

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ АНТИСКАНЕРНИХ СІТОК ЗАСОБАМИ Ateb-ФУНКЦІЙ

© Дронюк І., Назаркевич М., 2007

Запропоновано метод побудови антисканерних сіток на основі математичного апарату Ateb-функцій. Для цього розроблено алгоритм та відповідну йому програму з допомогою PostScript-технології. Методику можна застосувати для захисту документів.

The construction method of anti-scanning grids is offered on the basis of Ateb-functions mathematical theory. For this purpose an algorithm and computer program is developed with of PostScript-technology. This method can be applied for defence of documents.

Вступ

З інтенсивним розвитком комп'ютерної техніки та загальною доступністю копіювальних та друкарських пристроїв надзвичайно актуальною стала проблема захисту документів [1, 2]. Під документом будемо розуміти матеріальний об'єкт з інформацією, закріплений створеним людиною способом, для її передавання в часі і просторі [3]. Проблема захисту однаково стосується як авторських прав на мистецьку продукцію, так і захисту різноманітних документів від несанкціонованого копіювання або підробки.

Ще зовсім недавно доволі ефективними технологічними засобами захисту документів від можливої їх фальсифікації і підробки було застосування якісних сортів паперу з водяними знаками, дорогої поліграфічної бази для спеціальних видів друку, складних графічних елементів, голограм різних видів. Але в умовах сьогодення стало очевидно, що більшість традиційних засобів технологічного захисту близькі до межі своїх можливостей [2].

Тому розроблення нових методів захисту документів є актуальною задачею.

1. Технологія побудови растрових зображень

У поліграфічному виробництві півтонове зображення оригіналу необхідно перетворити на растрове зображення, у якому конкретний ступінь оптичної частоти відповідає растровим елементам відповідної величини.

Растрові елементи називають растровими крапками. Технологія растрування, виникла з традиційного процесу фотографування оригіналу через сітку растра, що перетворювало оригінал у структуру точок [4]. Зараз відтінки кольору отримують або за рахунок зміни площі растрових елементів (так звана технологія амплітудного растрування), або за рахунок зміни іншої частоти на одиницю площі – технологія частотного растрування.

Для друку кожне графічне зображення повинно бути перетворене у сукупність крапок. Ці крапки, зливаючись на відстані, створюють колірні переходи. Розрізняють регулярний і стохастичний растр.

На рис. 1 показано приклад кольорового регулярного растра. Оригінал відскановано і збільшено приблизно в п'ять разів. На рисунку видно зміну якості збільшеного та вихідного зображення. Зменшення якості у збільшеному зображенні відбувається за рахунок візуалізації растрових крапок.

Центри крапок, з яких формується зображення, в регулярному растрі розташовуються на однаковій відстані один від одного. Півтони формуються зміною розмірів растрової крапки. Отже, регулярний растр можна називати амплітудно-модульованим. Три основні характеристики точок регулярного растра: кут повороту растру, форма крапки і лінійатура.



Рис. 1. Приклад кольорового регулярного растра

Кут повороту растра — це набір кутів, під якими розташовуються один до одного лінії з точок растра. Для чорно-білого друку як правило використовується кут в 45° . Для кольорового друку в системі СМУК характерні такі кути повороту растра: для фарби cyan використовується поворот в 15° або 105° , для фарби magenta — 75° або 15° , для фарби yellow — 0° або 90° , для фарби black — 45° або 135° . Такі кути вибрані не випадково. У разі порушення цих значень під час друку майже гарантовано виникнення спотворення — муару.

Форма крапки (рис. 2) [5] впливає на остаточне сприйняття зображення. Як правило, крапки мають круглу форму, проте використовуються і точки інших форм, наприклад, еліптичні. Ось деякі приклади форм крапок, використовуваних у поліграфії.



Рис. 2. Приклади форм крапок у растрових зображеннях.

- 1 – кругла крапка; 2 – еліптична крапка; 3 – квадратна крапка; 4 – евклідова крапка;
5 – крапка типу "діамант"; 6 – інвертована кругла крапка; 7 – лінійна крапка;
8 – інвертована квадратна крапка*

Стохастичний растр відрізняється від описаного вище регулярного растра. Зображення формується з хаотично розкиданих точок одного розміру. Стохастичний растр позбавлений такої проблеми растрування, як муар. Поняття «лініатура», «форма крапки», «кут повороту растра» у разі застосування технології стохастичного растра не мають сенсу.

