

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО"**

Дипломна робота магістра
на тему:
«Формування сіток на порціях Безьє»

Виконав:
студент 6-го курсу гр. ТР-61М Гомов В. В.
Керівник:
д.т.н., проф. Аушева Н. М.

Київ – 2018

Мета дослідження полягає в розробці засобів, виявлення нових підходів геометричного моделювання поверхонь Безьє з координатною сіткою із ліній кривини.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасні системи моделювання поверхонь;
- проаналізувати методи моделювання поверхонь з лініями кривини;
- удосконалити спосіб моделювання поверхонь Безьє за рахунок використання ліній кривини;
- здійснити конформне перетворення знайдених поверхонь зі збереженням координатних сімей із ліній кривини;
- спроектувати архітектуру системи моделювання поверхонь Безьє;
- розробити програмне забезпечення.

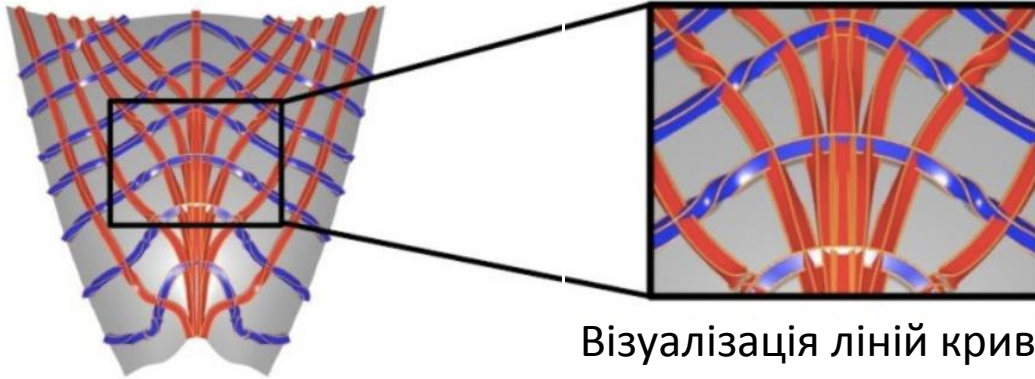
Об'єктом дослідження є інформаційні технології геометричного моделювання.

Предметом дослідження є інформаційні технології геометричного моделювання поверхонь Безьє з лініями кривини.

Наукова новизна одержаних результатів

- удосконалено спосіб моделювання поверхонь Безьє за рахунок використання ліній кривини, що призвело до спрощення розв'язання низки задач, в яких потрібно оперувати квадратичними формами;
- набуло подальшого розвитку використання ліній кривини в методах геометричного моделювання поверхонь Безьє.

