АЛГОРИТМИ ВІДТИНАННЯ

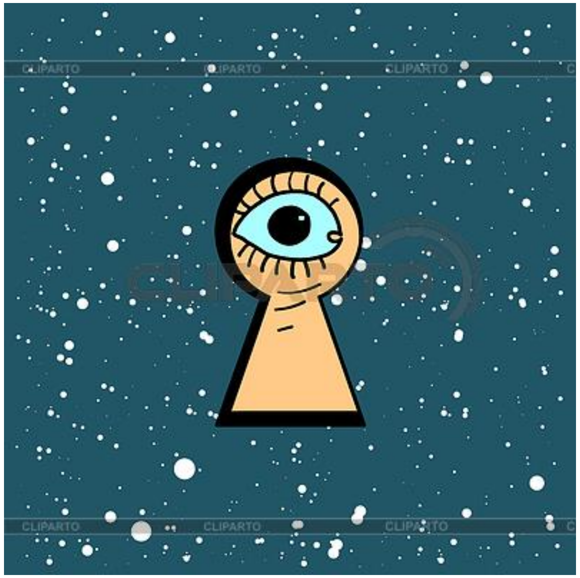
Слайди до лекцій з дисципліни
«Математичні та алгоритмічні основи комп'ютерної графіки»

Лектор: к.т.н., доцент Сулема Є.С.

Каф. ПЗКС, ФПМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

2019/2020 навч. рік

Які бувають вікна відтинання :)



Типи алгоритмів відтинання відрізків

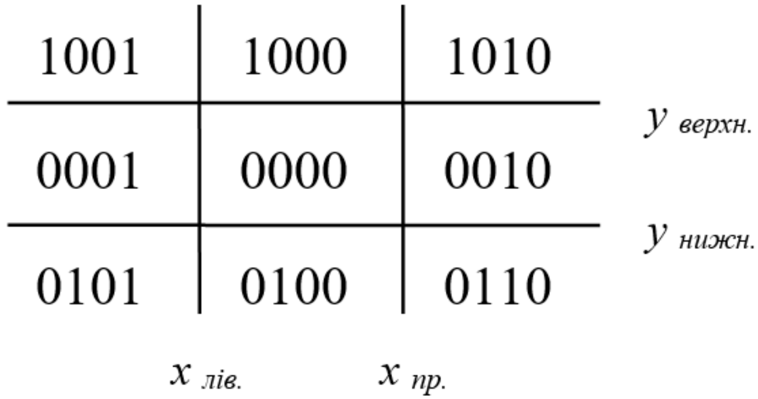
1. Алгоритми з кодуванням

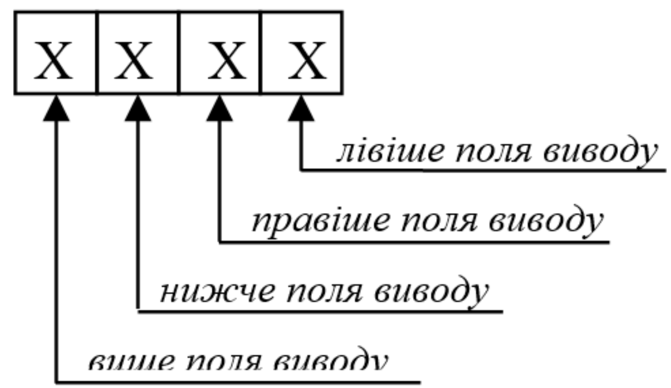
- Алгоритми, які використовують кодування кінців відрізка:
  - алгоритм Коена-Сазерленда – Cohen-Sutherland, CS-алгоритм;
- Алгоритми, які використовують кодування всього відрізка:
  - Fast Clipping-алгоритм – FC-алгоритм;

2. Алгоритми, які використовують параметричне представлення відрізків, що відтинаються, та вікна відтинання:

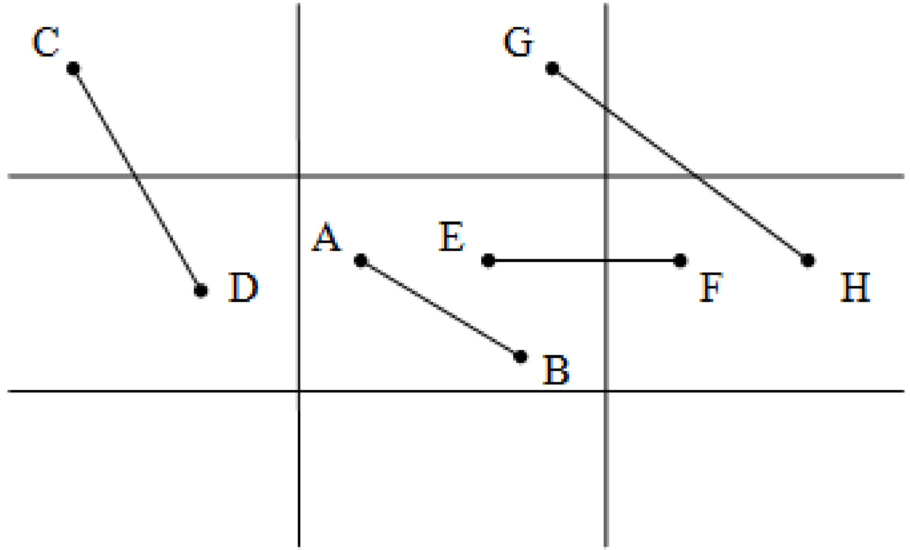
- алгоритм Кіруса-Бека – Cyrus-Beck, CB-алгоритм,
- алгоритм Ліанга-Барськи – Liang-Barsky, LB-алгоритм.

