сергей Антонов, гл. ас. д-р Г. Атанасова, гл. ас. д-р М. Димитров, гл. ас. д-р В. Великов, гл. ас. д-р Виктория Рашкова, доц. д.м. Севдалин Ангелов,  
Докторанти: Мария Петрова, Камелия Добрева, Ана Кънева, Калоян Митров, Димитър Камаринчев  
Студенти: Андрей Дунитов, Людмила Гочева, Георги Георгиев, Стялиян Ангелов, Даниел Димитров, Пламен Гочев, Теодор Ранков

**Адрес:** 7017, Русе, ул. „Студентска“ 8, РУ „Ангел Кънчев“  
**Тел.:** 082 – 888 754, E-mail: rir@uni-ruse.bg

**Цел на проекта:**  
Целта на проекта е да се проектира и създаде система за получаване на различни структури за биоразградими импланти чрез 3D принтиране на материала PLA със съответната софтуерна реализация.

**Основни задачи:**  
Избор на входни данни за създаване на структурите, проектиране на интерфейса на системата, определяне на геометрията на набора от структури, създаване на геометрично представяне на структурите, определяне на параметрите за изграждане и изследване на получаваната точност на изградените обекти.

**Основни резултати:**  
Изследвани са и са определени основните параметри за управление, от които зависи дебелината на ивицата при изграждане на структурите. Определена е последователността на различните етапи при изграждане на микро структури за биоимпланти. Проектирани са основните модули на системата. Създадена е пилотна версия на специализирана софтуерна система и са направени изследвания за нейната валидация.

**Публикации:**  
Направени са една национална и една международна реферирани публикации. В подготовка са други две статии за публикуване в реферирани източници.

АНОТАЦИЯ

Настоящият проект на тема "Изследване възможностите на дигитални 3D технологии за изготвяне на специфични разтворими биоимпланти" разглежда възможността за създаване на подходящи структури за импланти тип платно, с помощта на настолен 3D принтер. Направен е общ преглед на видовете разтворими импланти, материалите които се използват, тяхното приложение и възможностите за производство чрез слоеви технологии. В резултат от изпълнението на проекта е разработена методика за изграждане на различни структури с помощта на RepRap (replicating rapid prototyper - самовъзпроизвеждащ се 3D принтер) принтер марка Velleman 8400. Методиката следва нетрадиционна последователност от стъпки от задаването на параметрите на геометрията и създаването на CAD модела до готовото изделие. Построени са първоначални пробни равнинни структури и е изследвана тяхната точност и разтворимост в среда, която имитира биологичната. Пробните тела са направени по метода на FDM (fused deposition modelling – моделиране чрез отлагане на разтопен материал) от материала PLA (poly lactic acid – поли млечна киселина). Този материал е избран, тъй като е широко разпространен в областта, а така също като евтин и достъпен. Предложеният обобщен алгоритъм за създаване на геометрията и за управление на принтера е предназначен за производство за мрежести импланти, каквито например се използват в херниопластиката. На тази база са направени изводите и препоръките за бъдещи изследвания, които да се развият в областта на обемните импланти с различни структури и приложение.

Колективът на проекта се състои от 8 преподаватели, 4 докторанта и 6 студента. Поради интердисциплинарността на тематиката, някои от изследванията са направени в сътрудничество с преподаватели и докторанти от други катедри и области на познанието.

Резултатите са публикувани в две статии, а други две са в етап на подготовка за изпращане и публикуване.

Общата стойност на одобрения проект е 2300 лв., след като бяха съкратени заявените 3400 лв. Средствата са използвани за консумативи, дълготрайни активи и публикуване на резултатите.