Актуальність дослідження

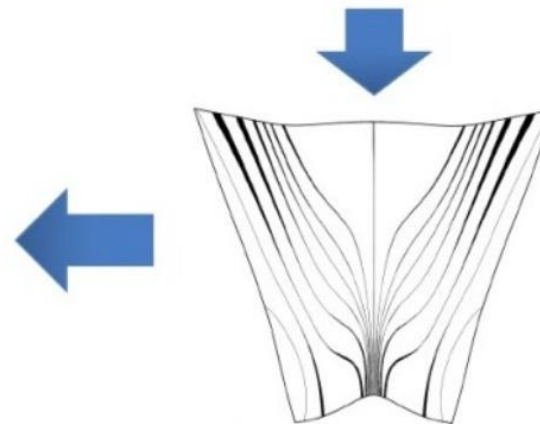


Візуалізація ліній кривини

Кузов автомобіля з лініями кривини



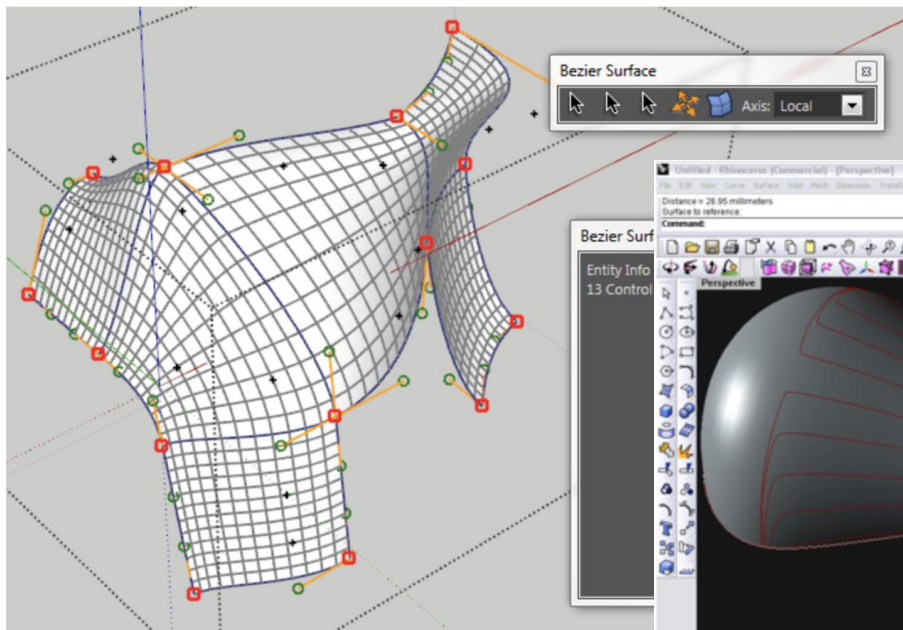
Сформований кузов автомобіля



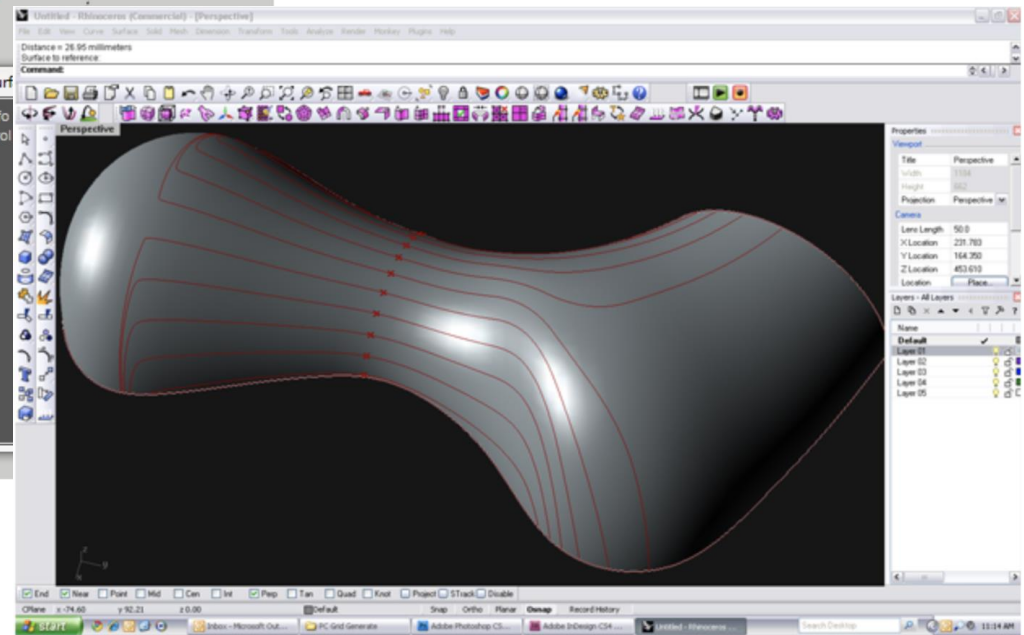
Розробка поверхні подвійної кривини

1. Сучасний стан досліджень стосовно моделювання поверхонь з ортогональними сітками та лініями кривини

Аналіз систем моделювання поверхонь



SketchUp



Rhinoceros

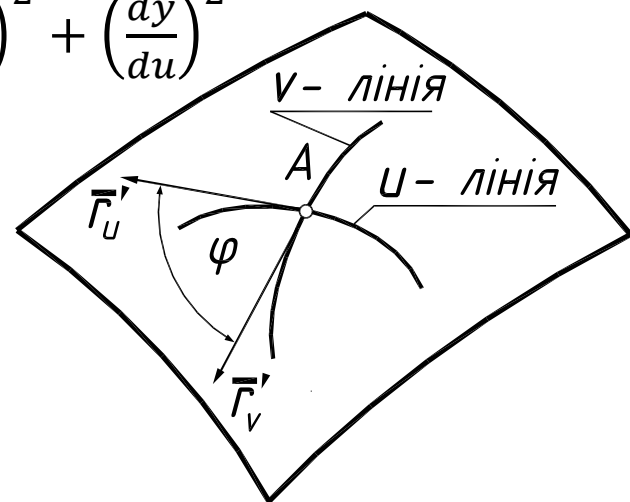
Перша квадратична форма: $Edu^2 + 2Fdudv + Gdv^2$

де $E = \left(\frac{dx}{du}\right)^2 + \left(\frac{dy}{du}\right)^2$; $F = \frac{dx}{du}\frac{dx}{dv} + \frac{dy}{du}\frac{dy}{dv}$; $G = \left(\frac{dx}{dv}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dv}\right)^2$

Сітка задана виразами: $x = f_1(u, v)$, $y = f_2(u, v)$

Вираз кута між лініями сітки: $\cos(\theta) = \frac{F}{\sqrt{EG}}$

Умова ортогональності сітки: $F = 0$



Алгоритм перетворення довільної сітки в ортогональну

1. Знайти частинні похідні рівнянь сітки $x = f_1(u, v)$, $y = f_2(u, v)$
2. На основі отриманих виразів розрахувати F і G
3. Записати умову ортогональності ліній $Fdu + Edv = 0$
4. Розв'язати отримане рівняння відносно змінної v
5. Отриманий вираз підставляється в вираз сітки, отримується нова сітка: $x = \varphi_1(u, t)$, $y = \varphi_2(u, t)$.