АЛГОРИТМИ З КОДУВАННЯМ: CS-алгоритм



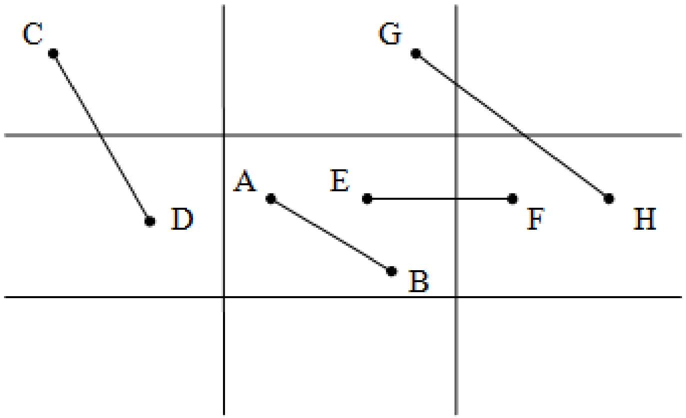


Варіанти місцезнаходження відрізка

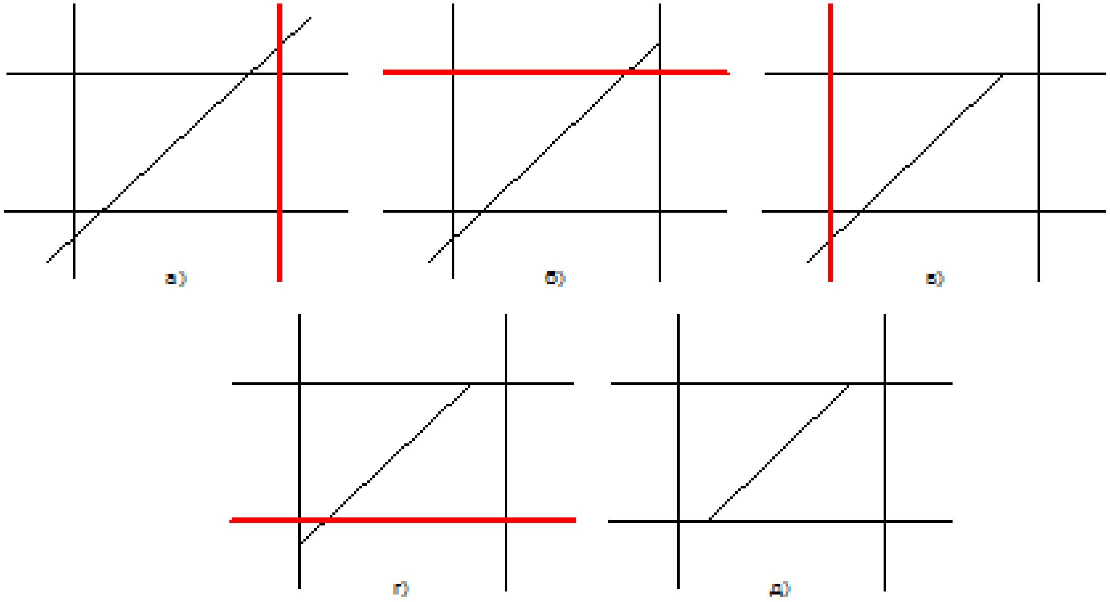


Перевірка місцезнаходження відрізка

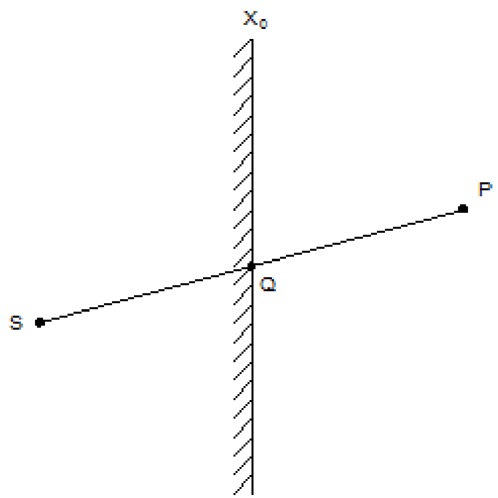
1) Для будь-якого відрізка розраховуються коди кінців k_1, k_2.
2) Якщо $k_1=k_2=0$, то відрізок повністю усередині вікна, відсікання не потрібне і відрізок приймається як видимий (відрізок AB).
3) Якщо $k_1 \wedge k_2 \neq 0$, то відрізок знаходиться повністю поза вікном, він відкидається як невидимий (відрізок CD).
4) Якщо $k_1 \wedge k_2 = 0$ відрізок може бути частково-видимим (відрізок EF) або невидимим (відрізок GH).



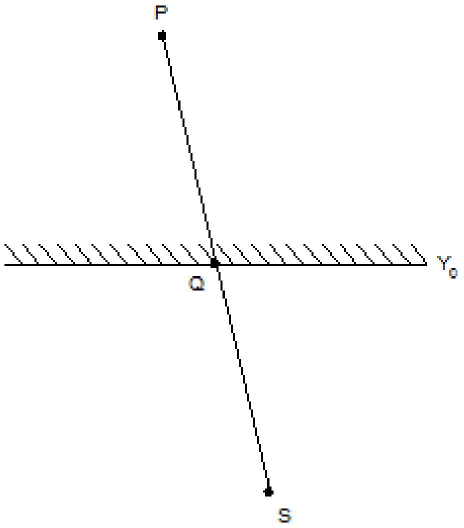
Порядок відтинання



Обчислення нових координат



a)



b)

