



DOI: [10.71167/uaceg.2025.580307](https://doi.org/10.71167/uaceg.2025.580307)

Получена: 13.06.2025 г.

Приета: 24.06.2025 г.

## ТРАНСФОРМАЦИЯТА НА ДВУИЗМЕРНА ГРАФИЧНА СИСТЕМА КЪМ ТРИИЗМЕРНА ПРОСТРАНСТВЕНА СТРУКТУРА: ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЛАЗЕРНОТО СКАНИРАНЕ И 3D ПРИНТИРАНЕТО

Д. Недялков<sup>1</sup>

*Ключови думи:* формообразуване, трансформации, лазерно сканиране, 3D принтиране, добавена реалност, виртуална реалност

### РЕЗЮМЕ

Тази статия изследва трансформацията на двуизмерни графични системи в триизмерни пространствени структури и тяхната интеграция в реална среда, като акцентира върху лазерното сканиране и 3D принтирането.

Анализирани са основните принципи на трансформация от 2D към 3D, като се описва процесът в няколко етапа: от извличане на топологични характеристики и дефиниране на „градивна единица“ в двуизмерното пространство, през генерирането на варианти на триизмерни форми чрез прилагане на трансформации в 3D, до интегрирането на финалния модел в реална среда.

В заключение, статията подчертава, че дигиталните технологии са ключови за развитието на тази област, позволявайки безпрецедентна прецизност, ускорен итеративен процес, персонализация и подобрена интеграция между цифровото и физическото пространство.

### 1. Въведение

Преходът от двуизмерни графични системи към триизмерни структури е важен процес, който намира приложение в редица области – изкуство, архитектура, дизайн,

---

<sup>1</sup> Данаил Недялков, доц. д-р арх., кат. „Индустиални сгради“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [dned\\_far@uacg.bg](mailto:dned_far@uacg.bg)

културно наследство, инженерство, образование и други. Настоящото изследване разглежда методите, алгоритмите и технологиите, които подпомагат този преход от двуизмерна графична система към триизмерна пространствена структура, като поставя фокус върху лазерното сканиране [1] и 3D принтирането [2]. В статията се разглеждат материали от конкретни задания за проект, свързан с моделиране на пространствена структура (триизмерна форма), която е генерирана от двуизмерна система (двуизмерен геометричен модел). Анализирани са основните принципи и методи на трансформации от двуизмерна система към триизмерна структура. Проучват се и възможностите за интеграция на абстрактния модел в естествената физическа среда чрез технологиите на добавена [3, 4] и виртуална реалност [5, 6]. Изследвана е ролята на лазерното сканиране и се демонстрира приложението на триизмерното принтиране [7] в контекста на интегриране на триизмерни пространствени структури (абстрактна форма) в конкретна физическа среда [3, 5]. Демонстрират се възможностите за интегриране на абстрактния модел в естествената физическа среда чрез възможностите на добавена и виртуална среда [4, 6].

## 2. Изложение

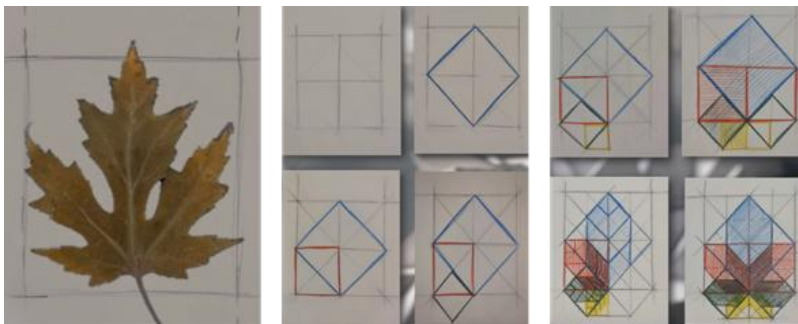
Изследването разглежда методите и технологиите, които позволяват преход от двуизмерни графични системи към триизмерни пространствени структури, използвайки конкретен проект, свързан с моделиране на абстрактна триизмерна форма, генерирана от двуизмерен геометричен модел.

