

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеська національна академія харчових технологій

НА ШЛЯХУ ДО ІНДУСТРІЇ 4.0: ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, МОДЕЛЮВАННЯ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, АВТОМАТИЗАЦІЯ

Монографія

За загальною редакцією
С. В. Котлика

Одеса
«Астропринт»
2021

6. Nishanth K. J., Ravi V. A Computational Intelligence Based Online Data Imputation Method: An Application For Banking. *Journal of Information Processing Systems*. 2013. Vol. 9, no. 4. P. 633–650.
7. Gheyas I. A. Novel Computationally Intelligent Machine Learning Algorithms for Data Mining and Knowledge Discovery. Nov. 2009, Accessed: Jul. 18, 2020. Available: <http://dspace.stir.ac.uk/handle/1893/2152>
8. Gheyas I. A., Smith L. S. A neural network-based framework for the reconstruction of incomplete data sets. *Neurocomputing*. 2010. Vol. 73, no. 16–18. P. 3039–3065. DOI: 10.1016/j.neucom.2010.06.021.
9. Qiao L., Liu Y., Zhu J. Application of generalized regression neural network optimized by fruit fly optimization algorithm for fracture toughness in a pearlitic steel. *Engineering Fracture Mechanics*. 2020. Vol. 235. P. 107105. DOI: 10.1016/j.engfracmech.2020.107105.
10. Varanasi J., Tripathi M. M. A hybrid model of generalized regression neural network and radial basis function neural network for wind power forecasting in Indian wind farms. *Journal of Statistics and Management Systems*. 2020. Vol. 23, no. 1. P. 49–63. DOI: 10.1080/09720510.2020.1721598.
11. Tkachenko R., Izonin I., Dronyuk I., Logoyda M., Tkachenko P. Recover Missing Sensor Data with GRNN-based Cascade Scheme. *International Journal of Sensors, Wireless Communications and Control*. 2020. P. 1–10 (in press).
12. Вітінський П. В., Ткаченко Р. О., Ізонін І. В. Ансамбль мереж GRNN для розв’язання задач регресії з підвищеною точністю. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29, № 8. DOI: 10.36930/40290822.
13. Tkachenko R., Izonin I., Kryvinska N., Dronyuk I., Zub K. An Approach towards Increasing Prediction Accuracy for the Recovery of Missing IoT Data Based on the GRNN-SGTM Ensemble. *Sensors*. 2020. Vol. 20, no. 9. DOI: 10.3390/s20092625.
14. Izonin I., Tkachenko R., Kryvinska N., Zub K., Mishchuk O., Lisovych T. Recovery of Incomplete IoT Sensed Data using High-Performance Extended-Input Neural-Like Structure. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 160. P. 521–526. DOI: 10.1016/j.procs.2019.11.054.
15. Izonin I., Tkachenko R., Verhun V., Zub K. An approach towards missing data management using improved GRNN-SGTM ensemble method. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 2020. P. S2215098620342348. DOI: 10.1016/j.jestch.2020.10.005.
16. De Vito S., Massera E., Piga M., Martinotto L., Di Francia G. On field calibration of an electronic nose for benzene estimation in an urban pollution monitoring scenario. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2008. Vol. 129, no. 2. P. 750–757. DOI: 10.1016/j.snb.2007.09.060.
17. Tkachenko R., Izonin I., Vitynskyi P., Lotoshynska N., Pavlyuk O. Development of the Non-Iterative Supervised Learning Predictor Based on the Ito Decomposition and SGTM Neural-Like Structure for Managing Medical Insurance Costs. *Data*. 2018. Vol. 3, no. 4. P. 46. DOI: 10.3390/data3040046.
18. Izonin I., Kryvinska N., Tkachenko R., Zub K., Vitynskyi P. An Extended-Input GRNN and its Application. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 160. P. 578–583. DOI: 10.1016/j.procs.2019.11.044.

МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДУ ОЦІНЮВАЛЬНОЇ ФУНКЦІЇ ДЛЯ АНТИАЛІАЙЗИНГУ ВЕКТОРІВ

**Романюк О. Н., Курінний М. С., Романюк С. О.,
Коробейнікова Т. І., Романюк О. В**

Розроблено метод антиаліаїзунгу векторних границь багатокутників з використанням модифікованої оцінювальної функції. Суть методу полягає у використанні спеціальної оцінювальної функції, знак якої визначає координати точок траєкторії, а значення — інтенсивність кольору точок. Запропоновано нову оцінювальну функцію, використання якої дозволяє виключити довгі операції з циклу інтерполювання. На основі встановленого взаємозв’язку оцінювальної функції з площею покриття пікселя ребром багатокутника запропоновано новий метод антиаліаїзунгу векторів, у якому інтенсивність кольору точок визначається шляхом порівняння поточкових значень оцінювальної функції з різними рівнями її максимального значення.

A method for antialiasing vector boundaries of polygons using a modified estimation function has been developed. The essence of the method is to use a special estimating function, the sign of which determines the coordinates of the points of the trajectory, and the value — the color intensity of the points. A new estimation function is proposed, the use of which allows to exclude long operations from the interpolation cycle. Based on the established relationship of the estimation function with the pixel coverage area of the polygon edge, a new method of vector antialiasing is proposed, in which the color intensity of points is determined by comparing the flow values of the estimation function with different levels of its maximum value.