$$y_Q = y_S + \frac{x_0 - x_S}{x_p - x_S} \cdot (y_P - y_S)$$

$$x_Q = x_S + \frac{y_0 - y_S}{y_p - y_S} \cdot (x_P - x_S)$$

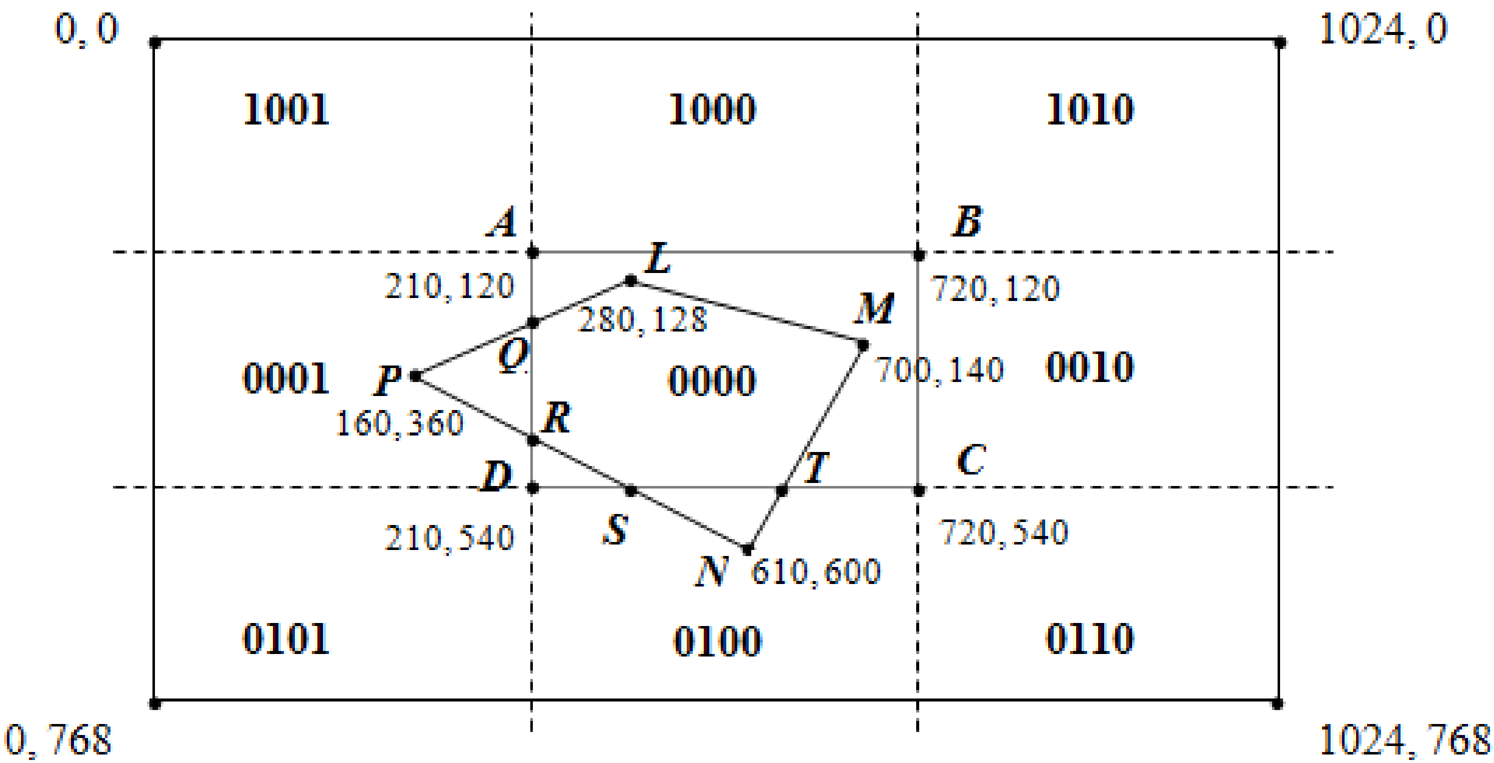
CS-алгоритм

1. визначення кодів k_1 та k_2 кінцевих точок відрізка, що відтинається;
2. якщо $k_1=k_2=0$, то відрізок візуалізується;
3. інакше, якщо $k_1 \wedge k_2 \neq 0$, то відрізок відкидається;
4. інакше (тобто $k_1 \wedge k_2=0$), якщо $k_1=0$, тобто початкова точка знаходиться всередині вікна, то вона міняється з кінцевою точкою (тобто тепер „нова" початкова точка має код $k_1 \neq 0$, а „нова" кінцева точка має код $k_2=0$);
5. аналізується код k_1 початкової точки для визначення сторони вікна, з якою є перетин, та виконується розрахунок координат точки перетину;
6. початкова точка замінюється обчисленою точкою перетину (код чергової „нової" точки $k_1=0$);
7. перехід на пункт 2

Приклад

- Нехай прямокутне координатно-орієнтоване вікно відсікання задане двома точками з координатами (210,120) та (720,540). Візуалізувати в цьому вікні багатокутник, що заданий точками з координатами (280,128), (700,140), (610,600) та (160,360).

Розв’язок (1)



0, 0
1024, 0
1001
1000
1010
A
B
L
210, 120
720, 120
M
280, 128
Q
700, 140
0001
P
0000
0010
160, 360
R
D
T
C
210, 540
S
720, 540
N
610, 600
0101
0100
0110
0, 768
1024, 768

Розв'язок (2)

1. Визначаємо коди точок багатокутника:

<u>точка P</u> $\begin{cases} x_P < x_A \\ y_A < y_P < y_D \end{cases} \Rightarrow \quad k_P = 0001$

<u>точка L</u> $\begin{cases} x_A < x_L < x_B \\ y_A < y_L < y_D \end{cases} \Rightarrow \quad k_L = 0000$

<u>точка M</u> $\begin{cases} x_A < x_M < x_B \\ y_A < y_M < y_D \end{cases} \Rightarrow \quad k_M = 0000$

<u>точка N</u> $\begin{cases} x_A < x_N < x_B \\ y_N > y_D \end{cases} \Rightarrow \quad k_M = 0100$

Розв'язок (3)

2. <u>Відрізок PL</u>

а) Аналізуємо коди:

$$\left.\begin{array}{l}\begin{cases}k_P \neq 0\\ k_L = 0\end{cases}\\ \\ k_P \wedge k_L = 0\end{array}\right\}$$ – потребує відтинання лівою стороною вікна

б) Визначаємо координати точки перетину:

$$x_Q = x_A = 210$$

$$y_Q = y_P + \frac{x_Q - x_P}{x_L - x_P}\cdot(y_L - y_P) = 360 + \frac{210-160}{280-160}\cdot(128-360) = 263$$

в) Замінюємо точку P точкою Q (210,263), яка має код $k_Q = 0000$.

3. <u>Відрізок QL</u>

Аналізуємо коди: $k_Q = k_L = 0$ – відрізок QL візуалізується.

4. <u>Відрізок LM</u>

Аналізуємо коди: $k_L = k_M = 0$ – відрізок LM візуалізується.

Розв'язок (4)

5. Відрізок MN

а) Аналізуємо коди:

$$\left.\begin{matrix}\begin{cases} k_M = 0 \\ k_N \neq 0 \end{cases} \\ \\ k_M \wedge k_N = 0 \end{matrix}\right\} -$$

потребує відтинання (з заміною на відрізок NM) нижньою стороною вікна

б) Визначаємо координати точки перетину:

$$y_T = y_D = 540$$

$$x_T = x_N + \frac{y_T - y_N}{y_M - y_N} \cdot (x_M - x_N) = 610 + \frac{540 - 600}{140 - 600} \cdot (700 - 610) = 621$$

в) Замінюємо точку N точкою T (621,540), яка має код $k_T = 0000$.

6. Відрізок TM

Аналізуємо коди: $k_T = k_M = 0$ – відрізок TM візуалізується.

Розв'язок (5)

7. Відрізок NP

а) Аналізуємо коди:

$$\left.\begin{array}{l}\begin{cases} k_N \neq 0 \\ k_P \neq 0 \end{cases} \\ \\ k_N \wedge k_P = 0 \end{array}\right\} -$$ потребує відтинання нижньою та лівою сторонами вікна

б) Визначаємо координати точки перетину з нижньою стороною вікна:

$$y_S = y_D = 540$$

$$x_S = x_N + \frac{y_S - y_N}{y_P - y_N} \cdot (x_P - x_N) = 610 + \frac{540 - 600}{360 - 600} \cdot (160 - 610) = 497$$

в) Замінюємо точку N точкою S (497,540), яка має код $k_S = 0000$.

