

## АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПАНОРАМНИХ РЕЛЬЄФІВ З ПОЗИЦІЙ ФОРМУВАННЯ СВІТЛОВИХ ПРОСТОРОВИХ ЕФЕКТІВ ЗАСОБАМИ LED-ТЕХНОЛОГІЙ

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
Україна*

*З'ясовано діапазони основних функцій LED-технологій. Розглянуто можливості об'ємно-графічного моделювання. Наведено конструктивні елементи побудови рельєфів. Визначено показники прямих та обернених перетворень панорамних рельєфів.*

**Постановка проблеми.** Сучасні засоби формування предметно-просторового середовища передбачають використання LED-технологій (LED – Lighting Emitted Diode, тобто, – світло випромінюючий діод), які розробляються і впроваджуються фахівцями багатьох розвинених країн світу. Енергозбереження при застосуванні LED-джерел складає 80 % у порівнянні зі звичайними джерелами світла. Відомо [1], що світлодіоди з однаковими параметрами при різних методах їх застосування можуть створювати широкий спектр дизайнерських рішень інтер'єрного середовища (наприклад, формувати застережне, декоративне або динамічне освітлення). Тому доцільними є дослідження зв'язку між світловими характеристиками LED, композиційною структурою предметно-просторового середовища і візуальним сприйняттям людиною сформованого при цій взаємодії світлового простору. Завдяки особливостям характеристик LED-світла стають більш ефективними аналіз і використання графічних характеристик панорамних рельєфів. Графічні зображення можуть бути представлені по-різному в залежності від характеру передачі просторових форм і від способу їх графічного виконання. Встановлення того чи іншого коду – проекційного апарата [2] – дозволяє одержати певний вид проекційних зображень як на поверхнях простору (на картинах), так і на шарах простору (на рельєфах). Специфіка рельєфних зображень полягає в тому, що просторові об'єкти відображуються знову ж таки в просторі, хоча й зі зміною відносних розмірів. Показники цієї зміни проявляють себе і в прямих, і в обернених перетвореннях панорамних рельєфів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Візуальне сприйняття рельєфу об'єкта за допомогою світла [3] побудоване на тому, що розрізнення контурів і нерівностей однокольорової поверхні стає можливим лише в результаті неоднакової яскравості. Тому досягнення названого ефекту базується на зміні яскравості за певним ритмом. Ця зміна проявляється, перш за все, у так званій "хвилястості яскравості". Монотонна поверхня, завдяки різким градаціям яскравості сусідніх

ділянок, здається горбистою. Особливо сильно це проявляється на ребристому чи балочному перекритті, що має нерівномірну яскравість. Таку ж ілюзію за допомогою LED-технологій можна створити одночасним освітленням об'єкта, на якому повинен бути рельєф, кількома джерелами світла (рис. 1) різних кольорів. Ступінь отриманого "рельєфу" залежить від інтенсивності світла і кольорового оточення освітлюваного об'єкта.