При формуванні растрових зображень виникають спотворення, які обумовлені недостатньою роздільною здатністю растра. На зображеннях з’являються артефакти, одним із проявів яких є яскраво виражені сходинки або зубці на краях об’єктів. Цей ефект отримав назву ступінчастого ефекту чи ефекту аліаїзунгу [1–4]. Сучасний рівень технологій поки що не в змозі забезпечити таку високу роздільну здатність, тому для забезпечення реалістичності синтезованих зобра-

жень у системах комп'ютерної графіки використовують спеціальні методи та засоби усунення ступінчастого ефекту.

Ефект аліайзингу суттєво впливає на якість та реалістичність сформованого зображення, тому для забезпечення реалістичності синтезованих зображень у системах комп'ютерної графіки використовують спеціальні методи та засоби усунення ступінчастого ефекту.

При формуванні векторів у дискретному координатному просторі найбільше поширення отримав метод оцінювальної функції [5–7].

Розглянемо використання оцінювальної функції для антиаліайзингу векторних границь багатокутників. Оцінювальну функцію будемо розраховувати за формулами [5]:

$$OF_{i+1} = \begin{cases} OF_i - МП, & \text{якщо } OF_i \geq 0, \\ OF_i + \Delta, & \text{якщо } OF_i < 0, \end{cases} \quad (1)$$

де $OF_0 = \lfloor БП / 2 \rfloor$, $\Delta = БП - МП$.

Якщо оцінювальна функція, отримана на деякому кроці, має додатний знак, то значення оцінювальної функції збігається зі значенням оцінювальної функції в точці, що була обрана на даному кроці. У випадку, коли знак оцінювальної функції є від'ємним, її значення збігається зі значенням оцінювальної функції у точці, що розташована на одну дискрету нижче точки, що була обрана на даному кроці [12]. Таким чином, якщо на i -му кроці інтерполювання отримано додатне значення оцінювальної функції, то це значення збігається зі значенням оцінювальної функції в точці, що була обрана на цьому кроці. Оцінювальна функція в «дійсній» точці для цього випадку буде дорівнювати: $OF_{i \text{ дійсн.}} = OF_i^+$.

Якщо на i -му кроці інтерполювання оцінювальна функція має від'ємне значення, то значення оцінювальної функції для прогнозуваної точки буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} OF_i^- &= (y_i - 1) \cdot БП - x_i \cdot МП + БП / 2 = \\ &= y_i \cdot БП - x_i \cdot МП - БП / 2 = OF_i^- - БП. \end{aligned}$$

З останнього виразу випливає, що значення оцінювальної функції в дійсній точці знаходиться за формулою: $OF_{i \text{ дійсн.}} = OF_i^- + БП$.

Із врахуванням наведених виразів отримуємо вираз для обчислення площі покриття пікселя ребром багатокутника:

$$S_{\text{набл}} = \begin{cases} 1 - \frac{OF_i}{БП}, & \text{якщо } OF_i \geq 0, \\ \frac{-OF_i}{БП}, & \text{якщо } OF_i < 0. \end{cases} \quad (2)$$

Нижче показано, що розрахунки згідно з останнім виразом забезпечують точне визначення площі покриття тільки для випадку, коли пряма перетинає в ортогональному напрямку один піксель.

Визначимо умови, за яких пряма перетинає в ортогональному напрямку два пікселя. На рис. 1 показано випадок, коли пряма перетинає потоковий піксель та піксель, який розташовано на одну дискрету вище.

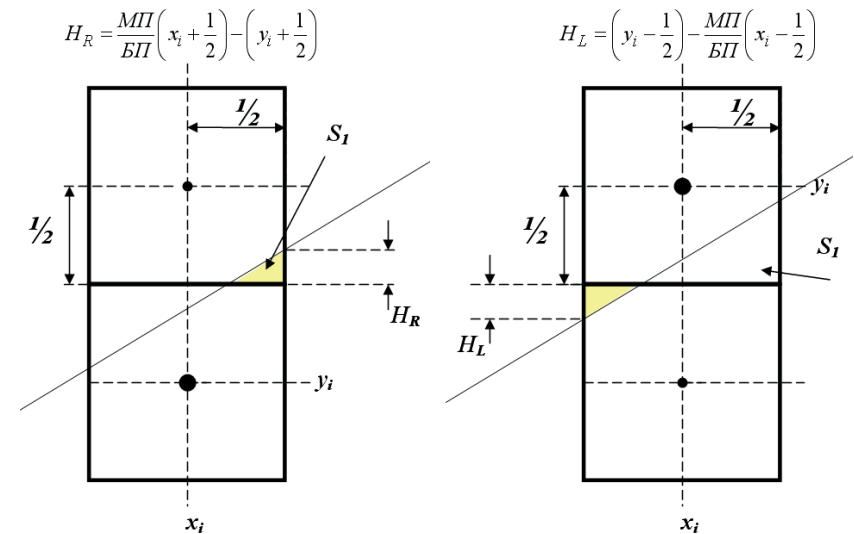


Рис. 1. Випадки перетину відрізком прямої двох пікселів в ортогональному напрямку

Знайдемо відстань від верхньої границі пікселя до точки, в якій пряма перетинає праву границю пікселя:

$$H_R = \frac{МП}{БП} \left(x_i + \frac{1}{2} \right) - \left(y_i + \frac{1}{2} \right). \quad (3)$$

Очевидно, що тільки при $H_R > 0$ пряма крім потокового пікселя перетинає також піксель, який розташовано на одну дискрету вище.