Розв'язок (6)

8. Відрізок SP

а) Аналізуємо коди:

$$\left.\begin{matrix} \begin{cases} k_S = 0 \\ k_P \neq 0 \end{cases} \\ \\ k_S \wedge k_P = 0 \end{matrix}\right\} -$$ потребує відтинання (з заміною на відрізок PS) лівою стороною вікна

б) Визначаємо координати точки перетину:

$$x_R = x_A = 210$$

$$y_R = y_P + \frac{x_R - x_P}{x_S - x_P} \cdot (y_S - y_P) = 360 + \frac{210 - 160}{497 - 160} \cdot (540 - 360) = 387$$

в) Замінюємо точку P точкою R (210,387), яка має код $k_R = 0000$.

9. Відрізок RS

Аналізуємо коди: $k_R = k_S = 0$ – відрізок RS візуалізується.

Алгоритми з параметричними рівняннями

- Відсікання параметрично заданого відрізка прямокутним вікном

,

$$x(t)= x_1+(x_2- x_1) \cdot t$$
$$y(t)= y_1+(y_2- y_1) \cdot t$$
$$0 \le t \le 1$$

Рівняння відрізка P_1P_2 має вигляд:

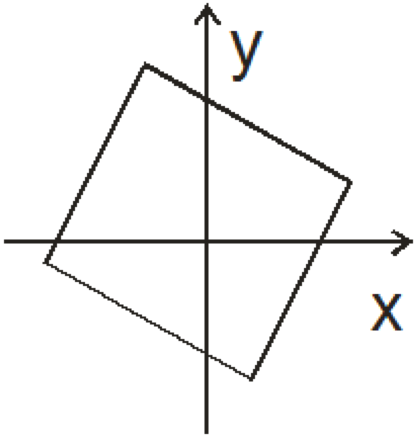
$$\boxed{\overline{p} = \overline{p_1} + (\overline{p_2} - \overline{p_1}) \cdot t,} \qquad (1)$$

де $\overline{p}$ – вектор, що з'єднує початок координат і довільну точку P на прямій P_1P_2,

$\overline{p_1}$ – вектор, що з'єднує початок координат та точку P_1,

$\overline{p_2}$ – вектор, що з'єднує початок координат та точку P_2,

t — параметр, $0 \le t \le 1$ (якщо $-\infty \le t \le \infty$, то отримуємо рівняння прямої).



$$t = \frac{\overrightarrow{p} - \overrightarrow{p_1}}{\overrightarrow{p_2} - \overrightarrow{p_1}}$$

для лівої сторони – $t = \dfrac{x_l - x_1}{x_2 - x_1}$

для правої сторони – $t = \dfrac{x_r - x_1}{x_2 - x_1}$

для нижньої сторони – $t = \dfrac{y_b - y_1}{y_2 - y_1}$

для верхньої сторони – $t = \dfrac{y_t - y_1}{y_2 - y_1}$

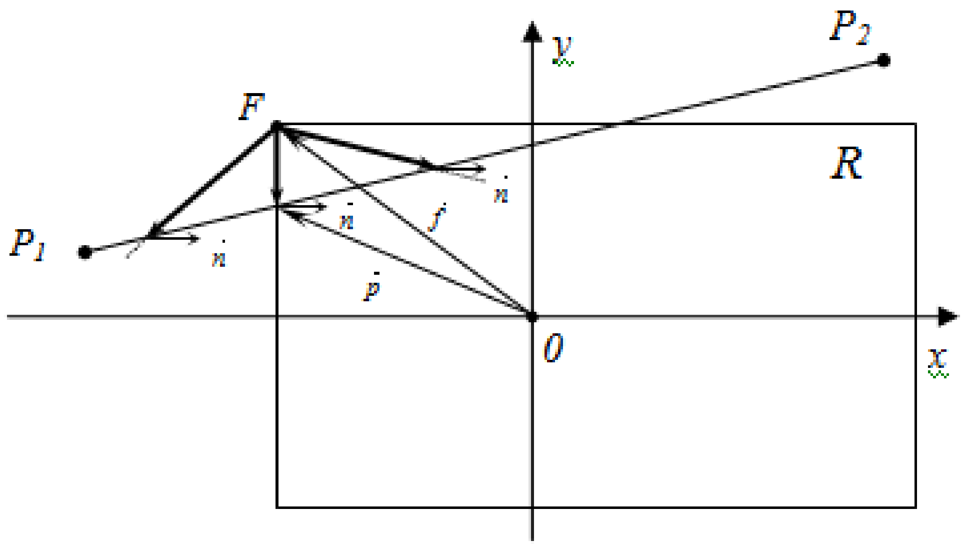
СВ-алгоритм

Нехай даний відрізок P_1P_2, що заданий параметрично:

$$\overline{p} = \overline{p_1} + (\overline{p_2} - \overline{p_1}) \cdot t, \qquad 0 \le t \le 1,$$

та опукла область R.

Розглянемо граничну точку F опуклої області R та внутрішню нормаль $\vec{n}$ до одного з відрізків прямих, що обмежують цю область:



Визначення місцезнаходження точки

- $\vec{n}\cdot(\vec{p}-\vec{f})<0$ – точка P знаходиться за межами вікна,
- $\vec{n}\cdot(\vec{p}-\vec{f})=0$ – точка P належить границі вікна,
- $\vec{n}\cdot(\vec{p}-\vec{f})>0$ – точка P знаходиться в середині вікна,

Знайдемо значення параметру t для випадку, коли точка P належить границі вікна:

$$\vec{n}\cdot(\vec{p}-\vec{f})=0$$

$$\vec{n}\cdot(\overrightarrow{p_1}+(\overrightarrow{p_2}-\overrightarrow{p_1})\cdot t-\vec{f})=0$$