PROJECT 2018-FNSE-04

**Project title:**  
Capability study of digital 3D technologies for producing specific biodegradable implants

**Project leader:**  
Associate Professor Rumen Rusev, PhD

**Project team:**  
Academic staff: Senior Ass. Prof. Ekaterin Minev, PhD, Assoc. Prof. Desislava Atanasova, PhD, Senior Ass. Prof. Sergey Antonov, PhD, Senior Ass. Prof. Galina Atanasova, PhD, Senior Ass. Prof. Metodi Dimitrov, PhD, Senior Ass. Prof. Valentin Velikov, PhD, Senior Ass. Prof. Viktoriya Rashkova, PhD, Assoc. Prof. Dr. Sevdalin Angelov, PhD  
PhD students: Mariya Petrova, Kameliya Dobрева, Ana Kaneva, Kaloia Mironov, Dimitar Kamarinchev  
Students: Andrey Dunitsov, Lyudmila Gocheva, Georgi Georgiev, Stiliya Angelov, Daniel Dimitrov, Plamen Gochev, Teodor Rankov

**Address:** University of Ruse, 8 Studentska Str., 7017, Ruse, Bulgaria  
**Tel.:** 082 – 888 754, E-mail: rir@uni-ruse.bg

**Project objective:**  
To develop a specialised software for mesh generating for infill of 3D objects produced by layer based technologies. The type of meshes have to fulfil variety of requirements of the biodegradable PLA implants according to their applications.

**Main activities:**  
Design of input data for required meshes, design of the interface, determine of required geometry and the set of structures for implants, geometrical representation of the meshes, clarification of the building parameters for creating the objects, investigation of finale accuracy of the structures.

**Main outcomes:**  
The main technological parameters for line thickness have been evaluated. The sequence of the different stages in building of micro structures for biodegradable implants has been determined. The main modules of the system have been designed. A preliminary version of a specialized software system has been developed and experimental studies have been conducted for its validation.

**Publications:**  
One national and one international papers are published. Two other articles are being prepared for publishing.

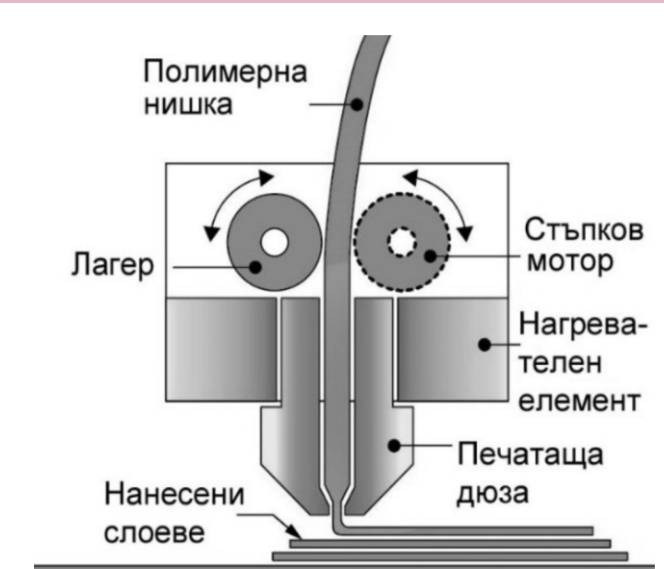


Figura 1. Схема на екструдирани при технологията FDM, използвана в настоящата разработка.

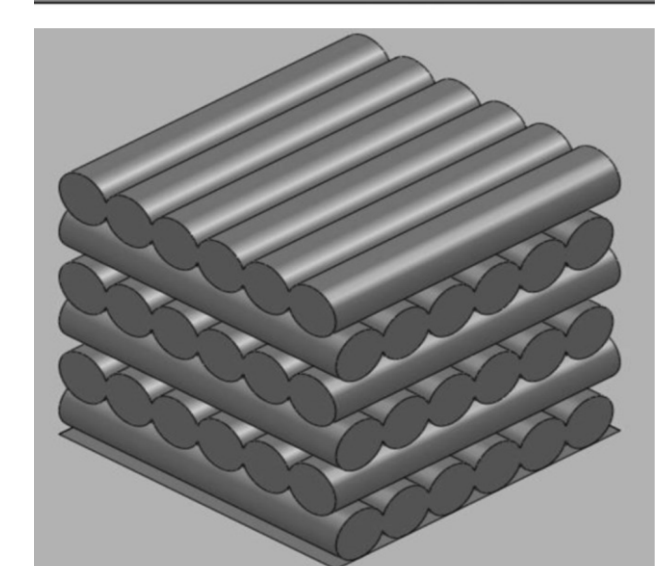


Figura 2. Последователно кръстосване на ивиците на 90° при FDM.