На рис. 1 показано випадок, коли пряма крім потокового пікселя перетинає піксел, який розташовано на одну дискрету нижче. Відстань від нижньої границі пікселя до точки, в якій пряма перетинає ліву границю пікселя, визначається за виразом:

$$H_L = \left(y_i - \frac{1}{2} \right) - \frac{МП}{БП} \left(x_i - \frac{1}{2} \right). \quad (4)$$

Пряма перетинає потоковий піксел і піксел, який розташовано на одну дискрету нижче, лише при умові, що $H_L > 0$.

Оскільки розглядаються лише відрізки прямих, що належать першому октанту, то при $H_L > 0$ значення H_R завжди менше нуля і навіпаки.

Для випадку, коли $H_R > 0$, площу покриття верхнього пікселя можна визначити за виразом [3]

$$S(x_i, y_i + 1) \approx S_{1_{анп}}^H = \frac{1}{4} \left(\frac{МП}{БП} \left(x_i + \frac{1}{2} \right) - \left(y_i + \frac{1}{2} \right) \right) - \frac{МП}{64БП}.$$

Перепишемо останній вираз з врахуванням виразу (3):

$$S(x_i, y_i + 1) = \frac{H_R}{4} - \frac{МП}{64БП}.$$

Із останньої формули випливає, що значення H_R може бути використано не тільки для відслідковування випадків перетину в ортогональному напрямку двох пікселів відрізком прямої, а й для розрахунку площі покриття пікселя.

Площа покриття потокового пікселя визначається за формулою:

$$S(x_i, y_i) = S_{набл} - S(x_i, y_i + 1).$$

Для випадку, коли $H_L > 0$, площа покриття верхнього пікселя визначається за формулою

$$S(x_i, y_i) \approx S_{1_{анп}}^B = \frac{МП}{БП} x_i - y_i + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \left(\left(y_i - \frac{1}{2} \right) - \frac{МП}{БП} \left(x_i - \frac{1}{2} \right) \right) - \frac{МП}{64БП}.$$

Підставивши в останню формулу вираз (4), отримуємо:

$$S(x_i, y_i) \approx \frac{МП}{БП} x_i - y_i + \frac{1}{2} + \frac{H_L}{4} - \frac{МП}{64БП}.$$

Перепишемо останній вираз із врахуванням (2.6):

$$S(x_i, y_i) \approx S_{набл} - 1 + \frac{H_L}{4} - \frac{МП}{64БП}.$$

Площу покриття нижнього пікселя можна знайти за виразом:

$$S(x_i, y_i - 1) = S_{набл} - S(x_i, y_i) = 1 - \frac{H_L}{4} + \frac{МП}{64БП}.$$

Встановимо взаємозв'язок виразів H_L та H_R з оцінювальною функцією $OF = БП \cdot y_i - МП \cdot x_i + БП/2$. Запишемо формулу (3) у вигляді:

$$H_R = \frac{МП}{БП} \left(x_i + \frac{1}{2} \right) - \left(y_i + \frac{1}{2} \right) = \frac{МП}{БП} x_i - y_i - \frac{1}{2} + \frac{МП}{2БП} = \frac{МП}{2БП} - \frac{OF}{БП}.$$

Перепишемо формулу (4) з врахуванням виразу $OF = БП \cdot y_i - МП \cdot x_i + БП/2$:

$$\begin{aligned} H_L &= \left(y_i - \frac{1}{2} \right) - \frac{МП}{БП} \left(x_i - \frac{1}{2} \right) = \\ &= y_i - \frac{МП}{БП} x_i + \frac{1}{2} + \frac{МП}{2БП} - 1 = \frac{OF}{БП} + \frac{МП}{2БП} - 1. \end{aligned}$$

Розглянемо модифіковану оцінювальну функцію:

$$OF_{мод.} = y_i - \frac{МП}{БП} x_i + \frac{1}{2}. \quad (5)$$

Знак даної функції збігається зі знаком оцінювальної функції $OF = БП \cdot y_i - МП \cdot x_i + БП/2$, отже вона може бути використана для визначення координат точок траєкторії.

З врахуванням наведених вище виразів можна запропонувати алгоритм розрахунку площі покриття пікселя ребром багатокутника, який використовує модифіковану оцінювальну функцію (5). Граф-схема такого алгоритму наведена на рис. 2. Алгоритм не містить довших операцій в циклі інтерполювання.