Методи побудови ортогональних сіток на основі властивостей еволют і евольвент

Параметричні рівняння кривої: $x = x(v), y = y(v)$

Сітка з еквідістант та нормалей до даної кривої

Рівняння нормалей до кривої: $X = x + y'u, Y = y + x'u,$

Рівняння після нормування: $X = x + \frac{y'}{\sqrt{x'^2+y'^2}}u, Y = y + \frac{x'}{\sqrt{x'^2+y'^2}}u$

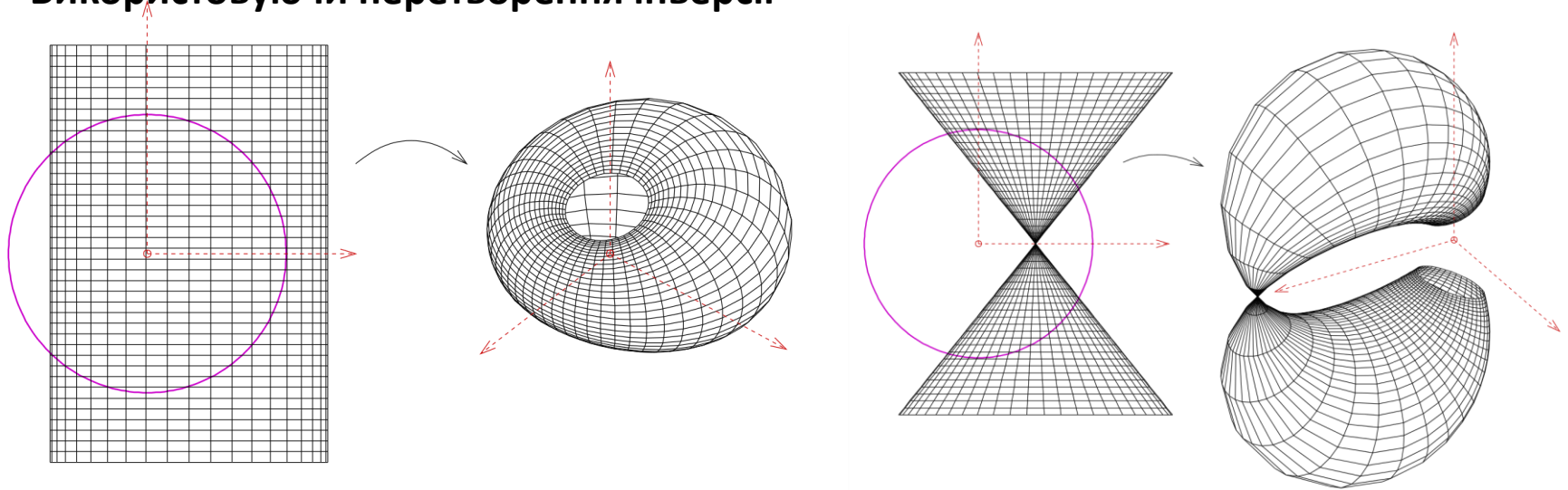
Задання сім'ї прямих, дотичних до певної кривої та побудови другої ортогональної сім'ї

1. Рівняння дотичних до кривої $X = x(v) + ux', Y = y(v) + uy'$
2. Нормується напрямний вектор прямолінійної твірної у рівняннях
3. Знаходиться сім'я ортогональних траєкторій за першою методикою

$$X = x + \frac{x'(t - \int \sqrt{(x')^2 + (y')^2} dv)}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}; Y = y + \frac{y'(t - \int \sqrt{(x')^2 + (y')^2} dv)}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}.$$

Метод побудови поверхонь, віднесених до ліній кривини

Використовуючи перетворення інверсії



На основі плоских ортогональних сіток завданням певного закону розподілу однієї з сімей координатних ліній по висоті

Побудова поверхні піднімаючи сітку по закону $Z = f(u)$

Середній коефіцієнт другої квадратичної форми: $M = \frac{1}{\sqrt{EG-F^2}} \begin{vmatrix} X_{uv} & Y_{uv} & Z_{uv} \\ X_u & Y_u & Z_u \\ X_v & Y_v & Z_v \end{vmatrix}$

Умова для ліній кривини: $\begin{vmatrix} X_{uv} & Y_{uv} & Z_{uv} \\ X_u & Y_u & Z_u \\ X_v & Y_v & Z_v \end{vmatrix} = 0$