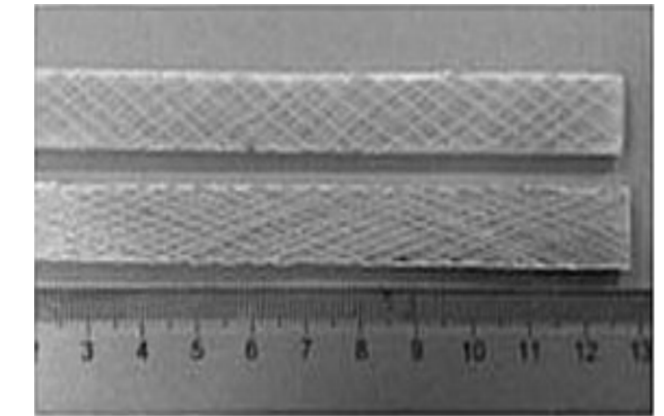


Figura 3. Примерна композиционна структура, отговаряща на изискванията за биологично развитие на биологична тъкан след имплантирането ѝ.

Като перспективен материал особено внимание привлича поли млечната киселина (PLA). Това е биоразградим, биосъвместим и биоактивен термопластичен алифатен полиестер, извлечен от възобновяеми източници като царевично нишесте, ориз, корени от маниока, захарна тръстика и др. Възможно е и подобряването на механичните свойства на PLA чрез добавяне на различни уякчаващи пълнители.

Основно предимство на материала PLA е, че е широко достъпен и удобен за FDM технологията, която е налична в катедра ИИТ.

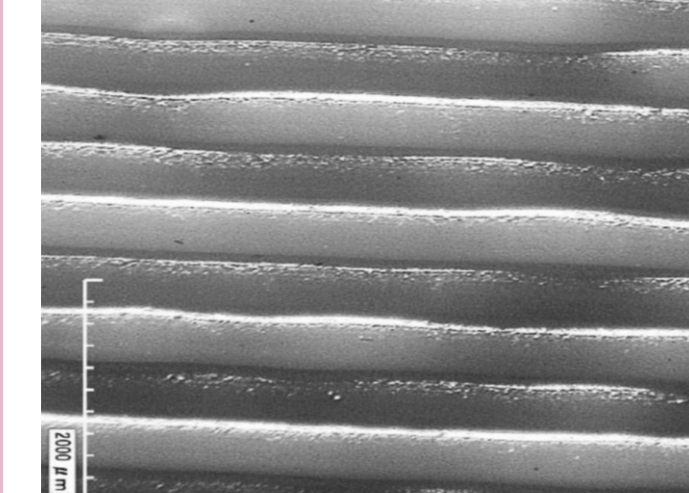


Figura 4. Микро фотография показваща разстояние между ивиците при процеса FDM. Липсата на разстояние между ивиците е нежелано при изграждане на биоразтворими импланти.

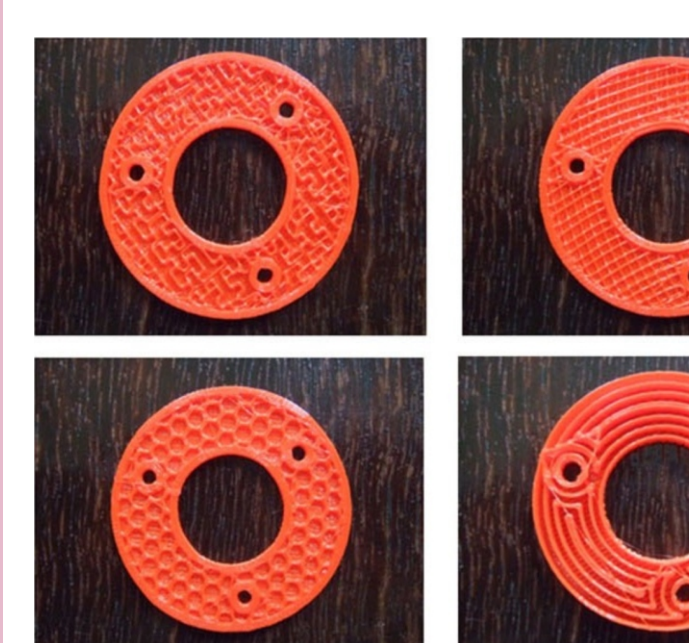


Figura 5. Стандартни структури при запълване на обемни тела. Размерите и вида на шричките са неподходящи за изследваните обекти.