Для визначення інтенсивності кольору використаємо такий вираз [8; 9]:

$$I_p = I_M \cdot S + I_\phi (1 - S). \quad (6)$$

Запишемо вираз (6) у вигляді:

$$I_p = I_M \cdot S + I_\phi (1 - S) = I_\phi + S(I_M - I_\phi).$$

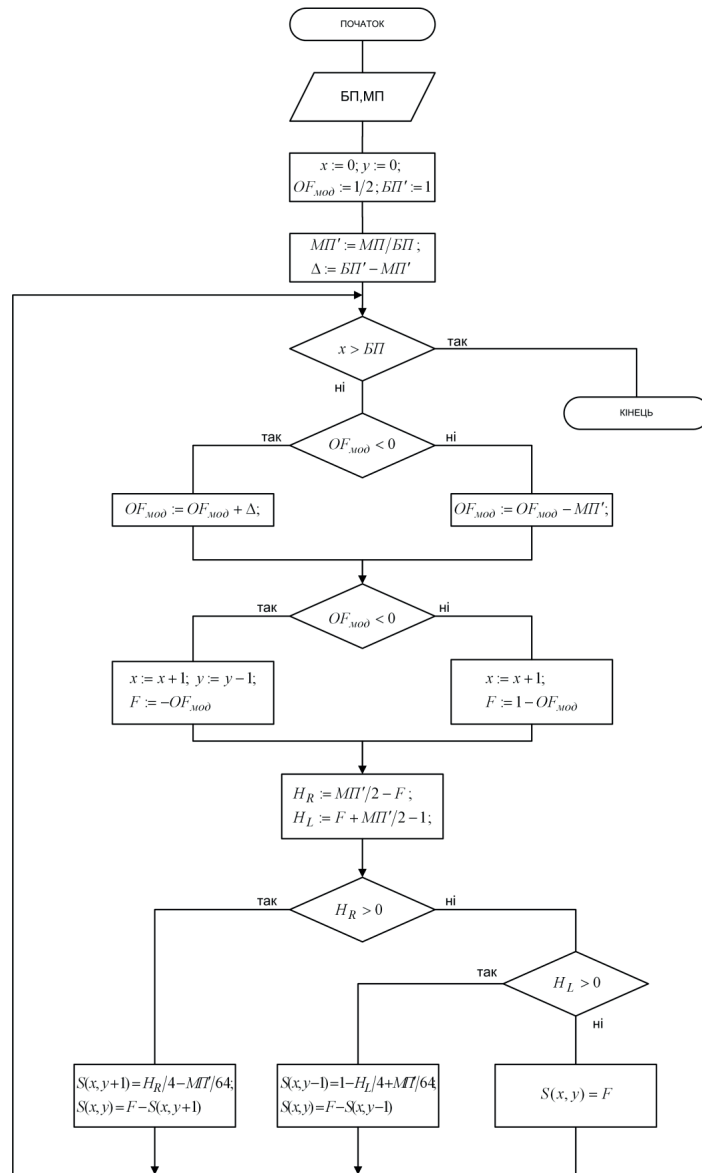


Рис. 2. Граф-схема алгоритму розрахунку площі покриття пікселя ребром багатокутника, з використанням модифікованої оцінювальної функції

У результаті такого перетворення кількість операцій множення скоротилося до однієї.

Введемо позначення $I_\phi = |I_D - I_M|$. Для випадку, коли $I_D = const$, пропонується використати таку модифіковану оцінювальну функцію:

$$OF_{\text{мод.2}} = OF_{\text{мод}} \cdot I_D = I_D y_i - I_D \frac{МП}{БП} x_i + \frac{I_D}{2}. \quad (7)$$

Знак даної функції збігається зі знаком оцінювальної функції $OF = БП \cdot y_i - МП \cdot x_i + БП/2$, отже її можна використати для визначення координат точок траєкторії. Інтенсивність кольору точок визначається через значення оцінювальної функції за формулою:

$$I_p = \begin{cases} I_\phi + (I_D - OF_{\text{мод.2}}), \text{ якщо } OF_{\text{мод.2}} \geq 0 \text{ та } I_M \geq I_\phi, \\ I_\phi - (I_D - OF_{\text{мод.2}}), \text{ якщо } OF_{\text{мод.2}} \geq 0 \text{ та } I_M < I_\phi, \\ I_\phi + (-OF_{\text{мод.2}}), \text{ якщо } OF_{\text{мод.2}} < 0, \text{ та } I_M \geq I_\phi, \\ I_\phi - (-OF_{\text{мод.2}}), \text{ якщо } OF_{\text{мод.2}} < 0 \text{ та } I_M < I_\phi. \end{cases}$$

З урахуванням наведених виразів може бути запропонований алгоритм згладжування ребра багатокутника, який використовує оцінювальну функцію (7).

Граф-схема алгоритму представлена на рис. 3.

Алгоритм не містить довгих операцій в циклі інтерполявання.

Розглянутий алгоритм потребує представлення операндів у форматі чисел із плаваючою комою, що ускладнює його апаратну реалізацію та призводить до зниження швидкодії. Обчислення можна виконувати з використанням цілочисельної арифметики, якщо оцінювальну функцію представити у вигляді:

$$OF_{\text{мод.ц}} = БП_{\text{мод.ц}} y_i - МП_{\text{мод.ц}} x_i + \frac{БП_{\text{мод.ц}}}{2},$$

де $МП_{\text{мод.ц}} = \left[I_D \frac{МП}{БП} 2^q + \frac{1}{2} \right]$, $БП_{\text{мод.ц}} = \left[I_D 2^q + \frac{1}{2} \right]$.