Альтернативою до растрової є векторна графіка, яка ще має назву структурної, або об'єктної. Тут всі об'єкти описуються математичними формулами, і тому такі файли є економними. Векторні зображення найефективніше інтегруються з текстом [6].

2. Опис методів захисту та використання postscript технології для побудови антисканерних сіток

Сьогодні технологія друку полягає у створенні комп'ютерного макета, формуванні PostScript файла, а потім PDF-файла, який виводять на друкарський пристрій або фотоскладальний автомат.

Матеріали для виведення на друк документів можна передати у вигляді PostScript-файла, або файла друку. Для побудови антисканерних сіток вибираємо PostScript-технологію, оскільки вона

сьогодні стала стандартом у видавничій справі [7]. Вона пропонує великий набір операторів для апаратно-незалежного рисування тексту і графіки. PostScript працює всередині пристрою виведення, одержуючи команди від текстового процесора або програми розмітки і перетворюючи їх на лінії, крапки і символи. Проте можна підготувати «сценарій» (script) з команд PostScript і скерувати їх на принтер, після чого вбудований в принтер інтерпретатор PostScript створить бажану графіку. Тому PostScript є прикладом мови для 2D-графіки.

PostScript має декілька безсумнівних переваг, яких не мають інші системи [8]:

1) PostScript є повноцінною мовою програмування. Кількість інформації у файлі друку і ефективність його виконання підвищуються якщо вже не в сто, то в десятки разів.

2) мова PostScript є машинно-незалежною. PostScript-файл може бути виведений на будь-якому PostScript-пристрої. Один і той самий файл можна видрукувати на лазерному принтері з роздільною здатністю 300 крапок на дюйм, але цей самий файл виглядатиме значно краще, якщо вивести його на фотоскладальному автоматі з роздільною здатністю 2400 крапок на дюйм.

3) синтаксис PostScript є доступний не для всіх. Але у разі мови PostScript програма — це сам файл, що підлягає виведенню на друк. Виконання — це виведення файла. Файл можна закодувати з максимальним використанням інформації про той вивідний пристрій, на якому здійснюватиметься виведення. Це покращує якість виведення та запобігає виникненню помилок.

4) PostScript – простий програмний засіб для створення складних і деталізованих рисунків дуже високої якості.

Тому в нашій розробці обираємо PostScript технологію.

Одним з ступенів захисту документів є наявність складних видів графічних елементів. Вони поділяються на: гільйоширні сітки, захисні сітки будь-яких видів, зокрема з нерегулярною структурою графічних елементів, спеціальні види растрів тощо. Фонові сітки (зокрема багатотонові, гільйоширні і з нерегулярною структурою) є складними елементами, які переплітаються і є серйозною перешкодою для імітації їх цифровими копіювальними пристроями, оскільки тонкі лінії, з яких вони складаються, постійно міняють напрямок і кривизну, через що достовірно скопіювати їх неможливо. Окрім цього, сітки виконуються світлими ненасиченими фарбами і, якщо їх скопіювати на офісній техніці, то вони „розвалюються” на окремі крапки у разі використання принтерів [1].