2. Моделювання плоских сіток та поверхонь на основі кривих Безьє зі спеціальними умовами

Побудова порцій Безьє

Формула бікубічної порції Безьє

$$r = r_0(1 - u)^3 + 3r_1(1 - u)^2u + 3r_2(1 - u)u^2 + r_3u^3$$

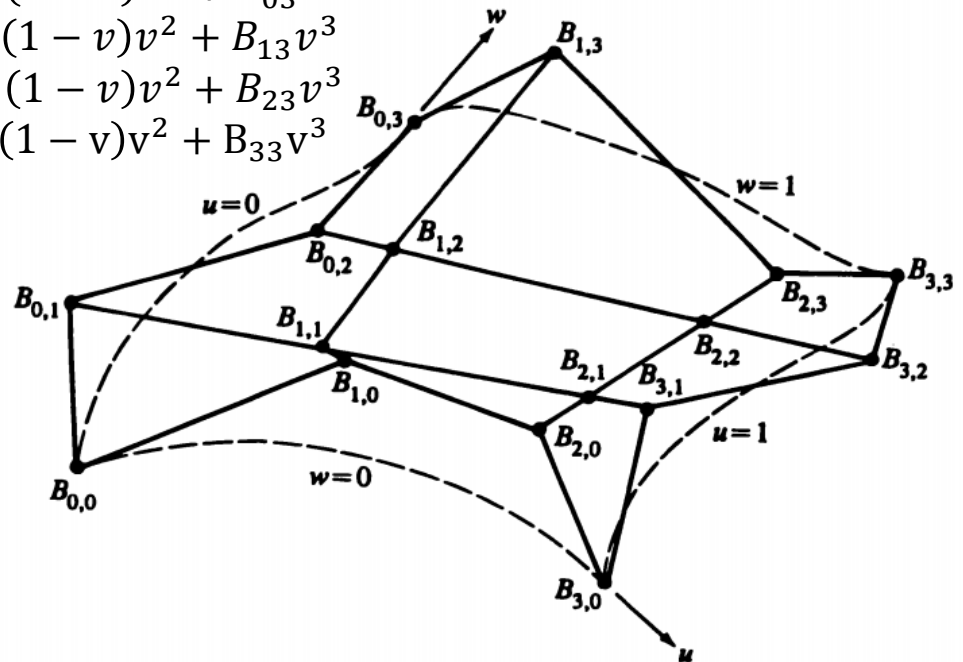
де

$$r_0 = B_{00}(1 - v)^3 + 3B_{01}(1 - v)^2v + 3B_{02}(1 - v)v^2 + B_{03}v^3$$

$$r_1 = B_{10}(1 - v)^3 + 3B_{11}(1 - v)^2v + 3B_{12}(1 - v)v^2 + B_{13}v^3$$

$$r_2 = B_{20}(1 - v)^3 + 3B_{21}(1 - v)^2v + 3B_{22}(1 - v)v^2 + B_{23}v^3$$

$$r_3 = B_{30}(1 - v)^3 + 3B_{31}(1 - v)^2v + 3B_{32}(1 - v)v^2 + B_{33}v^3$$

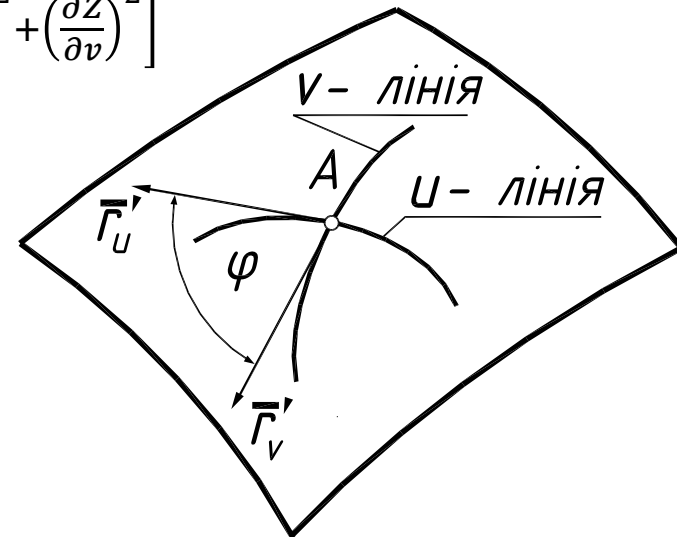


Моделювання порцій Безье з ортогональними сітками

проекції напрямних векторів: $\bar{r}'_u \left\{ \frac{\partial X}{\partial u}; \frac{\partial Y}{\partial u}; \frac{\partial Z}{\partial u} \right\}$; $\bar{r}'_v \left\{ \frac{\partial X}{\partial v}; \frac{\partial Y}{\partial v}; \frac{\partial Z}{\partial v} \right\}$;

