

АЛГОРИТМИ

УДК 655.3.062.2:655.3.024

РОЗРАХУНОК ПЛОЩ НАКЛАДАННЯ ФАРБ РАСТРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛІПСОЇДНОЇ ФОРМИ ПРИ ДРУЦІ «ТОЧКА В ТОЧКУ»

О.Р. Казьмірович, А.С. Пушак, Р.В. Казьмірович

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Одним з найбільш ефективних способів корекції муару й забезпечення якості кольоровідтворення є метод друку «точка в точку», який при підвищенні точності суміщення фарбовідбитків на офсетних аркушевих друкарських машинах та стрімкому розвитку комп'ютерних систем керування в недалекому майбутньому стає актуальним. Наведено основні області застосування растрових елементів еліпсоїдної форми при традиційних способах друку. Для оцінки впливу точності суміщення на якість відтворення фарбовідбитків при друці «точка в точку» запропоновано математичні моделі, алгоритм та програму розрахунків площ накладання растрових крапок суміжних фарб еліпсоїдної форми при заданих параметрах їх півосей та координатах суміщення, а відтак, з використанням рівнянь Нюберга-Нейгебауера можливість перейти безпосередньо до розрахунку координат кольору окремих ділянок растрового відбитку. приведено графік залежності площ спільного перетину еліпсоїдів, від величини їх несуміщень, що дозволить визначити та уточнити допустимі межі допусків на точність суміщення для окремих видів поліграфічної продукції.

***Ключові слова:** муар, друк «точка в точку», растрова крапка еліпсоїдної форми, математична модель, алгоритм, лініатура растра, точність суміщення фарбовідбитків, аркушева офсетна друкарська машина.*

Постановка проблеми. При синтезі кольорових зображень тріадних фарб (пурпурна, голуба, жовта) плюс контурна (чорна), в результаті накладання растрових структур виникає оптичний ефект муару (чергуванні смуг світлих та темних тонів на репродукції, відсутнього в оригіналі), що погіршує якість зображення. Площу растрової крапки можна отримати при різних формах її контуру. Це може бути коло, квадрат, ромб, еліпс чи будь яка інша фігура, або випадковим чином заповнені комірки по всьому полю (такий метод застосовується в сучасних раструвальних системах називається частотно-модульованим раструванням, особливістю якого є відсутність появи муару).

Зменшення муару при амлітудно - модульованому раструванні забезпечується дотриманням оптимальних кутів повороту растрів для різних кольорів та підвищенням її лініатури [1,2,3,4], При цьому субрастрові комірки

не повертаються – внаслідок їх малих розмірів поворот комірок був би візуально не розпізнаний.

Для корекції муару при амлітудно - модульованому растріванні найбільш досконалою та перспективною технологією друку є друк «точка в точку» [1,3], яка на сьогодні стає все більш реальною за умови появи моделей до-друкарських та друкарських машин в яких суміщення фарб буде здійснюватись комп'ютером та опрацьовуватиметься автоматично з точністю до точки лініатури растру.

Враховуючи стрімкий розвиток комп'ютерних систем керування та їх впровадження у поліграфічне виробництво розгляд та розвиток вказаного методу корекції муару можна вважати актуальним та своєчасним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [5,6,7] запропоновано математичні моделі та алгоритми розрахунків площ накладання растрових елементів суміжних фарб круглої, квадратної та ромбічної форм та приведено результати їх комп'ютерного моделювання.

Метою роботи є розробка алгоритму та програмного забезпечення для розрахунку площ накладання фарб растрових елементів (крапок) еліпсоїдної форми при друці «точка в точку» та дослідження залежності площ накладання фарб від величини їх зміщення за окремими координатами.

Виклад основного матеріалу. Геометрична форма растрового елемента значною мірою впливає на якість друкованої продукції, особливо на такі характеристики, як розтискування фарби і мінімальний відсоток растрової крапки, що піддається копіюванню на форму. Сучасні вивідні пристрої дозволяють використовувати більш складні алгоритми синтезу растрового елемента, що забезпечує мінімальне розтискування та високу якість продукції. Досягається це за рахунок зміни форми залежно від площі елемента.