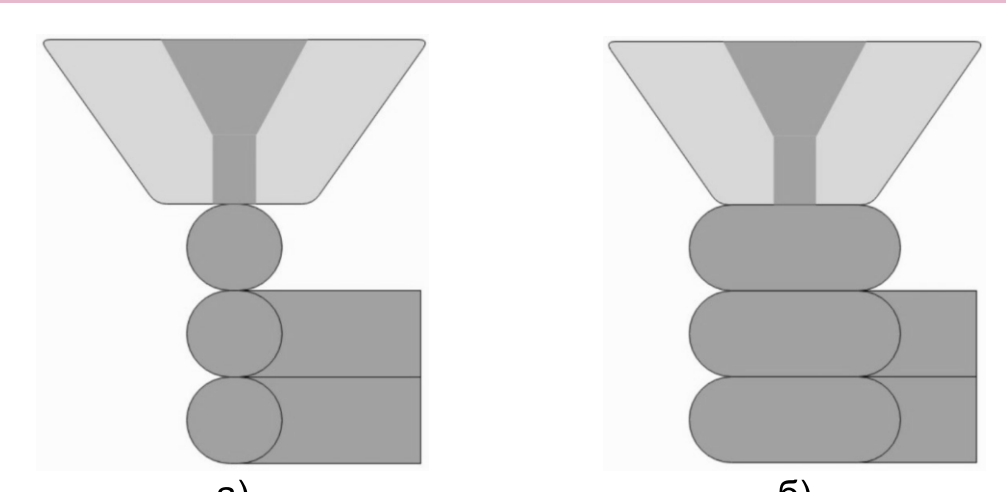


Figura 6. Схематично представяне на минимална - а) и максимална - б) дебелина на получаваната ивица при процеса FDM

P1	P2	P3	P4
0.10	0.10	0.15	0.15
1.4 x 1.1	1.0 x 0.7	1.3 x 1.0	0.8 x 0.6
0.42	0.38	0.59	0.53

Figura 7. Размери на оплитането на нишката при плата за херни.

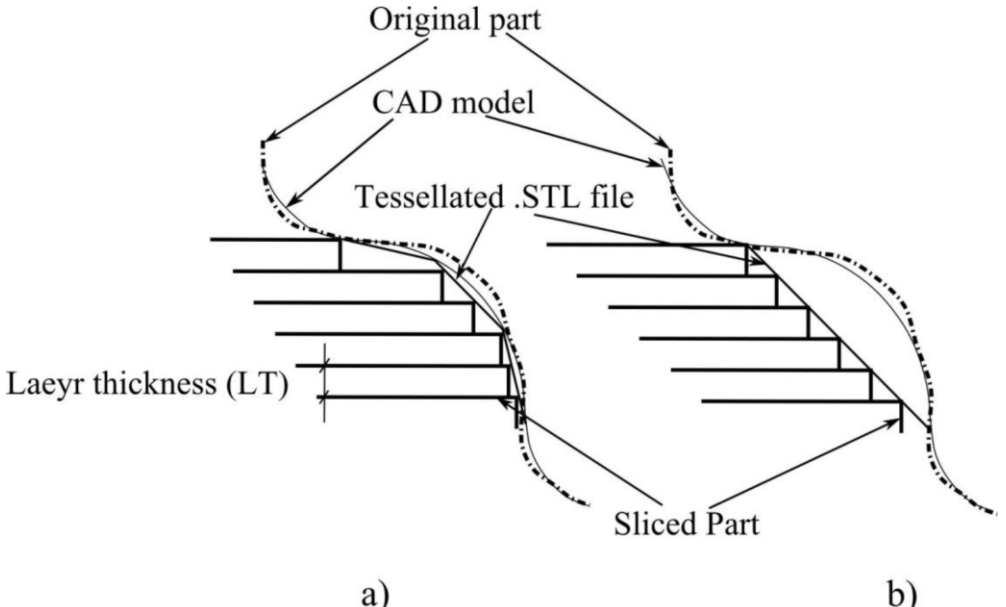


Figura 7. Загуба на точност след CAD моделиране, STL триангулация (tessellation) и нарязване на слоеве в случай на фина (а) и груба (б) теселация

