УДК 004.9

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ СЕРЕДОВИЩА З ФУНКЦІЄЮ РЕАЛІСТИЧНОСТІ В BLENDER 3D

Аушева Н.М., д-р. техн. наук,
nataauscheva@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0816-2971,
Сидоренко Ю.В., канд. техн. наук,
suliko3@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1953-0410,
Дзюба Д. В.,
danilpuskin791@gmail.com, ORCID: 0009-0002-5384-8083,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)
Янковська Л.Є., канд. техн. наук,
larisa.yankovsky@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0358-0998,
Український державний університет науки і технологій, Навчально-науковий інститут "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури"

Розвиток комп'ютерних технологій дозволяє дизайнерам активніше експериментувати та проектувати навколишнє середовище. Комп'ютерні моделі навколишнього середовища використовуються для комп'ютерних ігор, тренажерів, в кінематографії та мультиплікації. Синтезовані зображення для навчання нейронних мереж наразі є дуже перспективним напрямком досліджень. Окрім цього комп'ютерну графіку широко використовують дизайнери. Реалістичні зображення допомагають зрозуміти просторові співвідношення та взаємодію різних елементів середовища, аналізувати ефективність використання простору, оптимізувати розташування елементів для максимального комфорту та функціональності, фотореалістична візуалізація дозволяє дизайнерам краще реалізовувати свої ідеї та забезпечувати високий рівень задоволення клієнтів. Таким чином, підвищення реалістичності моделей навколишнього середовища є актуальною задачею.

В статті наводиться аналіз рішень, що використовуються для синтезу реалістичних сцен та введення елементів рандомізації на різних етапах моделювання. Авторами пропонується автоматизувати процес моделювання 3D об'єктів для підвищення реалістичності сцен. Для цього вводиться випадкова складова, що дозволяє коригувати позицію елементів складеного об'єкта на основі евклідових перетворень. Для дизайнерських проєктів важливою функцією є збереження пропорцій при зміні масштабу у вибраних межах. Користувачі мають можливість встановлювати діапазони змін рандомізованих параметрів. Для контролю за позицією елементів та їх деформації запропоновано зміщувати центр ваги

габаритної оболонки, та виділити основні позиції для автоматизованої рандомізації: верхню, центральну та нижню.

Розроблено програмне забезпечення та проведено його тестування з різними параметрами налаштування для обраних об'єктів, що дозволяє підвищити реалістичність середовища та зменшити час на коригування об'єктів сцени.

Ключові слова: тривимірна складна модель, рандомізація положення елементів, евклідові перетворення, об'ємно-просторове конструювання, візуалізація, центр ваги габаритної оболонки.

Постановка проблеми. Проблематика роботи полягає в тому, що в сучасній проєктній культурі чітко визначилась тенденція переходу від масового виробництва до випуску серій товарів для конкретної, заздалегідь зазначеної цільової аудиторії, а також унікальних виробів. Парадігма постмодернізму, з його полістилістикою і небаченим розширенням меж дизайнерської творчості, поставила на перше місце дизайнера з його правом на своєрідність та індивідуальність, правом на активне експериментування в галузі формотворення. Новітні технології дозволяють не тільки створювати дійсно нові речі, а й проектувати саме середовище, спосіб життя. Предметний світ, що оточує людину, стає засобом активного самовираження в її прагненні до затвердження власної неповторної індивідуальності. Рівень професіоналізму дизайнера визначається сьогодні його вмінням вирішувати різноманітні візуально-значущі завдання, розвиненою композиційною майстерністю в організації ритмічних, пластичних, тонально-колористичних властивостей форми, здатністю до об'ємно-просторового конструювання та образного вираження, знанням матеріалу, сучасних технологій та ін. Потужним інструментом для вирішення таких складних завдань є засоби комп'ютерної графіки, вдосконалення яких та їх відповідність потребам сьогодення є актуальним питанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Авторами роботи [1] представлено підхід до синтезу фотореалістичних зображень 3D-моделей об'єктів, що використовуються для навчання згорткової нейронної мережі. Для підвищення реалістичності застосовувалось фізичне моделювання та рандомізоване розміщення 3D об'єктів, хоча самі області розміщення обиралися вручну. В роботі [2] було запропоновано використовувати процедурне моделювання для створення сцен у містах для задач комп'ютерного зору. Будинки, дороги та загальний план міста генеруються процедурно, 3D моделі машин, пішоходів, зелених насаджень та інш. обиралися випадковим чином з бази даних. Була виконана рандомізація параметрів для автомобілів: тип, кількість, розміщення у сцені, колір. Автором роботи [3] пропонується спеціальний модульний конвеєр для створення 3D-сцен з відкритим кодом. Модулі дозволяють генерувати позиції розташування моделей з перевіркою близькості розташування. В