Для вибору форми крапок необхідний певний вихідний критерій, за яким можна вирішити яку форму вибрати – круглу, квадратну, чи іншу. Є три основні критерії вибору форми растрового елемента: візуальне сприйняття растрованого зображення; стабільність друку; форма градаційних кривих відтворення. Насправді критеріїв більше, наприклад відтворення тонких напівтонових ліній з різним нахилом, тексту. Дослідження [2] показують, що відтворення дрібних елементів зображення об'єктивно залежать тільки від суміщення фарб при друці, а іншими параметрами можна нехтувати, оскільки їх вплив при цифровому растріванні суттєво менш значимий. Звичайно, форма точки, лініатура та інші параметри растрівання також впливають на відтворення дрібних деталей, але, по-перше, на порядок менші, ніж суміщення фарб, а по-друге, сучасні цифрові методи растрівання у більшості випадків дозволяють точно обрисовувати геометричні границі як крупних, так й дрібних деталей зображення.

Круглі і квадратні крапки застосовують при репродукуванні чорно-білих фотографічних зображень, а ромбічні та еліптичні – для кольорових ілюстрацій.

Еліпсоїдна растрова точка в середніх тонах дозволяє отримати більше градацій, оскільки «зчеплення» растрових точок при збільшенні їх площі проходить не з чотирьох сторін одночасно (як в квадратній або круглій точці), а поступово, спочатку за більшою піввісю еліпса, а опісля, за меншою. Це дозволяє здійснити краще пророблення напівтонів.

Форма растрового елемента та можлива його трансформація задається програмним шляхом і реалізується за допомогою растрового процесора (RIP – Raster Image Processor) в залежності від оптичної щільності кастрованої ділянки (яка визначає площу растрового елемента) та кольору фарби, у відповідності з яким встановлюється кут повороту растрового елемента.

При друкуванні з растрових офсетних форм, де товщина шару фарби на відбитку є майже постійною величиною, різниця у кольорі окремих ділянок зображення на репродукції зумовлена зміною площі растрових елементів [3]. Ці елементи можуть знаходитись на деякій відстані один від одного, а також частково або повністю перекриватись. У результаті такого розміщення растрових елементів всіх трьох фарб проходить просторове зміщення їх відбитих випромінювань з утворенням різних кольорів.

На рис. 1 приведено схему розташування растрових елементів еліпсоїдної форми при друці «точка в точку».

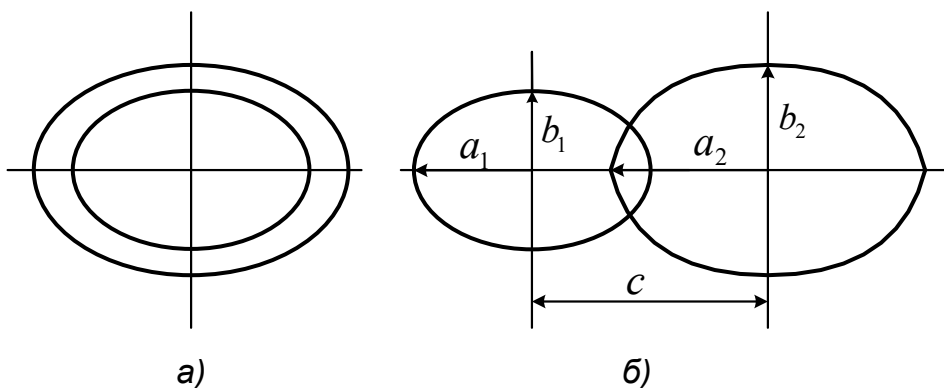


Рис. 1. Схема розташування растрових елементів еліпсоїдної форми:
а)- точка в точку; б) – зміщена

Алгоритм розрахунку площ накладання фарб в залежності від параметрів суміщення фарб за окремими координатами x , y для суміжних растрових елементів еліпсоїдної форми з параметрами їх півосей a та b наведено на рис. 2.