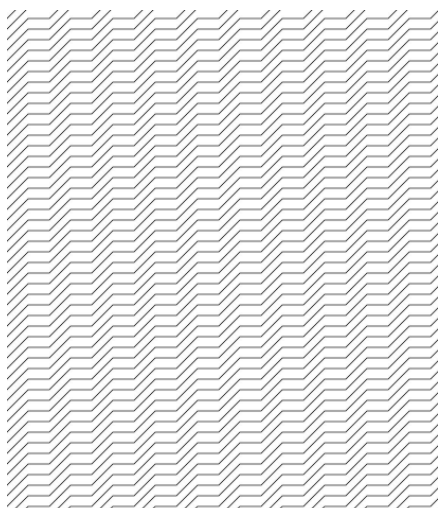


Рис. 3. Приклад графічного примітива на основі прямих ліній

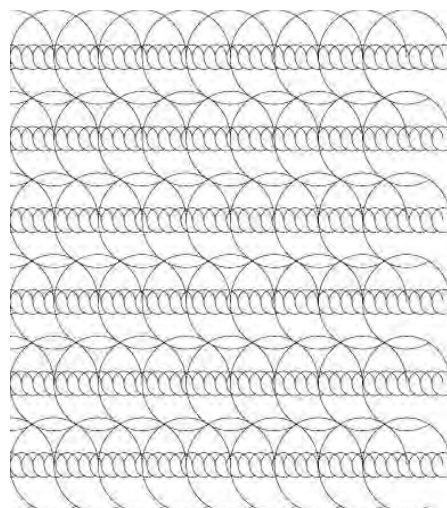


Рис. 4. Приклад графічного примітива на основі кола

Як було сказано раніше, хоча векторна графіка є кращою за растрову, але вона є не зовсім точною і приблизно описує лінії. Векторна графіка використовує наближені математичні формули. Для досягнення прецизійно високої якості зображень ця технологія є неефективною. Тому для побудови якісних антисканерних сіток, які накладаються на документ, необхідно вибирати технологію, що ґрунтується на точних математичних формулах.

За точними математичними формулами побудуємо приклади графічних примітивів на основі PostScript технології, що можуть бути використані як антисканерні сітки. Створимо такі графічні примітиви.

На рис. 3, 4, 5 показано приклади примітивних графічних сіток. На рис. 3 показано розмноження певних горизонтальних та похилених ліній, які можуть бути оформлені у вигляді сітки. На рис. 4 показані сітки на основі побудови кола, на рис. 5 показана побудова мозаїки Труше, на рис. 6 показано приклад графічного примітива на основі прямих ліній та кола.

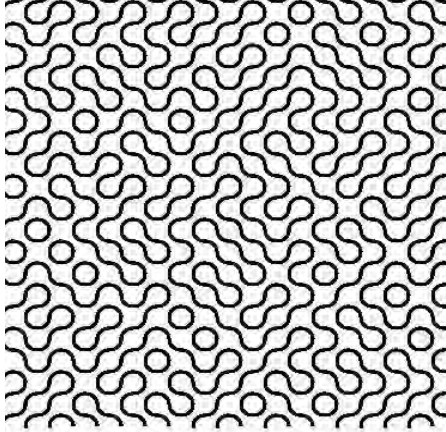


Рис. 3. Приклад графічного примітива на основі мозаїки Труше

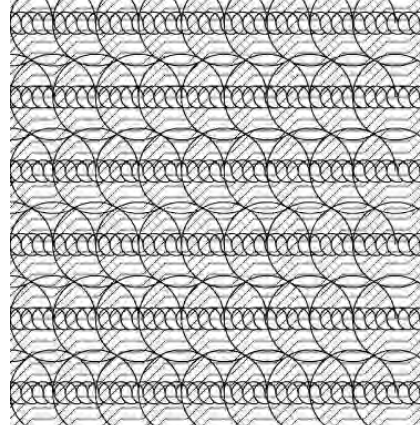


Рис. 4. Приклад графічного примітива на основі прямих ліній та кола

Це відомі методи побудови сіток [9]. На основі цих методів нами було розроблено відповідні PostScript програми, з них згенеровано PDF-файли і побудовано показані зображення.

3. Побудова антисканерних сіток за допомогою теорії Атеб-функцій

Одним з можливих засобів захисту документів є побудова антисканерних сіток за допомогою теорії Атеб-функцій. Ці функції є розв'язками нелінійної системи диференціальних рівнянь першого порядку [10]. Табулюванням Атеб-функцій можна отримати графічні зображення точних розв'язків нелінійних диференціальних рівнянь. Тому фонові сітки, які є точними розв'язками нелінійних диференціальних рівнянь, можна використовувати як технологію захисту документів. У нашому випадку сітки будуть побудовані за відомим тільки розробникам методом. Із зміною параметрів нелінійної функції сітки матимуть іншу форму.

Беремо за основу побудови антисканерних сіток періодичні Атеб-функції [10].