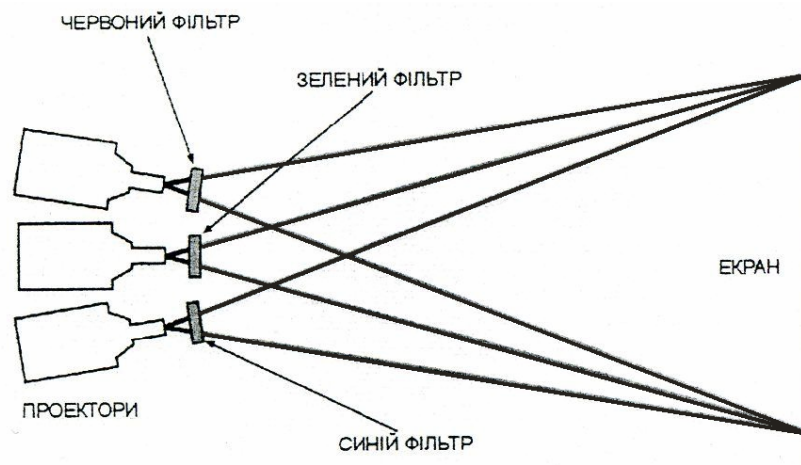


Рис. 1. Схема одночасного освітлення об'єкта кількома LED-джерелами

Що ж торкається геометричного формування рельєфів, то воно потребує достатньої розробки моделей прямих та обернених перетворень простору. Відомо, що обернені задачі мають деякі неприємні (з математичної точки зору) особливості [4]. По-перше, вони, як правило, нелінійні. По-друге, розв'язки обернених задач неєдинісні. По-третє, обернені задачі не є коректними. В них відсутня неперервна залежність від вихідних даних (у порівнянні з прямими задачами). За таких умов на перший план при розв'язанні як прямих, так і обернених задач виходять способи математичної обробки заданої інформації.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Виявити особливості формування рельєфів з позицій світлових можливостей LED-технологій. Показати характер вихідної інформації для прямих та обернених перетворень простору. Надати показники перетворень для кожного з типів панорамних рельєфів.

**Основна частина.** Рельєфні наочні зображення, що пов'язані з геометричними перетвореннями тривимірного простору, повинні забезпечуватися відповідними алгоритмами центрального проєціювання. Тому побудова рельєфів (рельєфних панорам) у просторі, обмеженому циліндричними, сферичними або конічними поверхнями, потребує використання саме центральних відображень. Об'єднуючим ці види рельєфів є аналогічне для всіх трьох видів відображення  $\Phi$  у площині  $\Pi$ , перпендикулярній до осі симетрії цих поверхонь [5]. Визначимо відображення  $\Phi$  у площині  $\Pi$ . Прямі, інцидентні з центром відображення  $O$ , утворюють подвійний пучок  $O$ , причому точки кожної

напівпрямой перетворюються тільки самі в себе. Закон перетворення точок (рис. 2) на кожній напівпрямій цього пучка – збереження складного відношення 4-х точок:

$$(OAPF^\infty) = (O'A'P'F') = \text{const.} \quad (1)$$

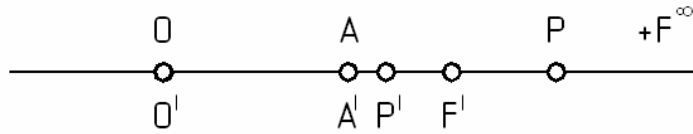


Рис. 2. Подвійне складне відношення 4-х точок прямої

На напівпрямій подвійного пучка встановлюється два усічених проєктивних ряди точок прямого типу. Ці відповідності (залежно від кількості подвійних точок) можуть виявлятися гіперболічними, параболічними або еліптичними [6]. Кожна пряма пучка  $O$  апроксимується двома напівпрямими із проєктивними рядами точок, за типами яких будемо розрізняти, відповідно, відображення  $\Phi$  гіперболічного, параболічного та еліптичного типів і позначати:  $\Phi_z$ ,  $\Phi_n$  і  $\Phi_e$ . Оскільки проєктивні ряди на кожній прямій подвійного пучка приймаються рівними, їх можна сполучати обертанням будь-якої напівпрямой навколо центра  $O$ , а відображення  $\Phi$  можна при цьому називати круговим (рис. 3).

Розглянемо випадок, коли базисні точки  $O$  і  $A$  відношення (1) є подвійними і  $OA = a < OF' = f$ . Тоді це відношення записується таким чином:

$$(OAPP') = \frac{f-a}{f} = m \quad \text{або} \quad (OPAP') = \frac{a}{f} = n. \quad (2)$$

На кожній напівпрямій пучка  $O$  встановлюється проєктивна гіперболічна відповідність точок прямого типу, що має дві подвійні точки та відповідно невласну і граничну точки  $F^\infty, F'$  [6].