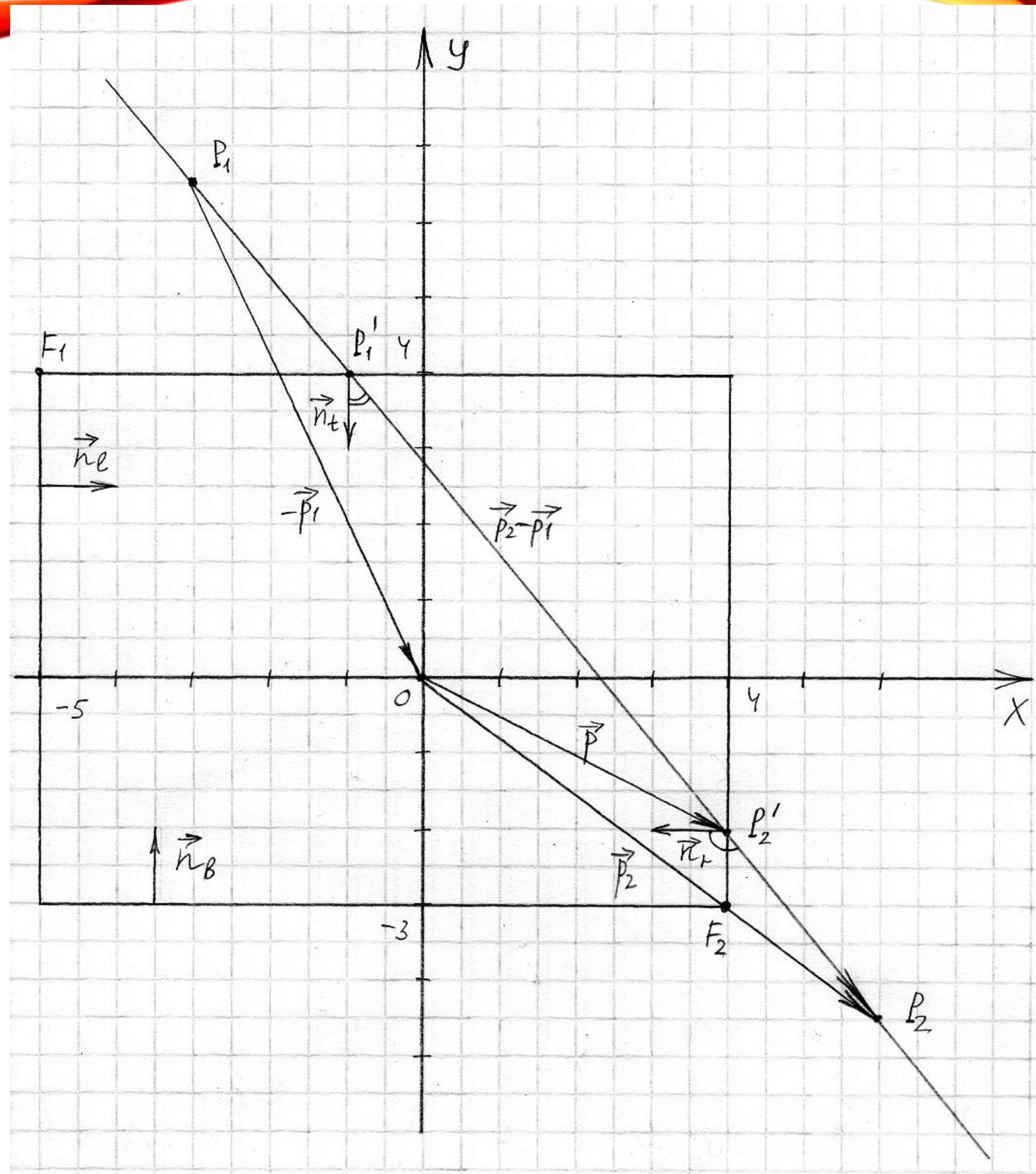
$$t=-\frac{\vec{n}\cdot(\overrightarrow{p_1}-\vec{f})}{(\overrightarrow{p_2}-\overrightarrow{p_1})\cdot\vec{n}}, \qquad (2)$$

де $(\overrightarrow{p_2}-\overrightarrow{p_1})\neq 0$.

Приклад

- Розглянемо приклад застосування СВ-алгоритму у випадку прямокутного вікна відсікання.
- Задані точки P_1 *(-3,6.5)*, P_2 *(6,-4.5)* і прямокутне вікно – точки F_1 *(-5,4)*, F_2 *(4,-3)*.

Розв'язок (1)



y
x
P_1
P_1'
F_1
4
$\vec{n}_t$
$\vec{n}_l$
$-\vec{p}_1$
$\vec{p}_2-\vec{p}_1$
0
-5
4
$\vec{p}$
P_2'
$\vec{n}_r$
$\vec{n}_b$
$\vec{p}_2$
-3
F_2
P_2

Розв'язок (2)

$$\vec{p} = [-3\ 6.5] + [(6+3)\ (-4.5-6.5)] \cdot t = [-3\ 6.5] + [9\ -11] = (-3+9 \cdot t) \cdot \vec{i} + (6.5-11 \cdot t) \cdot \vec{j},$$

причому $0 \le t \le 1$.

Отже:

$$\vec{p} - \vec{f_1} = (2 + 9 \cdot t) \cdot \vec{i} + (2.5-11 \cdot t) \cdot \vec{j},$$
$$\vec{p} - \vec{f_2} = (-7+9 \cdot t) \cdot \vec{i} + (9.5-11 \cdot t) \cdot \vec{j},$$
$$\vec{p_2} - \vec{p_1} = [6\ -4.5] - [9\ -11] = 9 \cdot \vec{i} - 11 \cdot \vec{j}.$$

Розв'язок (3)

Внутрішні нормалі до сторін відтинаючого вікна:

$$\overrightarrow{n_l} = \vec{i}, \quad \overrightarrow{n_r} = -\vec{i}, \quad \overrightarrow{n_b} = \vec{j}, \quad \overrightarrow{n_t} = -\vec{j}\,.$$

Умова перетину правої границі вікна:

$$\overrightarrow{n_r} \cdot (\vec{p} - \overrightarrow{f_2}\,) = 0$$

$$-7+9 \cdot t = 0$$

$$t_r = 7/9 \qquad \text{(тобто } 0 \le t \le 1\text{)}$$

Перевіримо, якою („верхньою” чи „нижньою”) границею діапазону значень параметра t може бути знайдене значення:

$(\overrightarrow{p_2} - \overrightarrow{p_1}) \cdot \overrightarrow{n_r} = -9 < 0$, тобто це імовірна верхня границя.

Розв'язок (4)

Умова перетину нижньої границі вікна:

$$\overrightarrow{n_b} \cdot (\vec{p} - \overrightarrow{f_2}) = 0$$
$$9.5\text{-}11 \cdot t = 0$$
$$t_b = 19/22 \qquad (0 \le t \le 1)$$

Перевіримо, якою („верхньою" чи „нижньою") границею діапазону значень параметра t може бути знайдене значення:

$(\overrightarrow{p_2} - \overrightarrow{p_1}) \cdot \overrightarrow{n_b} = -11 < 0$, тобто це можлива верхня границя.

Для того, щоб визначити, яке з отриманих двох значень є верхньою границею, порівняємо їх та виберемо менше значення, тобто $t_r = 7/9$. Це означає, що відрізок P_1P_2 відтинається правою стороною вікна в точці P_2' $(4\ -2.05)$.

Умова перетину лівої границі вікна:

$$\overrightarrow{n_l} \cdot (\vec{p} - \overrightarrow{f_1}) = 0$$
$$2 + 9 \cdot t = 0$$
$$t_l = -2/9 \qquad (t<0)$$

Оскільки значення параметру $t<0$, воно відкидається.