Косинус кута між двома векторами:

$$\cos \varphi = \frac{\frac{\partial X \partial X}{\partial u \partial v} + \frac{\partial Y \partial Y}{\partial u \partial v} + \frac{\partial Z \partial Z}{\partial u \partial v}}{\sqrt{\left[\left(\frac{\partial X}{\partial u} \right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial u} \right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right)^2 \right] \left[\left(\frac{\partial X}{\partial v} \right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial v} \right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial v} \right)^2 \right]}} = \frac{F}{\sqrt{EG}}$$

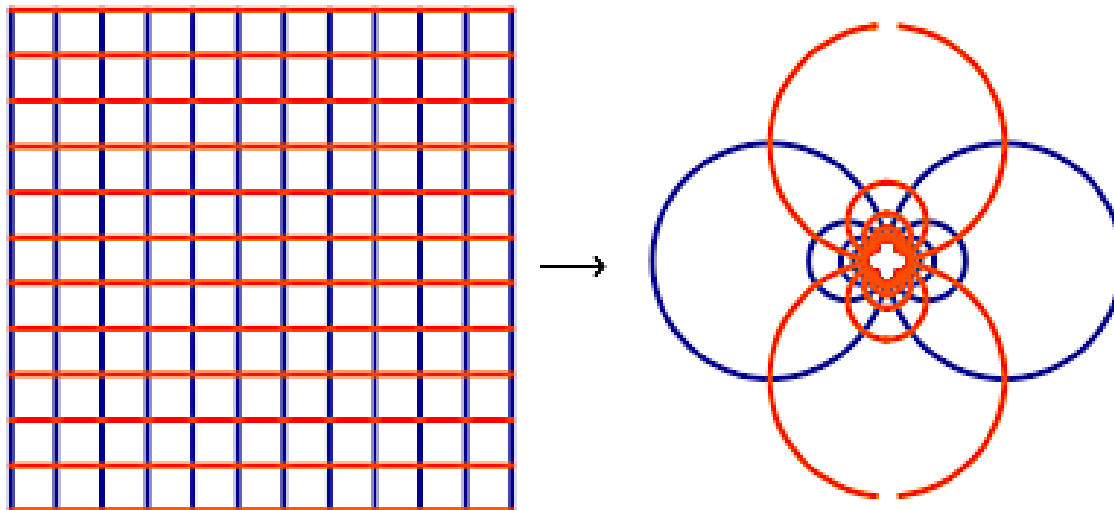


Побудова сіток на основі конформних відображень

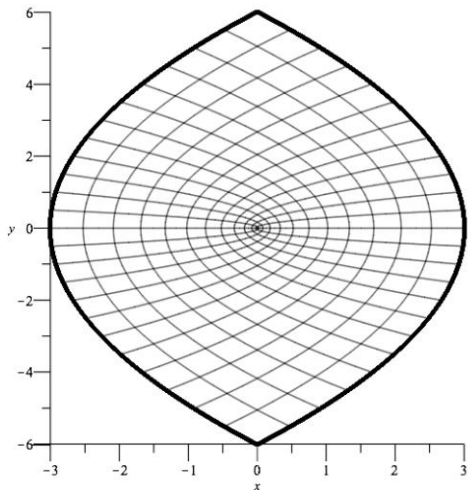
Комплексне число: $z = x + iy$

Нехай маємо функцію комплексної змінної $w = f(z)$,
де $z = x + i \cdot y$, $w = u + i \cdot v$.

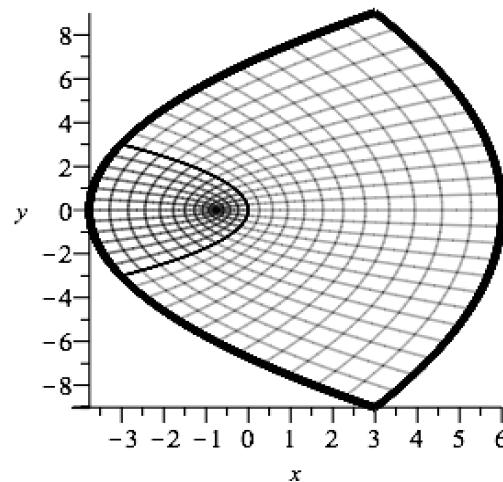
Можна представити як: $w = u(x, y) + i \cdot v(x, y)$,



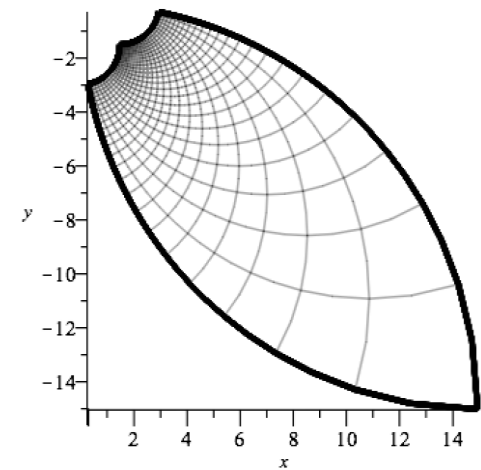
Результати застосування конформних відображень до сіток Безьє