ТАБЛИЧНО, ГРАФИЧНО И 3D ПРЕДСТАВЯНЕ НА РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗМЕРВАНЕ НА ПРОБНИ ТЕЛА

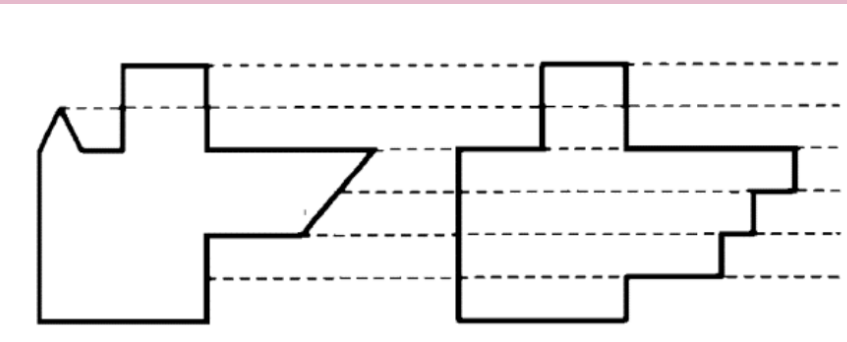


Figura 8. Блок схема на стандартния подход за етапите при 3D принтирането. Поради теселацията и нарязването на слоеве, съществува опасност от опростяване на формата и загуба на микро елементи.

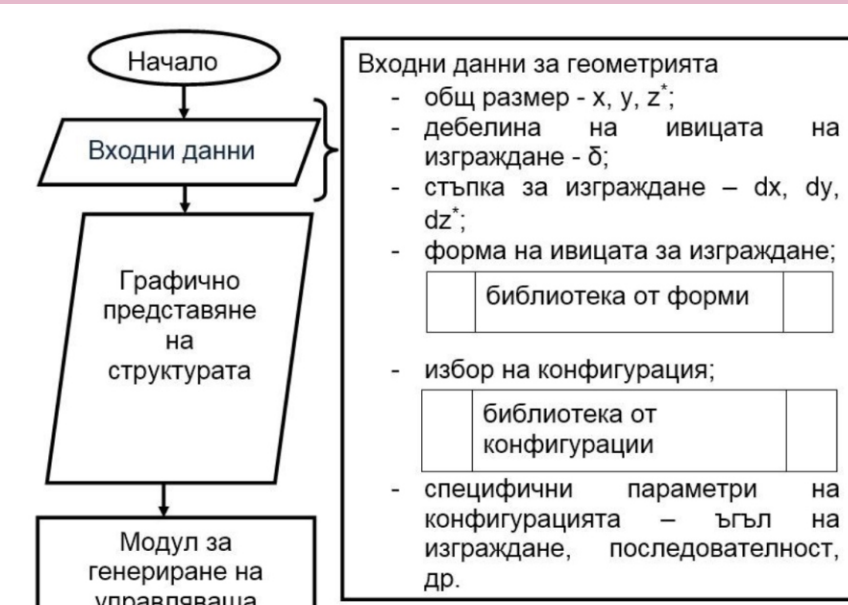


Figura 9. Блок схема на специализираната софтуерна система, в която отделните модули са съобразени със специфичните изисквания на задачата за производство на микро структури със зададени размери.