Періодичні Атеб-функції $sa(n, m, q)$ і $ca(m, n, q)$ є оберненням відповідних інтегралів

$$\frac{n+1}{2} \int_0^{-1 \leq v \leq 1} \frac{d\bar{v}}{(1 - \bar{v}^{n+1})^{\frac{m}{m+1}}} = \omega, \quad (1)$$

$$-\frac{m+1}{2} \int_1^{-1 \leq u \leq 1} -\frac{d\bar{u}}{(1 - \bar{u}^{m+1})^{\frac{n}{n+1}}} = \omega \quad (2)$$

де q – незалежна змінна ($-\infty \leq q \leq \infty$), а m і n – параметри, які визначаються формулами

$$n = \frac{2v^*_{1} + 1}{2v^{**}_{1} + 1}, \quad m = \frac{2v^*_{2} + 1}{2v^{**}_{2} + 1}, \quad (v^*_{1}, v^*_{2}, v^{**}_{1}, v^{**}_{2} = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (3)$$

Зміна параметрів m і n змінює період, амплітуду Атеб-функцій, а це змінює вигляд побудованих антисканерних сіток.

Функції $sa(n, m, q)$ і $ca(m, n, q)$ відносно $q \in 2\Pi(m, n)$ періодичні і мають властивості

$$sa[n, m, \Pi(m, n) - q] = sa(n, m, q)$$

$$0 \leq q \leq \frac{1}{2} \Pi(m, n)$$

$$ca[m, n, \Pi(m, n) - q] = -ca(m, n, q) \quad (4)$$

$$sa(n, m, 0) = ca\left(m, n, \frac{1}{2} \Pi(m, n)\right) = 0$$

$$sa\left(n, m, \frac{1}{2} \Pi(m, n)\right) = ca(m, n, 0) = 1 \quad (5)$$

де $\Pi(m, n) = B\left(\frac{1}{m+1}, \frac{1}{n+1}\right)$, а $B(p, l)$ – Beta-функція, яка згідно з [11] для всіх значень $p > 0$ і $l > 0$ є кінцевою величиною. Крім того, періодичні Ateb-функції задовольняють співвідношення

$$[ca(m, n, q)]^{m+1} + [sa(n, m, q)]^{n+1} = 1. \quad (6)$$

Як випливає з співвідношень (1) і (2), функції $sa(n, m, q)$ і $ca(m, n, q)$ відносно параметра q достатньо протабулювати в інтервалі $\left[0, \frac{1}{2} \Pi(m, n)\right]$ для різних значень m і n , які визначаються формулами (3).

Враховуючи (6), доходимо висновку, що табулювати потрібно лише одну з Ateb-функцій. Табулюємо функцію $ca(m, n, q)$.

Розглянемо функцію

$$\Phi(u) = q + \frac{m+1}{2} \int_1^{0 \leq u \leq 1} \frac{d\bar{u}}{(1 - \bar{u}^{m+1})^{\frac{n}{n+1}}} \quad (7)$$

Для кожного фіксованого параметра q знаходимо таке u' , при якому функція (7) стає малою величиною заданого порядку, тобто

$$\Phi(u') = 0(\varepsilon) \quad (8)$$

де ε – малий додатний параметр.

Розкладемо підінтегральну функцію (7) у ряд за степенями \bar{u}^{m+1} .

Отримаємо

$$\Phi(u) = q - \frac{1}{2} \Pi(m, n) + \frac{m+1}{2} u F(a, b, c, z) \quad (9)$$

Тут $F(a, b, c, z)$ – гіпергеометричний ряд, тобто

$$F(a, b, c, z) = 1 + \frac{ab}{c} \frac{z}{1!} + \frac{a(a+1)b(b+1)}{c(c+1)} \frac{z^2}{2!} + \dots, \quad (10)$$

де позначено

$$z = u^{m+1}, \quad a = \frac{1}{m+1}, \quad b = \frac{n}{n+1}, \quad c = \frac{m+2}{m+1} \quad (11)$$

Алгоритм побудови показано у [12]. Протабулювану функцію показано на рис.7, рис.8.