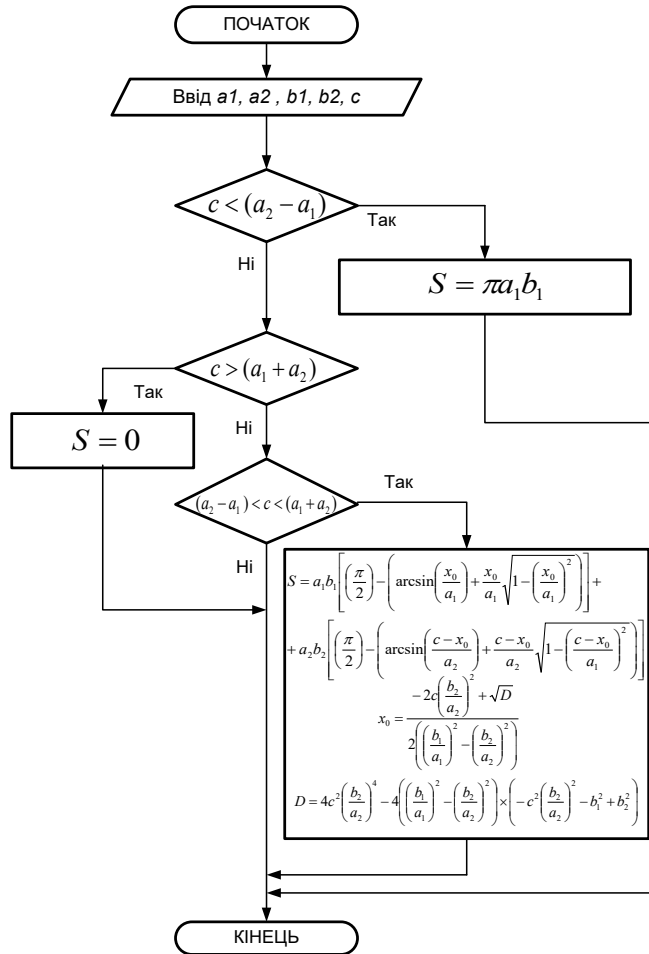


Рис. 2. Алгоритм розрахунку площ накладання фарб в залежності від параметрів суміщення фарб для растрових елементів еліпсоїдної форми

Значення площ спільного перетину еліпсів визначались за допомогою розробленої програми, в якій у якості вихідних параметрів задавались значення величин півосей та зміщень еліпсів за заданою координатою.

Програма для визначення площ спільного перетину растрових елементів еліпсоїдної форми приведена на рис.3.

```

program Elips;
uses crt, graph;
var i, k, l, n, m, gm:integer;
A,b,e,f,g,j:string;
s1, s2,s3,s31,s32, a1, a2, b1, b2, c,d, x0,b1a1,b2a2,x0a1,cx0,
                                         x01,x02,cx01,x02c,x01a1,x02a1,S:real;
asin,asin1,asin2,asin3,asin4,x01c:real;
begin
clrscr;
write('a1=');
  readln(a1);
write('b1=');
  readln(b1);
write('a2=');
  readln(a2);
write('b2=');
  readln(b2);
write('c=');
  readln(c);
b1a1:=(b1/a1)*(b1/a1);
b2a2:=(b2/a2)*(b2/a2);
d:=4*c*b2a2*b2a2-4*(b1a1-b2a2)*(-c*b2a2-b1*b1+b2*b2);
  if c>=a1+a2 then
    begin
      S:=0;
      writeln('S=',s:4:8);
      readln;
    end
  else
    if a1/b1=a2/b2 then
      begin
        if c<=abs(a1-a2) then
          begin
            if a1<
              a
              2 then
              begin
                s:=pi*a1*b1;
                writeln('1S=S1=',s:4:8);
                readln;
              end
            else
              n
              begi
              i*a2*b2;
              s:=p
              writ
              eln('2S=S2=',s:4:8);
              read
              ln;
              end
            end
          else
            begin
              x0:=(c*c*(b2/a2)*(b2/a2)
                +b1*b1-b2*b2)/(2*c*(b2/a2)*(b2/a2));
              x0a1:=x0/a1;
              cx0:=(-x0+c)/a2;
              S:=a1*b1*( (pi/2)-
                (arctan(x0a1/sqrt(1-x0a1*x0a1)) +x0a1*sqrt(1-x0a1*x0a1) )
                + a2*b2*((pi/2)-(arctan(
                (cx0/sqrt(1-cx0*cx0)))+cx0*sqrt(1-cx0*cx0) ) ) );
              writeln('x0=',x0:4:8);
              write('3S=',s:4:8);
              readln;
            end
          end
        else
          if (b2/a2)>(b1/a1) then
            begin
              if a2>=a1 then
                begin
                  if c<=a2-a1
                    then
                      begin
                        s:=pi*a1*b1;
                        writeln('4S=S1=',s:4:8);
                        readln;
                      end
                    end
                end
              end
            end
          end
        end
      end
    end
  end
end