Експериментът по реализация на този преход и интегриране на абстрактния модел (триизмерна пространствена структура) в реална среда включва няколко етапа на развитие:

### 2.1. Първи етап: включва работа в двуизмерното пространство

- извличане на топологични характеристики (определяне на основните линии, контури, симетрии и повтарящи се елементи [8]) от природна форма (лист от растение);
- дефиниране на идеализирана форма („градивна единица“);
- мултиплициране на „градивна единица“;
- трансформиране на „градивна единица“ в границите на естествената форма.

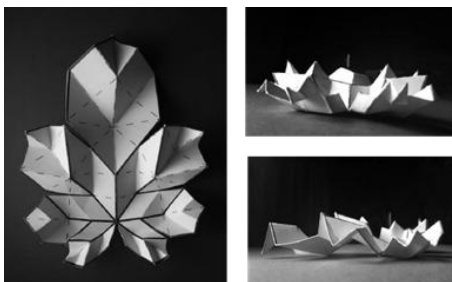
Основните елементи на двуизмерната система (фигура) са връх, ребро, равнина. Към всеки един от основните елементи на „градивната единица“ могат да се приложат основните трансформации в равнината на системата – преместване, завъртане, мащабиране, като под трансформация трябва да се разбира не само създаване на 3D модел от 2D, а и материализиране и осезаемост на абстрактни идеи. Работата в този етап е традиционна – предимно ръчна изработка, но е възможно след генериране на „строгия“ геометричен модел да се използват и компютърни програми за генериране на този двуизмерен модел; възможно е и да се ползват методите на дигиталното сканиране и съответно векторизиране на този модел.



**Фиг. 1. Работен процес по дефиниране на „строга“ фигура (идеализиране) на природна форма. Георги Костадинов 11409**

## **2.2. Втори етап: включва преход от двуизмерна фигура към триизмерна форма**

Тук отново се прилагат основните трансформации (преместване, завъртане, мащабиране) към основните елементи на фигурата (върх, ребро, равнина), но в триизмерното пространство. Вариантите за междинен резултат нарастват поради възможността за прилагане на трансформации и по трета ос. Резултатите са в триизмерното пространство и позволяват различен поглед към формата като преход към третия етап на експеримента – интегриране на модела в реална среда.

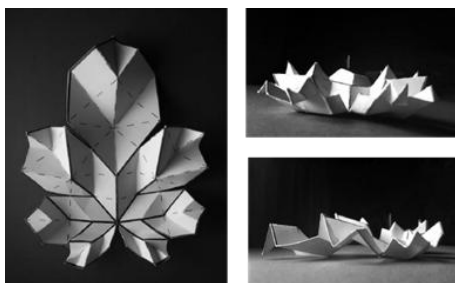


**Фиг. 2. Работен процес по генериране на варианти на преход от двуизмерна система към триизмерна структура. Георги Костадинов 11409**

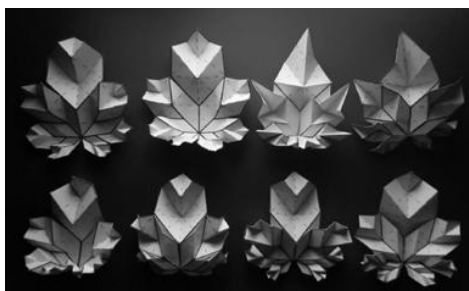
Моделите на триизмерни пространствени структури могат да се генерират по няколко метода, при които се използват различни материали и се получават различни визии на проекта – плътен, плоскостен или скелетен:

- чрез „телен модел“ (скелетен), изграден от върхове и ръбове, без повърхнини между тях; материал – конци, тел и др.;
- чрез метод с използване на плоскостни елементи, материал – хартия, мукава, картон, ламарина;
- чрез адитивен метод на изграждане (добавяне), материал – пластилин, гипс и др.;
- чрез субтрактивен метод на изграждане (изваждане), материал – стиропор, пластилин;

- чрез 3D принтиране на базата на дигитален модел, материал – различни видове пластмаса, смоли, метали, керамика, хартия и др. [9].