статті [4] досліджується проблема автоматичного розміщення меблів в інтер’єрах, при цьому використовуються прості статичні відношення між об’єктами. У роботі [5] будується імовірнісна модель над тривимірними планами і геометрією кімнат, включаючи просторові зв'язки між об'єктами. На основі графів зв’язків між об’єктами автори роботи [6] надають макети для синтезу сцен на основі позиції і напрямку руху людей на кожному плані. В роботі [7] пропонується метод автоматичної генерації макетів меблів для інтер'єрів приміщень.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є створення програмного забезпечення для підвищення реалістичності моделей об’єктів середовища шляхом рандомізації положення складових частин.

Основна частина. Нові технології та інтерактивні графічні системи дозволяють дизайнерам створювати складні проєкти з високим ступенем реалістичності, чого зазвичай вимагають клієнти для оцінки якості прийнятих рішень. Однією із сфер застосування комп’ютерної графіки є створення фотореалістичних візуалізацій. Blender 3D є відкритим програмним забезпеченням для створення тривимірної графіки, анімації і рендерингу та надає можливості для створення візуальних ефектів, що робить його зручним при створенні моделей об’єктів для закритих, напіввідкритих та відкритих просторів. Для розробки плагіну використовується мова програмування Python та Blender API.

При створенні моделей зі складною метро-ритмічною композиційною структурою не можливо використовувати сучасні методи генерації на основі штучного інтелекту або автоматичні методи, тому що необхідно мати високу ступінь контроля над результатом, що буде згенерований. Для створення природнього вигляду сцен вводиться випадкова складова, яка дозволяє коригувати позицію елементів складеного тривимірного об’єкта, що розпадається на переміщення та обертання у тривимірному просторі:

$$\mathbf{X} \times \mathbf{T} = \mathbf{X} \times \mathbf{T_1} \times \mathbf{T_2} \times \mathbf{T_3} \ldots,$$

де $\mathbf{T_i}$ – довільні комбінації матриць евклідових перетворень:

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ m & n & l & 1 \end{bmatrix}, \ \mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\psi & \sin\psi & 0 \\ 0 & -\sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \ \mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos\phi & 0 & -\sin\phi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\phi & 0 & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

($m+\Delta m$, $n+\Delta n$, $l+\Delta l$) – вектор зсуву; $\Theta = \Theta + \Delta\Theta$, $\psi = \psi + \Delta\psi$, $\phi = \phi + \Delta\phi$ – кути обертання; Δm, Δn, Δl, $\Delta\Theta$, $\Delta\psi$, $\Delta\phi$ – рандомізовані складові.

Для архітектурних та дизайнерських проектів важливою функцією при зміні масштабу елементів у обраних межах є урахування збереження пропорцій. Для цього вводиться для користувача додатковий перелік діапазонів параметрів в межах яких буде генеруватися випадкове значення.