```

```

else
begin
x0:=(-
2*c*b2a2+sqrt(d))/(2*(b1a1-b2a2));
x0a1:=
x0/a1;
cx0:=(
-x0+c)/a2;
S:=a1*
b1*( (pi/2)-
(arctan(x0a1/sqrt(1-
x0a1*x0a1)) +x0a1*sqrt(1-x0a1*x0a1) ) )
+ a2*b2*((pi/2)-(arctan((cx0/sqrt(1-cx0*cx0)
)+cx0*sqrt(1-cx0*cx0) ) ));
writel
n('5S=',S:4:8);
writeln
('x0=',x0:4:8);
readln
;
end
end
else
if c>=abs(a1-a2) then
begin
x0:=(-
2*c*b2a2+sqrt(d))/(2*(b1a1-b2a2));
x0a1:=
x0/a1;
cx0:=(
-x0+c)/a2;
S:=a1*b1*( (pi/2)-(arctan(x0a1/sqrt(1-x
a1*x0a1)) +x0a1*sqrt(1-x0a1*x0a1) ) ) + a2*b2*((pi/2)-
(arctan((cx0/sqrt(1-cx0*cx0) ) )+cx0*sqrt(1-cx0*cx0) ) );
write(
'6S=',S:4:8);
readln
;
end
else
begin
if d<=0 then
begin
S:=pi*a2*b2;
writeln('7S=S2=',s:4:8);
readln;
end
else
begin
x01:=(-2*c*b2a2+s
rt(d))/(2*(b1a1-b2a2));
x02:=(-2*c*b2a2-s
rt(d))/(2*(b1a1-b2a2));
x01c:=(x01-c)/a2;
x02c:=(x02-c)/a2;
x02a1:=x02/a1;
x01a1:=x01/a1;
asin1:=arctan( x0
c/sqrt(1-x01c*x01c) );
asin2:=arctan( x0
c/sqrt(1-x02c*x02c) );
asin3:=arctan( x0
a1/sqrt(1-x02a1*x02a1) );
asin4:=arctan( x0
a1/sqrt(1-x01a1*x01a1) );
S1:=a2*b2*( (asin1+x01c*sqrt(1-x01c*x01c))+ (pi/2) );
S2:=a2*b2*( (pi/2)- (asin2+x02c*sqrt(1-x02c*x02c) ) );
S3:=a1*b1*( (asin3+x02a1*sqrt(1-x02a1*x02a1))-(asin4+x01a1*
sqrt(1-x01a1*x01a1)));
S31:=a1*b1*( (asin3+x02a1*sqrt(1-x02a1*x02a1) ) );
S32:=a1*b1*( (asin4+x01a1*sqrt(1-x01a1*x01a1) ) );
S:=S1+S2+S3;