**Фиг. 3. Работен процес по генериране на варианти на преход от двуизмерна система към триизмерна структура. Георги Костадинов 11409**



**Фиг. 4. Работен процес по генериране на варианти на преход от двуизмерна система към триизмерна структура. Техника с плоскостни елементи. Георги Костадинов 11409**

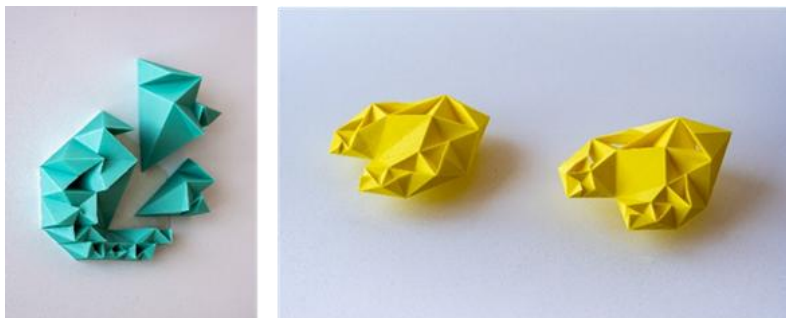
Възможни са и смесени техники на изработка на модела. Както и в първи етап традиционният начин е ръчна изработка на модела. Показан е пример с прилагане на метод с отнемане на обем.



**Фиг. 5. Работен процес по генериране на варианти на преход от двуизмерна система към триизмерна структура. Техника със субтрактивен метод на изграждане, чрез отнемане. Георги Костадинов 11409**

Важна роля оказва използването на лазерното сканиране [10] при необходимостта от подробна редакция на тази форма. Техниката на сканиране и обработване на „облака от точки“ изисква определени специализирани познания за ползване на инструментариума за получаване на „чист“ модел без паразитни разсейки [1]. Чрез лазерното сканиране се

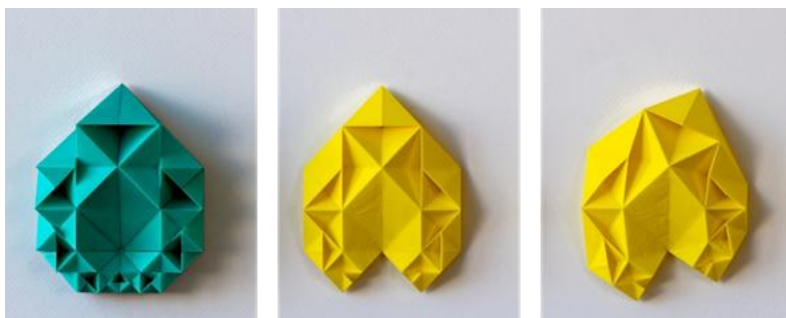
генерира „облак от точки“, който с конкретни програмни продукти може да се адаптира към цифров модел с възможност за прецизна редакция [11]. Програмните продукти за дигитализация са фирмени към конкретния уред – лазерен скенер. След първичната обработка във фирмения софтуер „облакът от точки“ или генерираният от него модел може да се експортира в стандартни формати (напр. \*.obj, \*.stl, \*.ply), които след това могат да се обработват в универсални 3D програмни продукти като Blender, Rhino, SketchUp, 3ds Max, Fusion 360, SolidWorks и други, които позволяват много възможности за редакция на дигиталната форма [12]. Този вид обработка на „облака от точки“ дава възможност и за използване на 3D принтирането като метод на представяне и получаване на междинни или крайни резултати от трансформациите.



**Фиг. 6. Работен процес по генериране на варианти „градивен елемент“.**  
Техника чрез 3D принтиране. Георги Костадинов 11409

Тук е уместно да се изтъкнат и предимствата на 3D принтирането пред изброените традиционни методи:

- прецизност и комплексност: възможност за създаване на много сложни геометрии, които са трудни или невъзможни за изработка по традиционни методи.
- скорост на прототипиране: бързо превръщане на дигитален модел във физически обект.
- персонализация: лесно модифициране и принтиране на варианти.
- минимизиране на отпадъци (при някои технологии).



**Фиг. 7. Работен процес по модифициране на триизмерна структура.**  
Техника чрез 3D принтиране. Георги Костадинов 11409

### **2.3. Трети етап: включва интегриране на абстрактния модел (триизмерна пространствена структура) в реална среда**

При реализацията на този етап е необходимо да се уточни как може да се представи във визуализациите реалната среда. Възможно е разделяне на средата на статична и динамична. Пример за статично представена реална среда е класическият метод на фотомонтаж. Друг пример на статично представяне е изработване на макет на средата и интегриране на триизмерния модел. Тук отново може да се ползват големите възможности на 3D принтирането.