Розв'язок (5)

Умова перетину верхньої границі вікна:

$$\overrightarrow{n_t} \cdot (\overrightarrow{p} - \overrightarrow{f_1}) = 0$$
$$2.5 - 11 \cdot t = 0$$
$$t_t = 5/22 \qquad (0 \le t \le 1)$$

Перевіримо, якою („верхньою" чи „нижньою") границею діапазону значень параметра t може бути знайдене значення:

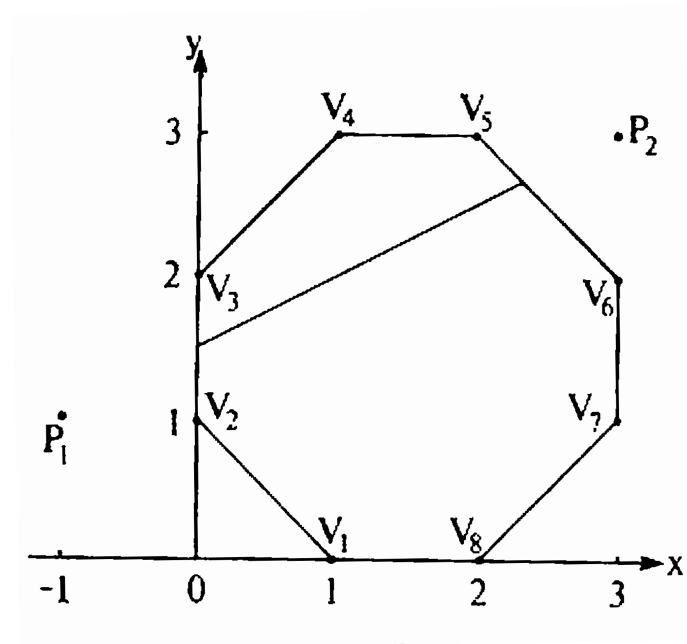
$(\overrightarrow{p_2} - \overrightarrow{p_1}) \cdot \overrightarrow{n_t} = 11 > 0$, тобто це нижня границя.

Оскільки інших варіантів для нижньої границі діапазону немає, то робимо висновок, що відрізок P_1P_2 відтинається верхньою стороною вікна в точці P_1' $(-0.95\ 4)$.

Отже, видима частина відрізку P_1P_2 обмежена значеннями параметру $5/22 \le t \le 7/9$. або від точки $(-0.95\ 4)$ до точки $(4\ -2.05)$.

CB-алгоритм: вікно відтинання довільної форми

- Задані точки P_1 *(-1,1)*, P_2 *(3,3)* та восьмикутне вікно.
- Отримати координати граничних точок видимої частини відрізка.
- Вирішення цієї задачі полягає в отриманні найменшого та найбільшого значень параметру *t*, які відповідають видимій частині відрізку, відповідно до CB-алгоритму.



- Введемо такі позначення: $\overrightarrow{D} = \overrightarrow{p_2} - \overrightarrow{p_1}$

$$\overrightarrow{w} = \overrightarrow{p_1} - \overrightarrow{f}$$

- Тоді:

при $\overrightarrow{D} \cdot \overrightarrow{n} < 0$ – верхня границя ($t_в$)

при $\overrightarrow{D} \cdot \overrightarrow{n} > 0$ – нижня границя ($t_н$)

- Результати обчислень:

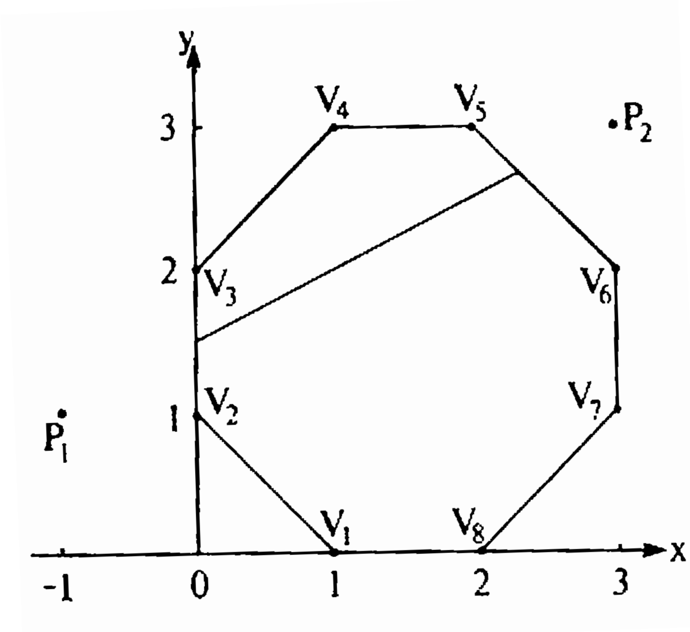
Ребро	$\vec{\mathbf{n}}$	f	$\vec{\mathbf{w}}$	$\vec{\mathbf{w}}\cdot\vec{\mathbf{n}}$	$\vec{\mathbf{D}}\cdot\vec{\mathbf{n}}$	$t_н$	$t_в$
V_1V_2	[1 1]	(1, 0)	[2 1]	−1	6	1/6	
V_2V_3	[1 0]	(0, 2)	[−1 −1]	−1	4	1/4	
V_3V_4	[1 −1]	(0, 2)	[−1 −1]	0	2	0	
V_4V_5	[0 −1]	(2, 3)	[−3 −2]	2	−2		1
V_5V_6	[−1 −1]	(2, 3)	[−3 −2]	5	−6		5/6
V_6V_7	[−1 0]	(3, 1)	[−4 0]	4	−4		1
V_7V_8	[−1 1]	(3, 1)	[−4 0]	4	−2		2
V_8V_1	[0 1]	(1, 0)	[−2 1]	1	2	−1/2	

Як приклад розглянемо ребро V_5V_6.

Згідно алгоритму $\vec{D} = \vec{p_2} - \vec{p_1} = [3\ 3] - [-1\ 1] = [4\ 2]$. Для граничної точки $f\,(2,3)$ маємо $\vec{w} = \vec{p_1} - \vec{f} = [-1\ 1] - [2\ 3] = [-3\ -2]$.

Внутрішня нормаль до ребра V_5V_6 – $\vec{n} = [-1\ -1]$. Отже $\vec{D} \cdot \vec{n} = -6 < 0$, тобто знайдена верхня границя. Оскільки $\vec{w} \cdot \vec{n} = 5$, то $t_в = -5/(-6) = 5/6$.