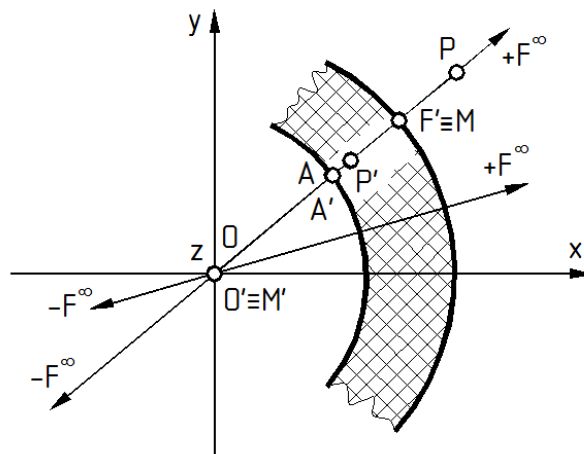


Рис. 3. Схема формування центрально-проєкційних панорамних рельєфів

Далі розглянемо випадок, коли одна з базисних точок складного відношення (1) є подвійною, тобто проєктивні ряди  $OO'F^\infty \bar{\wedge} OO'F'$  мають єдину подвійну точку  $O \equiv O'$  і відповідно одну невласну та одну граничну точки  $(F^\infty, F')$ . У цьому випадку відношення (1) можна записати таким чином:

$$(OMPF^\infty) = (OM'P'F'), \quad (3)$$

де точки  $M$  і  $F'$  збігаються, а точка  $M'$  гармонійно спряжена з  $F^\infty$  відносно  $O, F'$ :  $(OF'F^\infty M') = -1$ . Ця проєктивна відповідність точок є параболічною [6].

Нарешті розглянемо випадок, коли проєктивні ряди на напівпрямих пучка  $O$ , що визначаються складним відношенням (1), не мають подвійних точок. Така проєктивна відповідність точок називається еліптичною [6]. Складне відношення (1) можна записати таким чином:

$$(OMPF^\infty) = (O'M'P'F'), \quad (4)$$

де точки  $O$  та  $M'$  збігаються ( $O \equiv M'$ ), а точка  $M$  є симетричною точці  $O'$  відносно центра відображення  $O$ ;  $F^\infty \rightarrow F'$  – відповідно невласна і гранична точки рядів  $OMF^\infty \bar{\wedge} O'M'F'$ .

Розглянуті ситуації дозволяють виявляти показники не тільки прямих, але й обернених перетворень панорамних рельєфів. Для цього аналітичне [7] представлення відображень повинно спиратися на використання функцій, що одержані за допомогою складного відношення (1). Знаючи особливості відображень  $\Phi_e, \Phi_n, \Phi_c$ , можна визначати характеристики кожного з типів панорамних (кругових) рельєфів.

Показники відображень еліптичного типу  $\Phi_e$  мають вигляд (5); (6), де  $c, f$  – параметри перетворень. Прямі перетворення рельєфів:

$$\begin{aligned} x' &= \frac{f(\sqrt{x^2 + y^2} - c)}{(f + \sqrt{x^2 + y^2})\sqrt{x^2 + y^2}} x; & y' &= \frac{f(\sqrt{x^2 + y^2} - c)}{(f + \sqrt{x^2 + y^2})\sqrt{x^2 + y^2}} y; \\ z' &= \frac{f(\sqrt{x^2 + y^2} - c)}{(f + \sqrt{x^2 + y^2})\sqrt{x^2 + y^2}} z. \end{aligned} \quad (5)$$

Обернені перетворення рельєфів:

$$\begin{aligned} x &= \frac{f(\sqrt{x'^2 + y'^2} + c)}{(f - \sqrt{x'^2 + y'^2})\sqrt{x'^2 + y'^2}} x'; & y &= \frac{f(\sqrt{x'^2 + y'^2} + c)}{(f - \sqrt{x'^2 + y'^2})\sqrt{x'^2 + y'^2}} y'; \\ z &= \frac{f(\sqrt{x'^2 + y'^2} + c)}{(f - \sqrt{x'^2 + y'^2})\sqrt{x'^2 + y'^2}} z'. \end{aligned} \quad (6)$$