В цьому випадку $OF_{\text{мод.2}} \approx 2^{-q} OF_{\text{мод.ц}}$. Знайдемо абсолютну похибку визначення площі покриття, яка виникає в результаті використання цілочисельної оцінювальної функції, за формулою:

$$\delta_A = OF_{\text{мод.2}} - 2^{-q} OF_{\text{мод.ц}} = \delta_{МП} \cdot x_i,$$

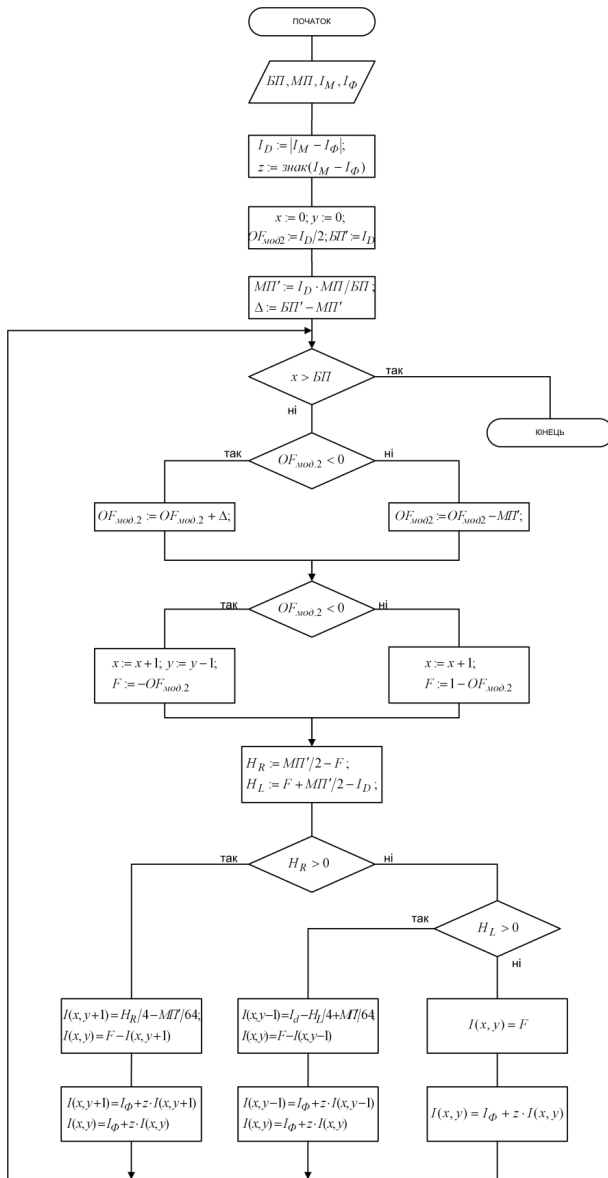


Рис. 3. Граф-схема алгоритму згладжування ребра багатокутника, з використанням модифікованої оцінювальної функції

де $\delta_{МП} = МП_{\text{мод.2}} - 2^{-q} МП_{\text{мод.ц}}$; $МП_{\text{мод.2}} = I_D \frac{МП}{БП}$.

Отже абсолютна похибка обчислення площі покриття залежить від величини більшого координатного приросту та похибки представлення параметра $МП_{\text{мод.2}}$, що має місце за рахунок округлення. Різниця між точним значенням параметра $МП_{\text{мод.2}}$ та цілочисельним значенням дорівнює:

$$\begin{aligned} \delta_{МП} &= МП_{\text{мод.2}} - 2^{-q} МП_{\text{мод.ц}} = I_D \frac{МП}{БП} - \left[I_D \frac{МП}{БП} 2^q + \frac{1}{2} \right] 2^{-q} = \\ &= 2^{-q} \left(I_D \frac{МП 2^q}{БП} - \left[I_D \frac{МП}{БП} 2^q + \frac{1}{2} \right] \right). \end{aligned}$$

З останньої формули випливає, що $\delta_{МП \text{ max}} = 2^{-q-1}$. Якщо інтенсивність кольору пікселя необхідно обчислити з точністю до 2^{-p} , то значення параметра q знаходиться з рівняння:

$$2^{-q-1} 2^{\log_2(БП_{\text{max}})} = 2^{-p-1}.$$

Розв'язавши рівняння, отримуємо формулу для визначення граничного значення параметра q :

$$q = p + \log_2(БП_{\text{max}}).$$

Для випадку, коли інтенсивність кольору обчислюється з точністю до цілих, а максимальне значення більшого координатного приросту не перевищує 2048, значення параметра q повинно бути не меншим за 12.

Розглянемо використання модифікованої оцінювальної функції для згладжування ребер багатокутників, що зафарбовуються за методом Гуро [1; 8].

Якщо I_i — інтенсивність кольору i -го граничного пікселя, яка розраховується за алгоритмом рендерингу Гуро [1, 8], то для усунення ефекту аліазингу його інтенсивність встановлюється пропорційно до площі, яку відтинає від пікселя відрізок прямої, тобто $I_{P_i} = I_i S_i$.

З урахуванням виразу (2) отримуємо:

$$I_{P_i} = \begin{cases} I_i - \frac{OF_i}{БП} I_i, & \text{якщо } OF_i \geq 0; \\ \left\lfloor \frac{OF_i}{БП} I_i \right\rfloor, & \text{якщо } OF_i < 0. \end{cases}$$

Пропонується використати оцінювальну функцію $I_{C_i} = \frac{OF_i}{БП} I_i$, знак якої збігається із знаком оцінювальної функції (1). Останній вираз для розрахунку інтенсивності кольору пікселя може бути записаний у вигляді:

$$I_{P_i} = \begin{cases} I_i - I_{C_i}, & \text{якщо } I_{C_i} \geq 0; \\ |I_{C_i}|, & \text{якщо } I_{C_i} < 0. \end{cases}$$

Розглянемо вирази для інкрементального розрахунку оцінювальної функції I_C . Значення інтенсивності кольору наступного пікселя можна встановити через приріст ΔI інтенсивності кольору вздовж ребра багатокутника та інтенсивність кольору попереднього пікселя: $I_{i+1} = I_i + \Delta I$.