Удосконалення функції генерування випадкових положень елементів об’єктів у тривимірному просторі складається з можливості обирання точок для зміщення центру об’єкту, відносно якого будуть відбуватися трансформації, які вважаються центрами ваг габаритної оболонки: верхню, центральну та нижню, що дозволяє зробити рандомізовану деформацію різних елементів інтер’єру. Центрування ваги габаритної оболонки застосовується для об’єктів для яких необхідно застосовувати балансування. Нижнє положення ваги оболонки дозволяє розташовувати тривимірні об’єкти на «підлозі». Зміщення положення ваги оболонки у верхнє положення дозволяє коректне розташування об’єктів відносно «стелі» або інших верхніх елементів.

На першому етапі будуємо модель, що складається з базових повторюваних елементів (рис.1).

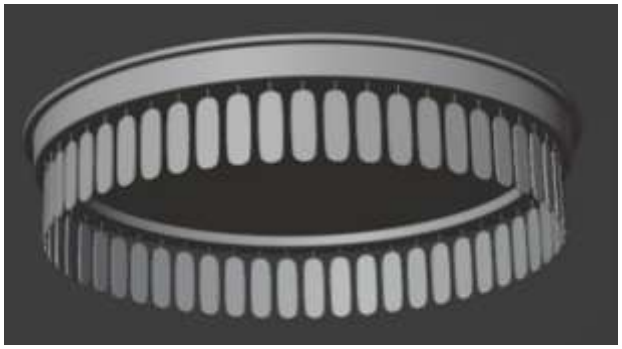


Рис.1. Модель люстри

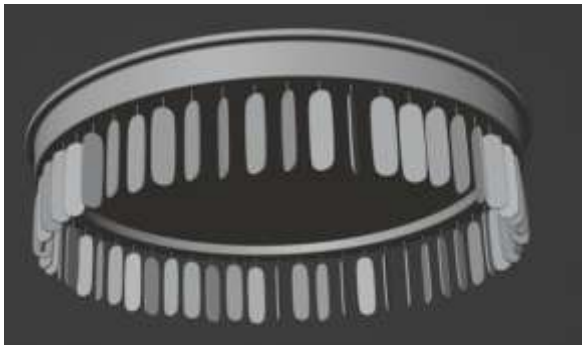


Рис.2. Модель люстри після генерації

Після цього користувач може активувати декілька можливостей для трансформацій: збереження пропорцій масштабування, одночасне обертання навколо всіх осей, одночасне переміщення вздовж всіх осей, діапазони для генерації випадкових значень для всіх відповідних перетворень. В результаті користувач одержує зображення об’єкту з рандомінізованим положенням окремих елементів (рис.2). В даному випадку виконується формування положення елементів люстри на основі застосування для кожного елементу обертання навколо своєї осі.

Один з етапів – це корегування центру ваги габаритної оболонки, який дозволяє урізноманітнити розташування частин тривимірної моделі (рис. 3).