Аналіз таблиці показує, що максимальне серед значень $t_н$ дорівнює $1/4$, а мінімальне серед $t_в$ дорівнює $5/6$. Це означає, що відрізок є видимим в інтервалі $1/4 \leq t \leq 5/6$ або від точки $(0,\ 3/2)$ до точки $(7/3,\ 8/3)$.



Визначення опуклості багатокутників

- Факт опуклості або неопуклості двомірного полігонального вікна можна встановити шляхом обчислення векторних добутків його суміжних сторін. Виводи, які можна зробити за результатами аналізу знаків цих добутків, наступні:
  - Всі добутки дорівнюють нулю – багатокутник вироджується у відрізок.
  - Є як додатні, так і від'ємні добутки – багатокутник неопуклий.
  - Всі добутки додатні – багатокутник опуклий, а внутрішні нормалі орієнтовані ліворуч від його контуру.
  - Всі добутки від'ємні – багатокутник опуклий, а внутрішні нормалі орієнтовані праворуч від його контуру.

- Нормаль до сторони багатокутника можна обчислити виходячи з того, що скалярний добуток пари перпендикулярних векторів дорівнює нулю. Якщо n_x і n_y є невідомими компонентами нормалі до відомого вектору (V_x,V_y) сторони багатокутника, то:

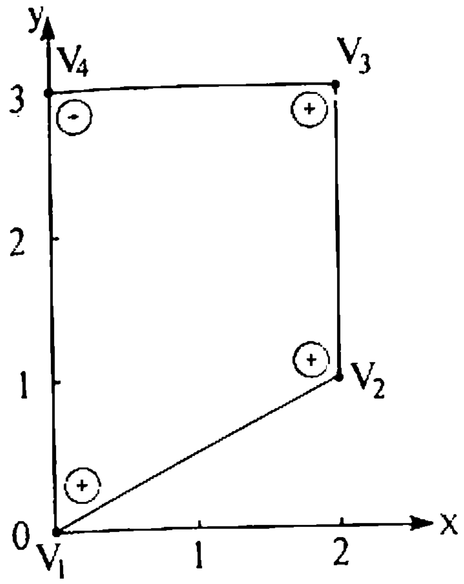
$$\bar{\mathbf{n}}\cdot\bar{\mathbf{V}}_e = (n_x\bar{\mathbf{i}} + n_y\bar{\mathbf{j}})\cdot(V_{e_x}\bar{\mathbf{i}} + V_{e_y}\bar{\mathbf{j}}) = n_xV_{e_x} + n_yV_{e_y} = 0$$

$$n_xV_{e_x} = -n_yV_{e_y}$$

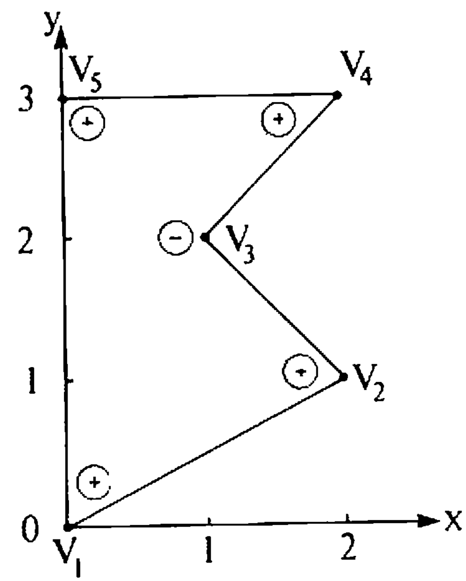
- Оскільки нас цікавить лише напрям нормалі, то припустимо, що $n_y=1$. Тоді нормаль $\bar{\mathbf{n}} = -V_{e_y}/V_{e_x}\bar{\mathbf{i}} + \bar{\mathbf{j}}$
- Якщо вектор сторони багатокутника утворений як різниця векторів пари суміжних його вершин V_{i-1} та V_i, і якщо скалярний добуток нормалі та вектору від V_{i-1} до V_{i+1} додатній, то $\bar{n}$ – внутрішня нормаль, інакше це зовнішня нормаль. Тоді внутрішню нормаль можна отримати, помноживши $\bar{n}$ на -1.

Розглянемо <u>приклад</u>.

а) Опуклий багатокутник



б) Неопуклий багатокутник



Розглянемо векторний добуток сторін, що є суміжними вершині V_2, та внутрішню нормаль до сторони V_1V_2 для опуклого багатокутника (випадок „а”).

Вектори, що є суміжними до вершини V_2:

$$\overline{V_1V_2} = 2\bar{i} + \bar{j} \qquad \overline{V_2V_3} = 2\,\bar{j}.$$

Їх векторний добуток дорівнює:

$$\overline{V_1V_2} \otimes \overline{V_2V_3} = 4\bar{k}$$

де $\bar{k}$ – одиничний вектор, який є перпендикулярним до площини багатокутника.

Цей векторний добуток є додатним.

З таблиці для випадку „а” видно, що векторні добутки позитивні для всіх вершин цього багатокутника:

Випадок „а”

Вершина	Вектори	Векторний добуток
V_1	$\overline{\mathbf{V}_4\mathbf{V}_1} \otimes \overline{\mathbf{V}_1\mathbf{V}_2}$	$[\ 0 \quad -3] \otimes [\ 2 \quad 1] = +6$
V_2	$\overline{\mathbf{V}_1\mathbf{V}_2} \otimes \overline{\mathbf{V}_2\mathbf{V}_3}$	$[\ 2 \quad 1] \otimes [\ 0 \quad 2] = +4$
V_3	$\overline{\mathbf{V}_2\mathbf{V}_3} \otimes \overline{\mathbf{V}_3\mathbf{V}_4}$	$[\ 0 \quad 2] \otimes [-2 \quad 0] = +4$
V_4	$\overline{\mathbf{V}_3\mathbf{V}_4} \otimes \overline{\mathbf{V}_4\mathbf{V}_1}$	$[-2 \quad 0] \otimes [\ 0 \quad -3] = +6$

Тому цей багатокутник є опуклим.

У випадку „б” векторний добуток векторів, що є сторонами, які суміжні вершині V_3, від’ємний, в той час, як для всіх інших вершин він додатній:

Випадок „б”

Вершина	Вектори	Векторний добуток
V_1	$\overline{\mathbf{V_5V_1}} \otimes \overline{\mathbf{V_1V_2}}$	$[\ 0\ \ -3] \otimes [\ 2\ \ 1] = +6$
V_2	$\overline{\mathbf{V_1V_2}} \otimes \overline{\mathbf{V_2V_3}}$	$[\ 2\ \ 1] \otimes [-1\ \ 1] = +3$
V_3	$\overline{\mathbf{V_2V_3}} \otimes \overline{\mathbf{V_3V_4}}$	$[-1\ \ 1] \otimes [\ 1\ \ 1] = -2$
V_4	$\overline{\mathbf{V_3V_4}} \otimes \overline{\mathbf{V_4V_5}}$	$[\ 1\ \ 1] \otimes [-2\ \ 0] = +2$
V_5	$\overline{\mathbf{V_4V_5}} \otimes \overline{\mathbf{V_5V_1}}$	$[-2\ \ 0] \otimes [\ 0\ \ -3] = +6$

Тому цей багатокутник є неопуклим.