Якщо згідно з алгоритмом лінійного інтерполювання з точки i в точку $i+1$ виконується горизонтальне крокове переміщення, то з врахуванням виразу (1) знаходимо:

$$\begin{aligned} I_{C_{i+1}} &= \frac{OF_{i+1}}{БП} I_{i+1} = \frac{OF_i + \Delta}{БП} (I_i + \Delta I) = \frac{OF_i}{БП} I_i + \frac{OF_i}{БП} \Delta I + \frac{\Delta}{БП} I_i + \frac{\Delta}{БП} \Delta I = \\ &= \frac{OF_i}{БП} I_i + \frac{OF_i}{БП} \Delta I + \frac{БП - МП}{БП} I_i + \frac{БП - МП}{БП} \Delta I = \\ &= \frac{OF_i}{БП} I_i + \frac{OF_i}{БП} \Delta I - \frac{МП}{БП} I_i - \frac{МП}{БП} \Delta I + I_i + \Delta I. \end{aligned}$$

Зробимо позначення: $K_\Delta = \frac{МП}{БП} \Delta I$, $K_\Delta = const$; $K_I = \frac{МП}{БП} I_i$; $K_{OF_i} = \frac{OF_i}{БП} \Delta I$. Перепишемо останній вираз із врахуванням позначень:

$$I_{C_{i+1}} = I_{C_i} + K_{OF_i} - K_I - K_\Delta + I_i + \Delta I.$$

Розглянемо, як змінюється I_C при виконанні діагонального кроку:

$$\begin{aligned} I_{C_{i+1}} &= \frac{OF_{i+1}}{БП} I_{i+1} = \frac{OF_i - МП}{БП} (I_i + \Delta I) = \\ &= \frac{OF_i}{БП} I_i + \frac{OF_i}{БП} \Delta I - \frac{МП}{БП} I_i - \frac{МП}{БП} \Delta I = \\ &= I_{C_i} + K_{OF_i} - K_I - K_\Delta. \end{aligned}$$

Значення K_I може бути розраховане через своє попереднє значення за формулою:

$$K_{I_{i+1}} = \frac{МП}{БП} (I_i + \Delta I) = \frac{МП}{БП} I_i + \frac{МП}{БП} \Delta I = K_{I_i} + K_\Delta.$$

Розглянемо, як змінюється значення K_{OF} при виконанні горизонтального кроку:

$$K_{OF_{i+1}} = \frac{OF_i + \Delta}{БП} \Delta I = \frac{OF_i}{БП} \Delta I + \Delta I - \frac{МП}{БП} \Delta I = K_{OF_i} + \Delta I - K_\Delta.$$

При виконанні діагонального кроку значення K_{OF} знаходиться за виразом:

$$K_{OF_{i+1}} = \frac{OF_i - МП}{БП} \Delta I = \frac{OF_i}{БП} \Delta I - \frac{МП}{БП} \Delta I = K_{OF_i} - K_\Delta.$$

З урахуванням наведених виразів можна запропонувати алгоритм згладжування ребер багатокутників, що зафарбовуються згідно з методом Гуро, граф-схему якого зображено на рис. 4. Згідно з алгоритмом в циклі підготовки визначаються параметри K_Δ , K_I , K_{OF} , а також початкове значення оцінювальної функції I_C . В циклі інтерполювання інкрементально визначаються інтенсивності кольору точок I_P з використанням мікрооперацій типу «додавання», що обумовлює високу швидкодію алгоритму.

Основним недоліком розглянутих підходів є необхідність виконання операції ділення та множення в циклі підготовки. З метою підвищення продуктивності процедури антиаліазингу необхідно виключити з обчислювального процесу «довгі» мікрооперації. Розглянемо новий підхід до обчислювання інтенсивностей кольору точок, який не потребує виконання «довгих» операцій.

Нехай:

$$D = \begin{cases} БП - OF_i, & \text{якщо } OF_i \geq 0, \\ -OF_i, & \text{якщо } OF_i < 0. \end{cases} \quad (8)$$

Перепишемо формулу (3) для обчислення площі покриття пікселя з врахуванням останнього виразу: $S_{набл} = \frac{D}{БП}$.