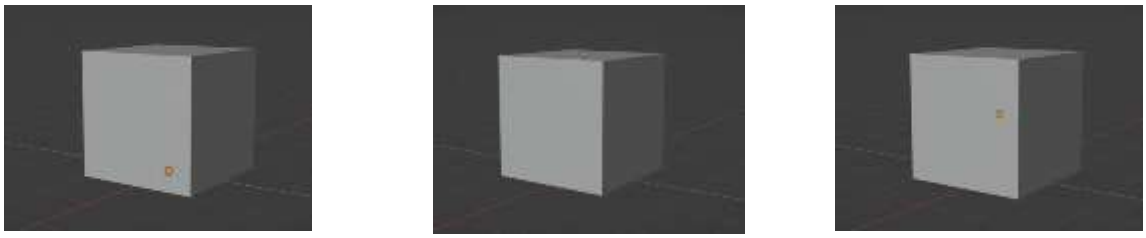
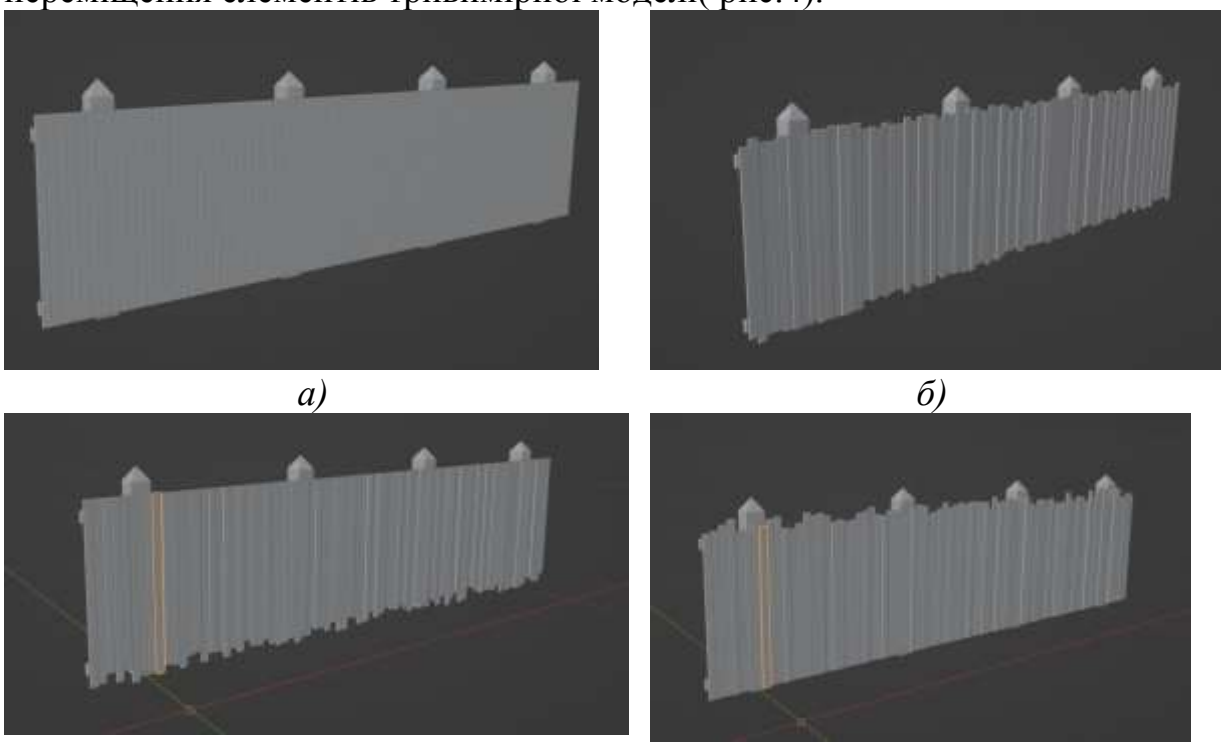


Рис.3. Встановлення центру ваги габаритної оболонки об’єкту

Після вибору центра ваги дизайн нашої моделі може суттєво змінитися. Було здійснено порівняння впливу центру ваги для випадкового переміщення елементів тривимірної моделі(рис.4).



а) *б)*

в) *г)*

Рис.4. Модель огорожі: а) початкова модель; б) модель з центром ваги усередині моделі; в) модель з центром ваги зверху моделі; г) модель з центром ваги знизу моделі

Висновки. На основі аналізу існуючих технологій та методів створення середовища було обґрунтовано використання методу рандомізації для покращення реалістичності тривимірних моделей. Було запропоновано проводити зміни положення елементів об’єктів на основі корегування центру ваги габаритної оболонки. Проведено тестування розробленого програмного забезпечення на складених моделях.

Література

1. Hodaň, T., Vineet, V., Gal, R., Shalev, E., Hanzelka, J., Connell, T., Urbina, P., Sinha, S.N. and Guenter, B. Photorealistic image synthesis for object instance detection // arXiv preprint arXiv:1902.03334. 2019.