Аналітична функція $w = z^2$
 $\operatorname{Re}(w) = u^2 - v^2$
 $\operatorname{Im}(w) = 2uv$



Аналітична функція $w = z + z^2$
 $\operatorname{Re}(w) = u^2 - v^2 + u$
 $\operatorname{Im}(w) = 2uv + v$

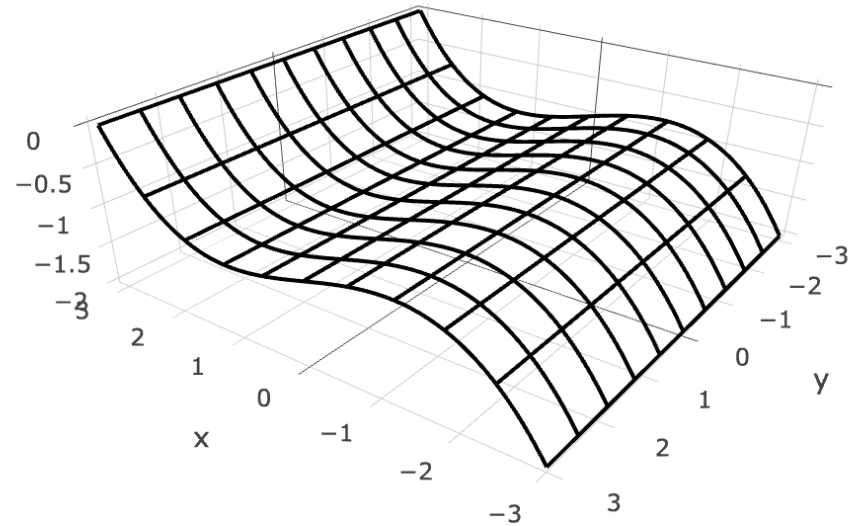


Аналітична функція $w = \frac{1}{z}$
 $\operatorname{Re}(w) = u^2 - v^2 + 2v - 1$
 $\operatorname{Im}(w) = 2uv - 2u$

Конструювання сіток з лініями кривини

$$F = \frac{\partial X}{\partial u} \frac{\partial X}{\partial v} + \frac{\partial Y}{\partial u} \frac{\partial Y}{\partial v} + \frac{\partial Z}{\partial u} \frac{\partial Z}{\partial v} = 0$$

$$M = \frac{1}{\sqrt{EG-F^2}} \begin{vmatrix} X_{uv} & Y_{uv} & Z_{uv} \\ X_u & Y_u & Z_u \\ X_v & Y_v & Z_v \end{vmatrix} = 0$$