Показники відображень параболічного типу  $\Phi_n$  мають вигляд (7); (8), де  $f$  – параметр перетворень. Прямі перетворення рельєфів:

$$x' = \frac{f}{f + \sqrt{x^2 + y^2}} x; \quad y' = \frac{f}{f + \sqrt{x^2 + y^2}} y;$$

$$z' = \frac{f}{f + \sqrt{x^2 + y^2}} z. \quad (7)$$

Обернені перетворення рельєфів:

$$x = \frac{f}{f - \sqrt{x'^2 + y'^2}} x'; \quad y = \frac{f}{f - \sqrt{x'^2 + y'^2}} y';$$

$$z = \frac{f}{f - \sqrt{x'^2 + y'^2}} z'. \quad (8)$$

Показники відображень гіперболічного типу  $\Phi_2$  мають вигляд (9); (10), де  $f, m$  – параметри перетворень. Прямі перетворення рельєфів:

$$x' = \frac{f}{mf + \sqrt{x^2 + y^2}} x; \quad y' = \frac{f}{mf + \sqrt{x^2 + y^2}} y;$$

$$z' = \frac{f}{mf + \sqrt{x^2 + y^2}} z. \quad (9)$$

Обернені перетворення рельєфів:

$$x = \frac{mf}{f - \sqrt{x'^2 + y'^2}} x'; \quad y = \frac{mf}{f - \sqrt{x'^2 + y'^2}} y';$$

$$z = \frac{mf}{f - \sqrt{x'^2 + y'^2}} z'. \quad (10)$$

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** З розширенням області використання рельєфних перспектив зростають і потреби в аналізі способів геометричного моделювання [8] рельєфів. Характеристики панорамних рельєфів можуть ефективно використовуватись для створення просторових світлових ефектів з допомогою можливостей LED-технологій. При цьому важливим є дотримання основних принципів формування дизайну середовища: принципу варіативності просторових форм; принципу інтегрованості світлових елементів у складові внутрішнього середовища; принципу візуального контакту користувача з елементами композиції; принципу сценарного програмування світлових ефектів. Подальші дослідження мають бути зосереджені на формуванні елементів комфортного предметно-просторового середовища.

## Література

1. Коваль Л.М. Композиційні прийоми світлоформування огорожувальних архітектурних конструкцій і предметного наповнення інтер'єру засобами LED-джерел / Л.М. Коваль // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв.– Х.: ХДАДМ, 2012.–№7.– С.27–32.

2. *Вальков К.И.* Проекционный схематизм – инструмент и метод. – Л.: ЛИСИ, 1988. – 83 с.
3. *Соррел К.* Пространство и свет в современном интерьере / Кэтрин Соррел [пер. с англ.]. – М.: Кладезь-Букс, 2007. – 140 с.
4. *Ватульян А.О.* Математические модели и обратные задачи /А.О. Ватульян // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 11. – С. 143–148.
5. *Михно О.Д.* К вопросу исследования отображений, применяемых при построении рельефных панорам / О.Д. Михно // Прикладная геометрия и инженерная графика. – К.: Будівельник, 1970. – Вып. 11. – С. 132–139.
6. *Четверухин Н.Ф.* Проективная геометрия. – М.: Просвещение, 1969. – 368 с.
7. *Погорелов А.В.* Аналитическая геометрия. – М.: Наука, 1968. – 176 с.
8. *Даниленко В.Я.* Про зв'язок елементів дизайну з геометричним моделюванням / В.Я. Даниленко // Технічна естетика і дизайн. – К.: Віпол, 2010. – Вип. 7. – С. 104–108.

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПАНОРАМНЫХ РЕЛЬЕФОВ  
С ПОЗИЦИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СВЕТОВЫХ  
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЭФФЕКТОВ  
СРЕДСТВАМИ LED-ТЕХНОЛОГИЙ**

*В. Я. Даниленко*

Выяснены диапазоны основных функций LED-технологий. Рассмотрены возможности объемно-графического моделирования. Приведены конструктивные элементы построения рельефов. Определены показатели прямых и обратных преобразований панорамных рельефов.

**ANALYSIS OF DESCRIPTIONS OF PANORAMIC RELIEFS  
FROM POSITIONS OF FORMING OF HIGH SPATIAL LIGHTS  
FACILITIES OF LED-TECHNOLOGIES**

*V. Danylenko*

The ranges of basic functions of LED-technologies are found out. Possibilities of volume-graphic modelling are considered. The structural elements of construction of reliefs are resulted. The indexes of direct and reverse transformations of panoramic reliefs are certain. The features of forming of reliefs are exposed from positions of light possibilities of LED-technologies. Character of initial information is rotined for lines and reverse transformations of space. The indexes of transformations are given for each of types of panoramic reliefs.