Можна сформулювати таке правило: якщо $D = l \cdot БП$, то площа покриття пікселя дорівнює l ($0 \leq l \leq 1$). Наприклад: якщо $D = БП/2$, то $S = 1/2$. Таким чином, площу покриття пікселя можна визначити шляхом порівняння значення D із різними рівнями квантування значення більшого координатного приросту. При цьому згладжування ребер багатокутника відбувається за таким алгоритмом:

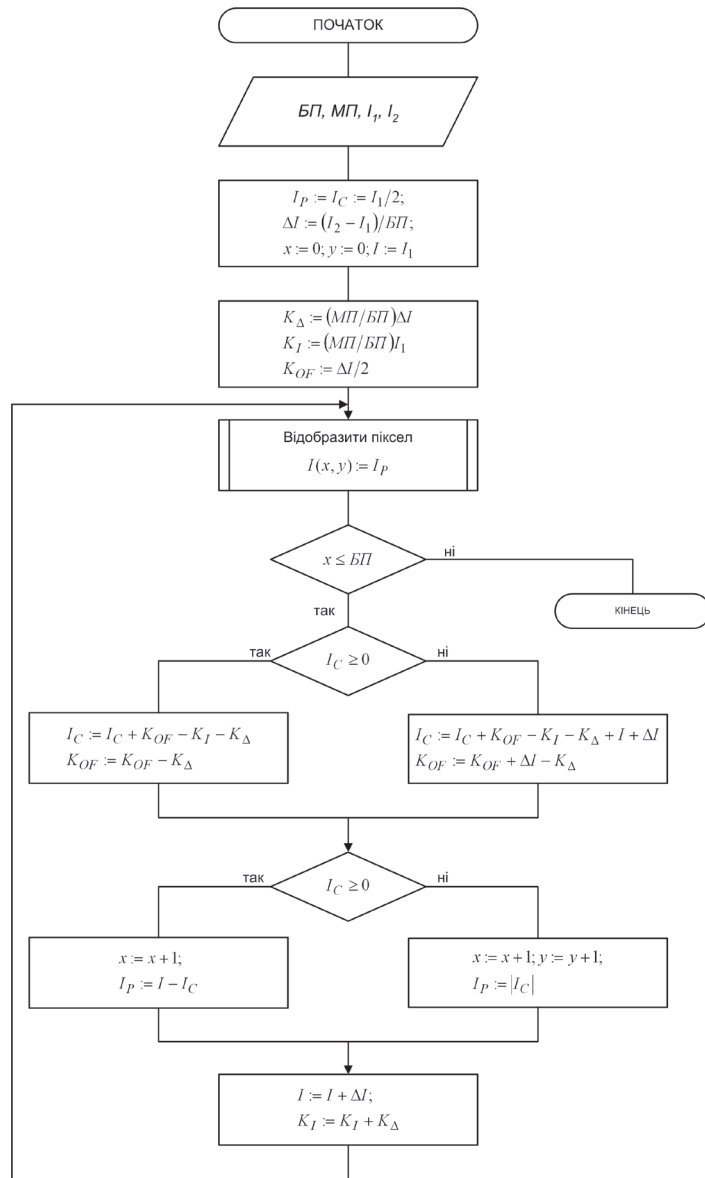


Рис. 4. Граф-схема алгоритму згладжування ребер багатокутників, що зафарбовуються згідно з методом Гуро

1. Здійснюється лінійна інтерполяція з параметрами *БП* та *МП* за методом оцінювальної функції з початковим значенням *БП/2*;

2. На кожному кроці інтерполяції за формулою (8) обчислюється значення *D* ;

3. Шляхом порівняння значення *D* з різними рівнями квантування значення *БП* визначається інтенсивність кольору точок траєкторії.

Рівні квантування доцільно обирати кратними ступеням двійки, що дозволить уникнути виконання операції ділення, яку в даному випадку буде замінено операцією зсуву. Розглянемо процедуру визначення інтенсивності кольору при використанні п'яти рівнів квантування (0, 1/4, 1/2, 3/4, 1) . У даному випадку необхідно виконати чотири операції порівняння за таким алгоритмом:

якщо $D < (БП/4 - БП/8)$, то $S = 0$; $I_p = I_{фон}$;

інакше, якщо $D < (БП/2 - БП/8)$, то $S = 1/4$; $I_p = 1/4 I_M + 3/4 I_{фон}$;

інакше, якщо $D < (3БП/4 - БП/8)$, то $S = 1/2$; $I_p = 1/2 I_M + 1/2 I_{фон}$;

інакше, якщо $D < (БП - БП/8)$, то $S = 3/4$; $I_p = 3/4 I_M + 1/4 I_{фон}$;

інакше $S = 1$; $I_p = I_M$.

Цей алгоритм не потребує виконання довгих операцій. При апаратній реалізації операції порівняння можуть виконуватись паралельно, що забезпечить високу швидкість розрахунку інтенсивності кольору. Алгоритм враховує, що інтенсивності кольору ребра багатокутника та фонового зображення можуть змінюватись вздовж крокової траєкторії.