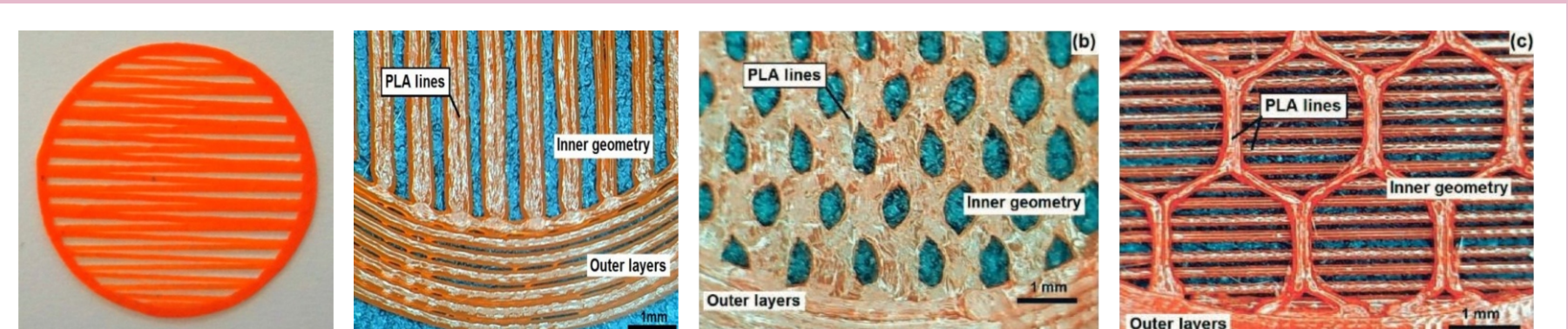


Figura 10. Произведени чрез системата образци за изпитване на биоразградимост и изследване на получаваната точност на микроелементите от структурата.

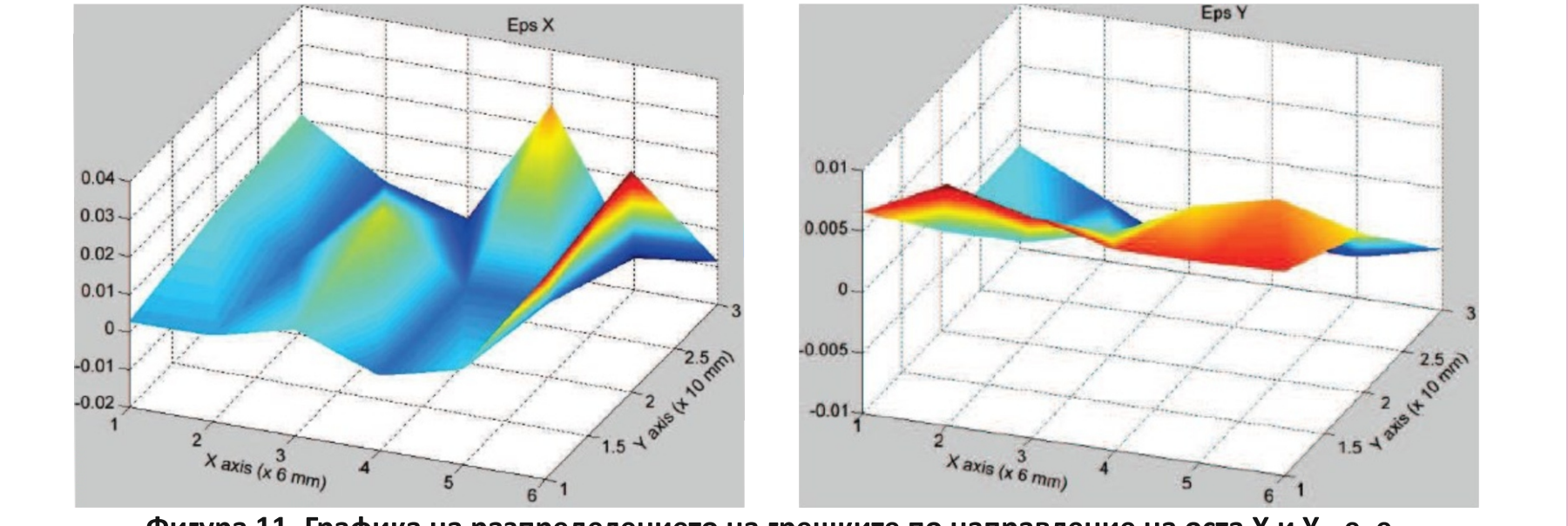


Figura 11. Графика на разпределението на грешките по направление на оста X и Y - e<sub>x</sub>, e<sub>y</sub>.