2. Tsirikoglou, A., Kronander, J., Wrenninge, M. and Unger, J. Procedural Modeling and Physically Based Rendering for Synthetic Data Generation in Automotive Applications / arXiv preprint arXiv:1710.06270. 2017.
3. Denninger, M. et al. BlenderProc / arXiv preprint arXiv:1911.01911. 2019.
4. Campbell M. I., Koenig R., Knecht K. Comparing two evolutionary algorithm based methods for layout generation: Dense packing versus subdivision. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*. 2014. Т. 28. №. 3. С. 285-299.
5. Henderson P., Ferrari V. A generative model of 3d object layouts in apartments /arXiv preprint arXiv: 1711.10939. 2017.
6. Fu Q. et al. Adaptive synthesis of indoor scenes via activity-associated object relation graphs. *ACM Transactions on Graphics.2017*.Т.36. №. 6. С. 1-13.
7. Henderson P., Subr K., Ferrari V. Automatic Generation of Constrained Furniture Layouts / arXiv preprint arXiv:1711.10939. 2017.

AUTOMATION OF THE MODELING PROCESS OF COMPLEX ENVIRONMENTAL OBJECTS WITH THE FUNCTION OF REALISM IN BLENDER 3D

Natalia Ausheva, Iuliia Sydorenko, Danil Dziuba, Larysa Yankovska

The development of computer technology allows designers to experiment and design the environment more actively. Computer models of the environment are used for computer games, simulators, cinematography and animation. Synthesized images for training neural networks are currently a very promising area of research. Besides, computer graphics are widely used by designers. Realistic images help to understand the spatial relationships and interaction of various elements of the environment, analyze the efficiency of space use, optimize the arrangement of elements for maximum comfort and functionality, and photorealistic visualization allows designers to better realize their ideas and ensure a high level of customer satisfaction. Thus, improving the realism of environmental models is an urgent task.

The article analyzes the solutions used to synthesize realistic scenes and introduce randomization elements at different stages of modeling. The authors propose to automate the process of modeling 3D objects to increase the realism of scenes. To do this, a random component is introduced that allows you to adjust the position of the elements of a composite object based on Euclidean transformations. For design projects, an important function is to preserve

proportions when changing the scale within the selected range. Users have the ability to set ranges of change for randomized parameters. To control the position of the elements and their deformation, it is proposed to shift the center of gravity of the dimensional shell, and to identify the main positions for automated randomization: top, center, and bottom.

The software has been developed and tested with different settings for the selected objects, which allows to increase the realism of the environment and reduce the time for adjusting the scene objects.

Keywords: three-dimensional complex model, randomization of the position of elements, Euclidean transformations, three-dimensional design, visualization, center of gravity of the overall shell.

References

1. Hodaň, T., Vineet, V., Gal, R., Shalev, E., Hanzelka, J., Connell, T., Urbina, P., Sinha, S.N. and Guenter, B. Photorealistic image synthesis for object instance detection // arXiv preprint arXiv:1902.03334. 2019.
2. Tsirikoglou, A., Kronander, J., Wrenninge, M. and Unger, J. Procedural Modeling and Physically Based Rendering for Synthetic Data Generation in Automotive Applications / arXiv preprint arXiv:1710.06270. 2017.
3. Denninger, M. et al. BlenderProc / arXiv preprint arXiv:1911.01911. 2019.
4. Campbell M. I., Koenig R., Knecht K. Comparing two evolutionary algorithm based methods for layout generation: Dense packing versus subdivision. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*. 2014. Т. 28. №. 3. С. 285-299.
5. Henderson P., Ferrari V. A generative model of 3d object layouts in apartments /arXiv preprint arXiv: 1711.10939. 2017.
6. Fu Q. et al. Adaptive synthesis of indoor scenes via activity-associated object relation graphs. *ACM Transactions on Graphics.2017*.Т.36. №. 6. С. 1-13.
7. Henderson P., Subr K., Ferrari V. Automatic Generation of Constrained Furniture Layouts / arXiv preprint arXiv:1711.10939. 2017.