Точність обчислення інтенсивності кольору можна підвищити шляхом збільшення кількості рівнів квантування. При цьому зростають апаратні витрати за рахунок введення додаткових пристроїв порівняння. Для випадку, коли використовується більше п'яти рівнів квантування, процес порівняння доцільно виконувати поетапно. Це дозволить зменшити кількість додаткових блоків порівняння. На рис. 5 наведено граф-схему алгоритму визначення інтенсивності кольору для восьми рівнів квантування. У цьому алгоритмі порівняння виконується у два етапи. На першому етапі від значення *D* віднімається відповідне квантоване значення більшого координатного приросту. Результат операції віднімання використовується на другому етапі для порівняння з наступним квантованим рівнем більшого координатного приросту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Романюк О. Н. Комп'ютерна графіка: навч. посіб. Вінниця: ВДГУ, 2001. 130 с.
2. Романюк О. Н., Курінний М. С., Денисюк В. О. Апаратно-орієнтований метод антиаліайзінгу крокової траєкторії відрізків прямих. *Ресстрація, зберігання і обробка даних*. 2007. Т. 8, № 3. С. 11–19.
3. Романюк О. Н., Курінний М. С. Ефективний алгоритм антиаліайзінгу векторних границь багатокутника. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*: зб. наук. праць. Вінниця: ВДГУ, 2002. С. 105–109.
4. Романюк О. Н., Курінний М. С. Математичні моделі пікселів для задач антиаліайзінгу. *Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту*. 2002. № 3. С. 35–47.
5. Петух А. М., Обідник Д. Т., Романюк О. Н. Інтерполяція в задачах контурного формоутворення: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2007. 142 с.
6. Романюк О. Н. Контроль реалізації функцій лінійного інтерполювання. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 1996. № 4. С. 28–32.
7. Романюк О. Н., Гульчак Ю. П., Чорний А. В. Новий підхід до реалізації лінійного інтерполювання. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 1999. № 4. С. 94–96.
8. Романюк О. Н., Чорний А. В. Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів: монографія. Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. 190 с.
9. Петров М. Н., Молочков И В. Компьютерная графика. СПб.: Петербург, 2002. 302 с.

КОНТЕКСТНО-ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ БЕЗПЕКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ**Чаплінський Ю. П., Субботіна О. В.**

Сучасні технології харчової промисловості, вимоги безпеки харчових продуктів ланцюга поставок продуктів харчування від ферми до столу характеризуються необхідністю прийняття комплексних і раціональних рішень. Складність в реалізації такого прийняття рішень полягає в необхідності синтезу різних точок зору на проблему, несумісність задач прийняття рішень через структуру або обмежуючі фактори тощо. При цьому необхідно розглядати різні аспекти прийняття рішень. Представлена актуальність використання знаньорієнтованих онтологій, що реалізуються через онтології та контекст. Описано розроблені онтології та онтологічні системи безпечності продуктів

харчування. Представлено множину онтологій підтримки прийняття рішень щодо безпеки продуктів харчування. Представлено базову онтологію як засіб визначення та інтеграції понять та термінів і їх зв'язків для опису предметних областей та розв'язання певних задач у відповідних предметних областях. Описано використання контексту та контекстної онтології, що дозволяє розпізнати, зрозуміти та представити відповідні задачі прийняття рішень.

Modern technologies of the food industry, food safety requirements of the food supply chain from the farm to the table are characterized by the need for comprehensive and rational decisions. The difficulty in implementing such decision-making is the need to synthesize different points of view on the problem, the incompatibility of decision-making tasks due to structure or limiting factors, and so on. It is necessary to consider various aspects of decision-making. The relevance of the use of knowledge-oriented ontologies implemented through ontologies and context is presented. Developed ontologies and ontological systems for food safety are described. A variety of food safety decision support ontologies are presented. The basic ontology is presented as a means of defining and integrating concepts and terms and their connections to describe subject areas and solve certain problems in the relevant subject areas. The use of context and context ontology is described, which allows to recognize, understand and present the relevant decision-making tasks.

Сьогодні використання та управління знаннями в процесі прийняття рішень розглядається як потужна конкурентна перевага на підприємстві, орієнтованому на постійні зміни ділових процесів. Складність в реалізації прийняття рішень полягає в необхідності синтезу різних точок зору на проблему, використання термінів та понять з різних предметних областей, для опису своїх ідей управління великою кількістю інформації, що стосується проблеми, та розуміння рішень, що приймаються, тощо. Це вимагає необхідності прийняття комплексних та раціональних рішень. При цьому сучасні технології харчової промисловості, вимоги безпеки харчових продуктів ланцюга поставок продуктів харчування від ферми до столу, вимоги до харчової логістики, продажів продуктів харчування, зберігання продуктів харчування, вимоги до зниження ризиків використання продуктів харчування та виникнення хвороб харчового походження, необхідність підтримання громадської довіри до безпечності харчових продуктів і т. д. — визначають необхідність контролювати весь ланцюг виробництва харчового продукту. Діяльність як окремих людей, так і систем зараз все більшою мірою залежить від використання ними знань як одного з найцінніших ресурсів.

Це можливо реалізувати на основі використання системи управління безпечністю продуктів харчування, що базується на принципах

Наукове видання

АРТЕМЕНКО В _____ Б _____,
АРТЕМЕНКО Л _____ В _____,
АРТЕМЕНКО О _____ В _____
та інші

**НА ШЛЯХУ ДО ІНДУСТРІЇ 4.0:
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ,
МОДЕЛЮВАННЯ, ШТУЧНИЙ
ІНТЕЛЕКТ, АВТОМАТИЗАЦІЯ**

Монографія

Завідувачка редакції *Т. М. Забанова*
Технічний редактор *М. М. Бушин*

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 31,62.
Тираж 300 прим. Зам. № 798 (12).

Видавництво і друкарня «Астропринт»
65091, м. Одеса, вул. Разумовська, 21
Тел.: (0482) 37-14-25, 37-07-17, (048) 7-855-855
e-mail: astro_print@ukr.net; www.astroprint.ua; www.stranichka.in.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1373 від 28.05.2003 р.