Нормаль до вектору сторони V_1V_2:

$$\bar{n} = -1/2\bar{i} + \bar{j}$$

або

$$\bar{n} = -\bar{i} + 2\bar{j}$$

Вектор V_1V_3:

$$2\bar{i} + 3\bar{j}.$$

Отже:

$$\bar{n} \cdot \overline{V_1V_3} = (-\bar{i} + 2\bar{j}) \cdot (2\bar{i} + 3\bar{j}) = 4 > 0,$$

<u>Висновок</u>: отримана нормаль є внутрішньою.

Декомпозиція неопуклих багатокутників

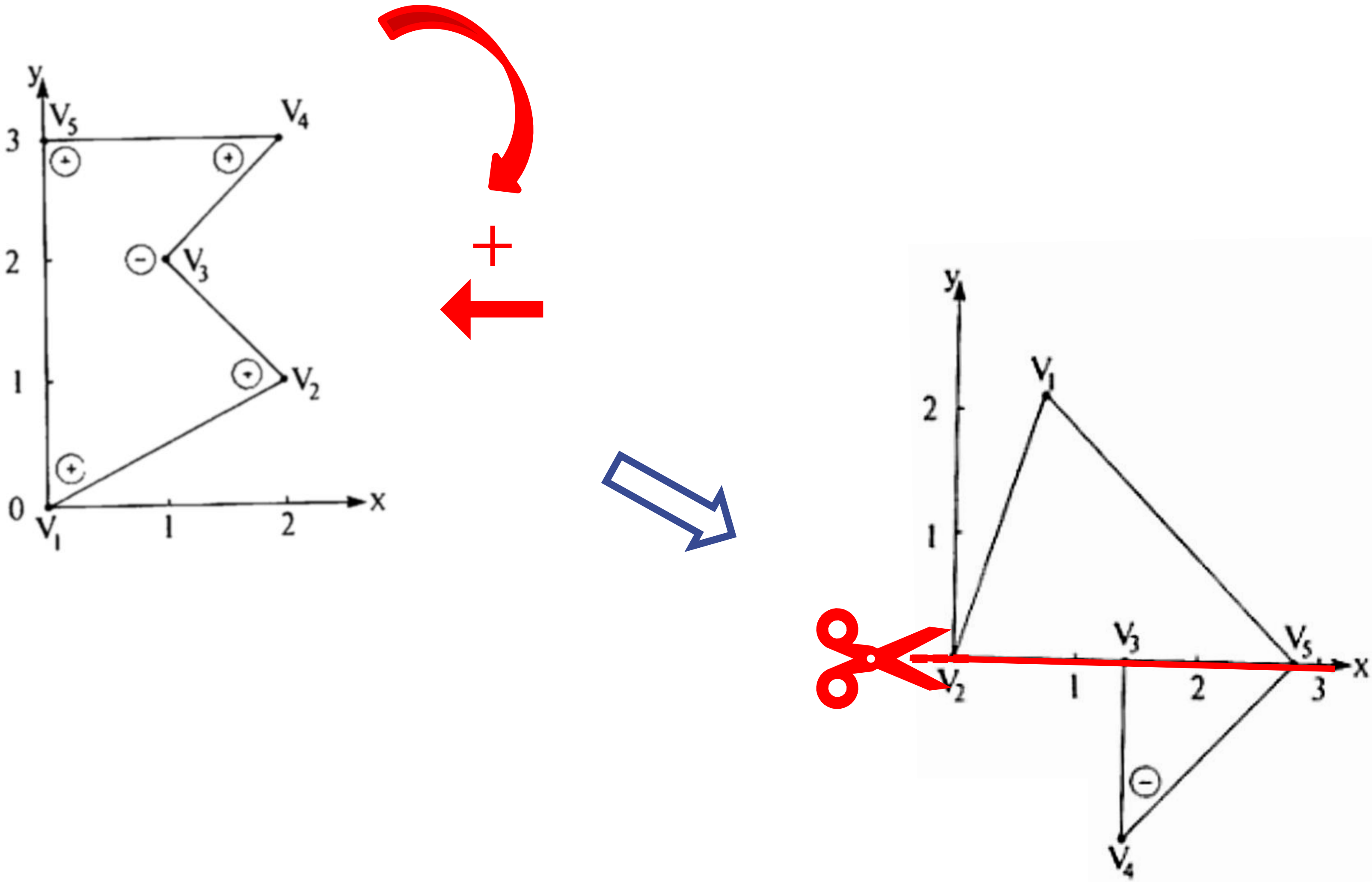
Нехай вершини неопуклого багатокутника перелічуються проти годинникової стрілки. Тоді:

1. Для кожної *i*-ї вершини багатокутника необхідно так його перенести, щоб ця вершина співпадала з початком координат.
2. Повернути багатокутник відносно початку координат по годинниковій стрілці так, щоб (*i+1*)-а його вершина опинилася на позитивній півосі x.
3. Проаналізувати знак ординати (*i*+2)-ї вершини. Якщо він позитивний, то багатокутник є опуклим в (*i+1*)-й вершині. Якщо ж цей знак негативний, то багатокутник є неопуклим; необхідно його розбити.

4. Багатокутник розрізається уздовж позитивної півосі x, тобто відшукуються всі такі його сторони, які перетинаються з віссю x. Як результат утворюються два нових багатокутника: один складається з вершин вихідного неопуклого багатокутника, починаючи з ($i+1$)-ї вершини і закінчуючи точкою перетину (цей багатокутник цілком знаходиться нижче за вісь x), а другий утворений цією точкою перетину та всіма вершинами вихідного багатокутника, які не увійшли до складу першого багатокутника (цей другий багатокутник може перетинати вісь x).

Алгоритм рекурсивно застосовується до отриманих багатокутників, поки всі вони не стануть опуклими.

Приклад:



Питання?


АЛГОРИТМИ ВІДТИНАННЯ
Слайди до лекцій з дисципліни
«Математичні та алгоритмічні основи комп'ютерної графіки»
Лектор: к.т.н., доцент Сулема Є.С.
Каф. ПЗКС, ФПМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського
2018/2019 навч. рік