Динамично представената реална среда използва дигиталните реалности – „добавена“ реалност и „виртуална“ реалност. За генериране на „виртуална“ реалност отново може да се използва методът на лазерното сканиране на реалната среда и съответно получаване на „виртуална“ реалност, в която можем да интегрираме дигиталния модел [12, 13]. Друг вариант за получаване на виртуална среда е изграждането на модел на реалната среда в дигиталното пространство със съответен софтуерен продукт, както споменатите по-горе.



**Фиг. 8. Работен процес по интегриране във виртуална реалност. Момчил Недялков**



**Фиг. 9. Работен процес по интегриране във виртуална реалност – трансформации. Момчил Недялков**

За разлика от виртуалната реалност, при добавената няма необходимост от изграждане на дигитален двойник [14] на реалната среда. С помощта на камера или други специализирани средства, като очила и други, към реалната среда, която наблюдаваме, се добавя дигиталният модел.

### 3. Заключение

Трансформацията от двуизмерни графични системи към триизмерни пространствени структури, осъществявана чрез лазерното сканиране и 3D принтиране, представлява революционен скок в начина, по който визуализираме, създаваме и взаимодействаме с материалния свят. Както бе демонстрирано, чрез преобразуването на абстрактна двуизмерна геометрия, тези технологии преодоляват фундаменталното ограничение на плоските изображения, като позволяват материализацията на дигитални идеи във физически обекти, които могат да бъдат интегрирани безпроблемно в реална среда.

Ключови ползи и изводи от приложението на тези технологии:

- Безпрецедентна прецизност и комплексност. Лазерното сканиране улавя най-фините детайли на съществуващи обекти или среди, докато 3D принтирането дава възможност за възпроизвеждане на изключително сложни и органични форми, които са трудни или невъзможни за постигане с традиционни методи. Това отваря врати за иновации в дизайна, инженерството и изкуството.
- Ускорен итеративен процес. Възможността бързо да се преминава от 2D концепция към 3D модел и след това към физически прототип чрез 3D принтиране значително съкращава цикъла на проектиране и разработка. Това е от съществено значение за бързото прототипиране в промишлеността, персонализираното производство и експериментирането в творческите сфери.
- Персонализация и адаптивност. Технологиите позволяват лесна модификация и персонализация на 3D моделите, което е от решаващо значение за създаването на индивидуални решения – от медицински протези до персонализирани архитектурни елементи, адаптирани към специфични нужди и среда.
- Подобрена интеграция с реалната среда. Чрез комбинирането на 3D сканиране на съществуващи пространства с физически 3D принтирани обекти, както и с виртуална и добавена реалност, се постига по-дълбока и интуитивна интеграция. Това позволява визуализация на бъдещи структури в техния реален контекст, предизвиквайки нови взаимодействия между цифровото и физическото пространство.

Бъдещото приложение на тези технологии обещава да бъде още по-широко и задълбочено. Очаква се напредъкът в материалознанието да разшири обхвата на принтируемите материали, включително биосъвместими и „умни“ материали. Подобрените софтуерни инструменти ще направят процесите още по-интуитивни и автоматизирани. Интеграцията с изкуствен интелект и машинно обучение ще позволи генерирането на още по-сложни и оптимизирани структури, докато облачните платформи ще демократизират достъпа до тези мощни инструменти.

В заключение, лазерното сканиране и 3D принтирането не са просто инструменти, а катализатори за трансформация. Те ни позволяват да видим, създадем и изпитаме света по нови начини, превръщайки двумерните представи в осезаеми, динамични триизмерни реалности и проправяйки пътя за бъдещи иновации във всяка област на човешкото творчество и наука.

## Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка по договор № БН-295/2024 с тема „Формообразуващи принципи при трансформацията на двуизмерни графични системи в триизмерни пространствени структури. Ролята на съвременните технологии за сканиране и 3D принтиране“ е подкрепена финансово от Центъра за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Antova, G.* SIMbioza ot tochki. University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia, 2022.

2. *Ivanova, S., Zaharieva, R.* (2017). Osnovni tehnologichni parametri pri 3D-pechata s kompoziti na tsimentova osnova. UASG, 213 – 220. <https://eclipse.uacg.bg/catalog/view/BGY7KF4Z5Q>.

3 *Minaee, Sh., Liang, X., Yan, Sh.* Modern Augmented Reality: Applications, Trends, and Future Directions. arXiv preprint arXiv:2202.09450, 2022. arxiv.org. <https://arxiv.org/pdf/2202.09450>.