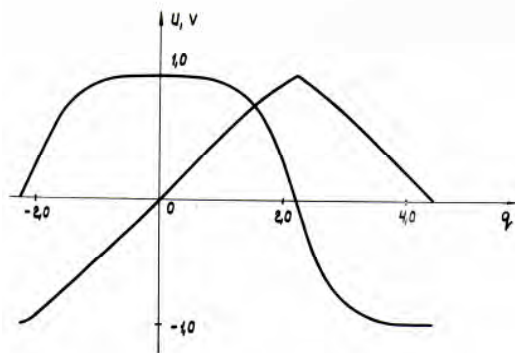


Рис. 7. Періодична Ateb-функція при $m=3$ $n=1/3$

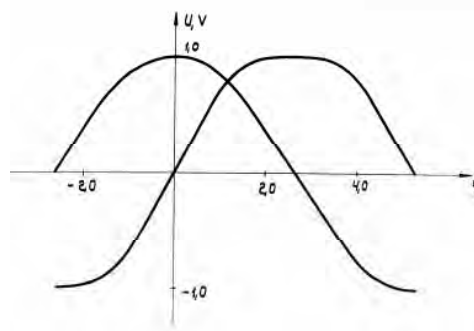


Рис. 8. Періодична Ateb-функція при $m=7/3$ $n=5/7$

Протабульовані значення Ateb-функцій записуємо в масив значень PostScript-програми. На основі цього масиву за точними математичними формулами будуємо графічне зображення. Воно матиме нерегулярну структуру і залежатиме від параметрів Ateb-функції.

За теорією Ateb-функцій можна будувати графічні елементи.



Рис. 9. Приклад зображення без сітки

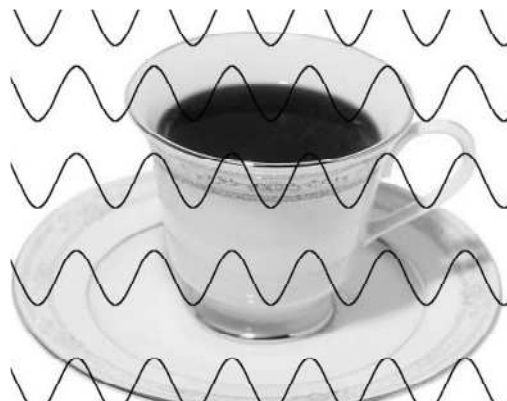


Рис. 10. Приклад зображення з сіткою

На рис. 9 наведено зображення, на рис.10 те саме зображення, але з накладеною антисканерною сіткою.

З метою ілюстрації роботи методу у цій статті сітку зроблено з невеликою густиною, жирною лінією та чорним кольором. А для ефективного захисту документів сітки потрібно робити з високою густиною, тонкими лініями та світлими кольорами.

Отже, за допомогою описаного набору математичних рівнянь за точними формулами побудовано графічні елементи антисканерної сітки.

Висновки

1. Проаналізовано методи побудови растрових зображень та існуючі методи захисту зображень від несанкціонованого доступу.

2. Запропоновано принципово новий метод побудови антисканерних сіток на основі математичного апарату Ateb-функцій.

3. Для побудови антисканерних сіток розроблено новий алгоритм та відповідну йому програму за допомогою PostScript-технологій. Програма є дуже компактною і може бути приєднана до будь-якого макета, що потребує захисту, практично не збільшуючи його розміру.

4. Наведено приклади графічних зображень, що ілюструють роботу запропонованого методу.

5. Побудовано на основі теорії Ateb-функцій антисканерні сітки за точними математичними формулами, що забезпечує значно ефективніший захист документів.

1. www.meb ltd.ru.
2. www.securitysoft.ru.
3. ГОСТ 16487-83.
4. Полянський Н. Н. *Основы полиграфического производства: Учебник. – 2-е изд., перераб. – М.: Книга, 1991. – 352 с.*
5. www.printspace.ru.
6. www.unicyb.kiev.ua/MMEDIA/presentaions/pr2/index.html.
7. <http://psdraw.narod.ru>.
8. <http://www.osp.ru/publish/2001/02/069t.htm>.
9. Френсис Хилл OpenGL. *Программирование компьютерной графики для профессионалов. – СПб.: Питер, 2002. – 1082 с.*
10. Возний А.М. Застосування Ateb-функцій для побудови розв'язку одного класу істотно нелінійних диференціальних рівнянь. – *Доп. АН УРСР. Сер. А, 1970. – № 9. – С. 971–974.*
11. Сенік П. М. Обращение неполной Beta – функции // *Укр. мат. журн. – 1969. – Т. 21. – № 3. – С. 325–333.*
12. Назаркевич М. Моделирование разв'язків нелінійних коливних систем засобами періодичних Ateb-функцій // *Інформаційні технології і системи. – 2006. – Т. 9. – № 1. – С. 85–90.*