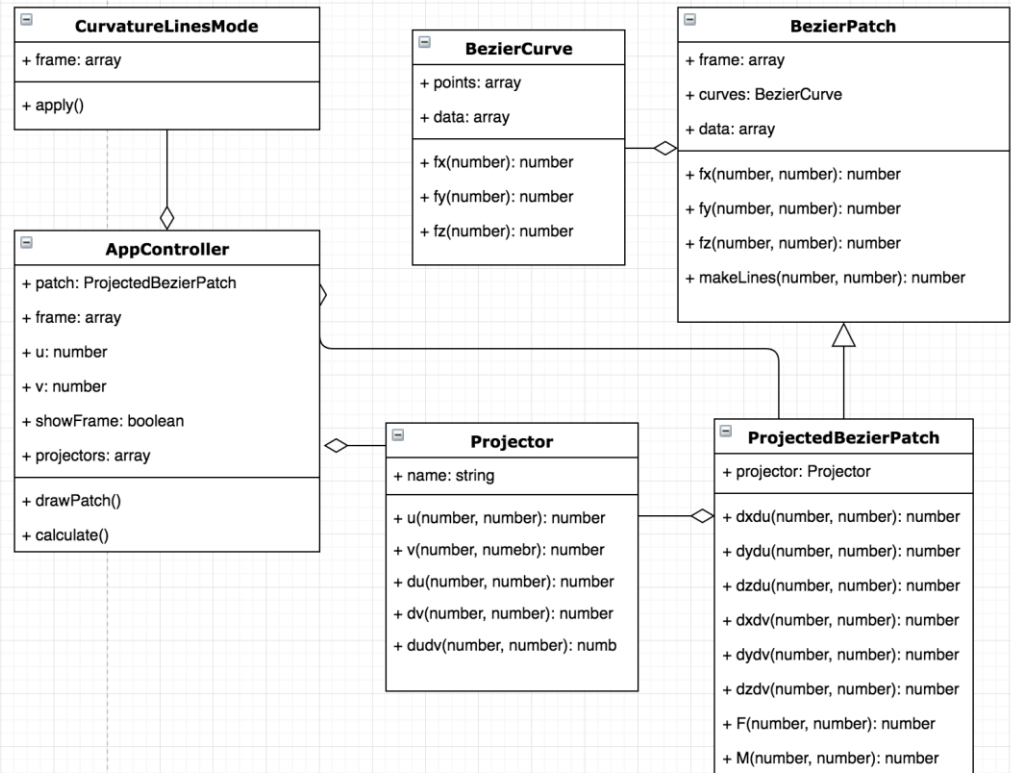
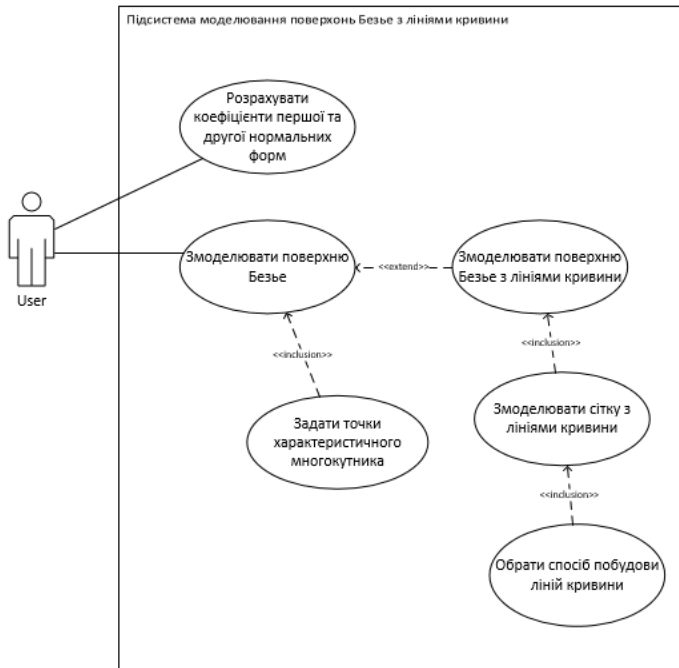


3. Розробка системи моделювання порцій Безье з лініями кривини

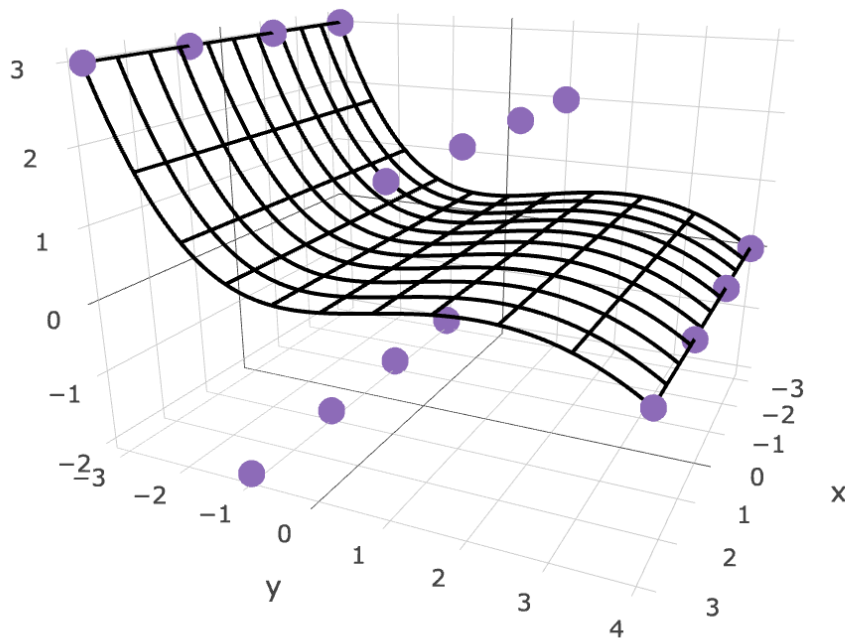
Вибір засобів реалізації системи



Опис програмної реалізації системи



4. Методика роботи користувача з програмною СИСТЕМОЮ



Patch parameters:

$r_{0,0}$	-3	-3	3	$r_{1,0}$	-1	-3	3
$r_{0,1}$	-3	-1	-2	$r_{1,1}$	-1	-1	-2
$r_{0,2}$	-3	1	2	$r_{1,2}$	-1	1	2
$r_{0,3}$	-3	4	0	$r_{1,3}$	-1	4	0

Show frame:

Curvature lines grid mode:

Conformal projection:

Function:

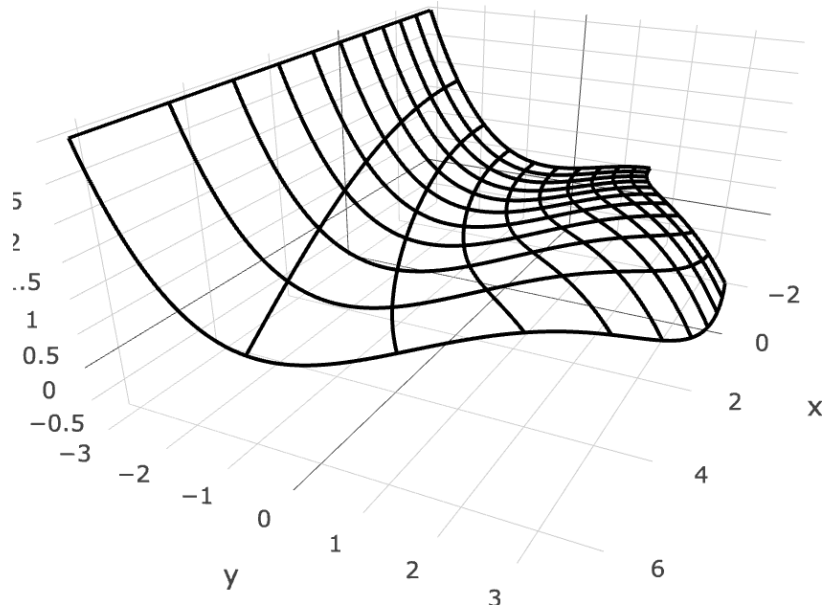
Fundamental form coefficients:

u: v:

F = 0

M = 0

Конформне відображення сітки



Patch parameters:

$r_{0,0}$	-3	-3	3	$r_{1,0}$	-1	:
$r_{0,1}$	-3	-1	-2	$r_{1,1}$	-1	:
$r_{0,2}$	-3	1	2	$r_{1,2}$	-1	:
$r_{0,3}$	-3	3	0	$r_{1,3}$	-1	:

Show frame:

Curvature lines grid mode:

Conformal projection:

Function:

Fundamental form coefficients

u: v:

$F = 0$

$M = 0$

Висновки

В процесі виконання були досліджені та удосконалені методи геометричного моделювання порцій Безье.

- проаналізовано сучасні системи моделювання поверхонь Безье;
- проаналізовано методи моделювання поверхонь з лініями кривини;
- здійснено конформне перетворення знайдених поверхонь зі збереженням координатних сімей із ліній кривини;
- удосконалено спосіб моделювання поверхонь Безье за рахунок використання ліній кривини;
- спроектовано архітектуру системи моделювання поверхонь Безье;
- розроблено програмне забезпечення.

Апробація результатів

Основні положення роботи доповідались і обговорювались на:

1. XV Міжнародній науково-практичній конференції аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (м. Київ, 25-28 квітня 2017 року).
2. XIX Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми геометричного моделювання» (м. Мелітополь, 6-9 червня 2017 року).
3. Науково-практичній конференції Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт 2017/2018 навчального року зі спеціалізації «Прикладна геометрія, інженерна графіка та технічна естетика» (м. Харків, 16-20 квітня 2018 року).
4. XVI міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (м. Київ, 26-27 квітня 2018 року).

Публікації по темі дисертації

1. Гомов В.В. Моделювання порцій Безье з лініями кривини/ В.В. Гомов, Н.М. Аушева //Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XV міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, присвяченої 85 річчю теплоенергетичного факультету, м. Київ, 25-28 квітня 2017р. у 2 т.- КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.- Том.2.- С. 73.
2. Гомов В.В. Моделювання порцій Безье з ортогональними сітками/ В.В. Гомов, Н.М. Аушева //Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 24-27 квітня 2018р. у 2 т.- КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.- Том.2.- С. 70.
3. Аушева Н. М. Моделювання РН-кривих у вигляді фундаментального сплайну / Н.М. Аушева, О.В. Мельник, В.В. Гомов // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького; гол. ред. кол. А.В.Найдиш. - Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2017. – Вип.8.- С.20-25.

ДИПЛОМ

Нагороджується
дипломом
ГОМОВ Віктор Володимирович,

студент 6 курсу
теплоенергетичного факультету
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
учасник II туру Всеукраїнського конкурсу
студентських наукових робіт 2017/2018 навчального року
зі спеціалізацій «Прикладна геометрія,
інженерна графіка та технічна естетика»
за роботу «Модельовання порцій Без'є
з ортогональними сітками»
(науковий керівник – д.т.н., доцент АУШЕВА
Наталія Миколаївна, професор кафедри автоматизації
проектуювання енергетичних процесів і систем)

Голова галузевої конкурсної комісії,
проректор з наукової роботи
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
д.т.н., професор



А. П. Марченко