4 *Thompson, Al.* Augmented Reality: Advancements, Challenges and Future Prospects. Research and Reviews. Journal of Global Research in Computer Sciences. e-ISSN: 2229-371X. GRCS, Volume 14, Issue 4, December, 2023. [https://www.rroj.com/open-access/augmented-reality-advancements-challenges-and-future-prospects.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.rroj.com/open-access/augmented-reality-advancements-challenges-and-future-prospects.pdf?utm_source=chatgpt.com).

5 *Craig, D. C., Kay, R.* A Systematic Overview of Reviews of the Use of Immersive Virtual Reality in Higher Education. 2023, Volume 13, Issue 2, Pages 42 – 60. DOI: 10.18870/hlrc.v13i2.1430. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1414781.pdf>.

6 *Orhak, S., Çağiltay, K.* Unlocking the Potential of Virtual Reality in Education: Insights from Teachers and Recommendations for Integration. // Journal of Educational Technology& Online Learning Volume 7, Issue 2, 2024, DOI: <http://doi.org/10.31681/jetol.1419279>, <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1431071.pdf>.

7. *Berman, B.* 3-D printing: The new industrial revolution. Bus. Horiz., vol. 55, no. 2, pp. 155 – 162, Mar. 2012, DOI: 10.1016/j.bushor.2011.11.003. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007681311001790>.

8 *Mitkova, E.* Form Building and Tectonics Design Elements of Architectural Space. [https://e-university.tu-sofia.bg/e-publ/files/2585\\_BJED-0030%282016%29.pdf](https://e-university.tu-sofia.bg/e-publ/files/2585_BJED-0030%282016%29.pdf).

9 *Shahrubudin, N., Lee, T., Ramlan, R.* (2019). An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications. Procedia Manufacturing, 35, 2019, p. 1286 – 1296. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919308169?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919308169?utm_source=chatgpt.com).

10. *Antova, G., Kunchev, Iv., Mickrenska-Cherneva, Ch.* Point clouds in BIM. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, vol. 44, no. 4, p. 042034, 2016, DOI: 10.1088/1755-1315/44/4/042034.

11. *Simeonova, G., Antova, G.* Nazemno lazerno skanirane – predizvikatelstva i vazmozhnosti pri sazdavane na trimeren model na sgradi. // Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i geodezia, Sofia.

12. Kolarevic, B. Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing. New York: Spon Press. 2005. <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9780203634561/architecture-digital-age-branko-kolarevic>.

13. Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S. Close-Range Photogrammetry: Principles, Techniques and Applications. 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2019. [https://www.researchgate.net/publication/237045019\\_Close\\_Range\\_Photogrammetry\\_Principles\\_Techniques\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/237045019_Close_Range_Photogrammetry_Principles_Techniques_and_Applications).

14. Opoku, D., Perera, S., Osei-Kyei, R., Rashidi, M. Digital twin application in the construction industry: A literature review, Journal of Building Engineering, Volume 40, August 2021, 102726 <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102726>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221005842>.

## THE TRANSFORMATION OF A TWO-DIMENSIONAL GRAPHICS SYSTEM TO A THREE-DIMENSIONAL SPATIAL STRUCTURE: HOW DIGITAL SCANNING AND 3D PRINTING ARE CHANGING THE CREATION OF SPATIAL STRUCTURES

D. Nedyalkov<sup>1</sup>

**Keywords:** *shaping, transformations, digital scanning, 3D printing, augmented reality, virtual reality*

### ABSTRACT

The paper explores the transformation of two-dimensional graphic systems into three-dimensional spatial structures and their integration into a real environment, focusing on digital scanning and 3D printing. The basic principles of 2D to 3D transformation are analyzed, describing the process in several stages: from extracting topological features and defining a “building block” in two-dimensional space, through the generation of three-dimensional shape variants by applying 3D transformations, to the integration of the final model into a real environment. In conclusion, the article emphasizes that digital technologies are key to the development of this field, allowing unprecedented precision, accelerated iterative process, personalization and improved integration between the digital and the physical.

---

<sup>1</sup> Danail Nedyalkov, Assoc. Prof. Dr. Arch., Dept. “Industrial Buildings”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: [dned\\_far@uacg.bg](mailto:dned_far@uacg.bg)