```



```

cx0:=(-x0+
c)/a2;
S:=a1*b1*( (pi/2)- (arctan(x0a1/sqrt(1-x0a1*x0a1)) +x0a1
*sqrt(1-x0a1*x0a1) ) )
+ a2*b2*((pi/2)-(arctan((cx0/sqrt(1-cx0*cx0)))+cx0*sqrt(1
-cx0*cx0) )); {old}
write('12S
=',S:4:8);
readln;
end
else
begin
if c=a2-a1 then
begin
if abs(-2*c*b2a2+sqrt(d))/(2*(b1a1-b2a2))<a1 then
begin
x0
:=(-2*c*b2a2+sqrt(d))/(2*(b1a1-b2a2));
x0
a1:=x0/a1;
cx0:=(-x0+c)/a2;
1
{2,4,5,8,3 div by zero}
S:=a1*b1*( (pi/2)- (arctan(x0a
/sqrt(1-x0a1*x0a1)) +x0a1*sqrt(1-x0a1*x0a1) ) )
+ a2*b2*((pi/2)-(arctan((cx0/sqrt(1-cx0*cx0)))+cx0*sqrt(1
-cx0*cx0) ));
write('13S=',S:4:8);
readln;
end
else
begin
S:=pi*a1*b1;
writeln('14S=SS1=',s:4:8);
readln;
end
end
else
begin
x01:=(-2*
c
*b2a2-sqrt(d))/(2*(b1a1-b2a2));
x02:=(-2*
c
*b2a2+sqrt(d))/(2*(b1a1-b2a2));
x01a1:=x0
1
/a1;
x02a1:=x0
2
/a1;
x02c:=(x02
-c)/a2;
x01c:=(x01
-c)/a2;
{2,4,3,5,1 point overflow}
asin1:=ar
c
tan(x01a1/sqrt(1-x01a1*x01a1));
asin2:=ar
c
tan(x02a1/sqrt(1-x02a1*x02a1));
asin3:=ar
c
tan(x02c/sqrt(1-x02c*x02c));
asin4:=ar
c
tan(x01c/sqrt(1-x01c*x01c));
S1:=a1*b1*( asin1+x01a1*sqrt(1-x01a1*x01a1)+(pi/2) );
S2:=a1*b1*( (pi/2) - (asin2+x02a1*sqrt(1-x02a1*x02a1))
0
);
S3:=a2*b2*( (asin3+x02c*sqrt(1-x02c*x02c)) - (asin4+x
1c*sqrt(1-x01c*x01c) ) );
S:=S1+S2+S3;
Writeln('x
01=',x01:4:8);
writeln('x
02=',x02:4:8);
writeln('S
1=',S1:4:8);

```



```

        writeln('S
            2=',S2:4:8);
        writeln('S
            3=',S3:4:8);
        writeln('1
            5S=',S:4:8);
        readln;
    end
end
end
end;
gd:=detect;
initgraph(gd,gm,'D:\utility\turbo\');
setbkcolor(7);

        ound(b1*50));
ellipse(round(GetmaxX/2),round(GetmaxY/2),0,360,round(a1*50),r
setcolor(red);
        nd(a2*50),round(b2*50));
ellipse(round(GetmaxX/2)+round(c*50),round(GetmaxY/2),0,360,rou
setcolor(white);
str(S:4:8,a);
str(a1:4:8,b);
str(b1:4:8,e);
str(a2:4:8,f);
str(b2:4:8,g);
str(c:4:8,j);
Settextstyle(1,0,10);
outtextxy(10,20,'a1='+b);
outtextxy(10,30,'b1='+e);
outtextxy(10,40,'a2='+f);
outtextxy(10,50,'b2='+g);
outtextxy(10,60,'c='+j);
outtextxy(10,80,'S='+a);
readln;
end.

```

Рис.3. Програма для визначення площ спільного перетину растрових елементів еліпсоїдної форми

Програма автоматично обчислює площі накладання еліпсоїдів та на екрані видає загальний вигляд зображення зміщених растрових елементів.

Загальний вигляд екрану інтерфейсу програми для визначення площ накладання растрових елементів еліпсоїдної форми наведено на рис.4.

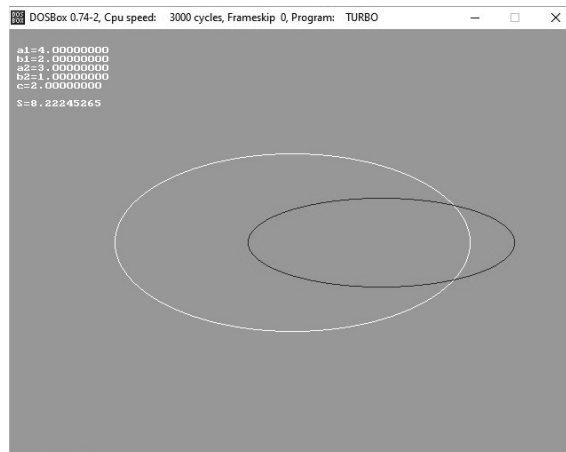


Рис. 4. Загальний вигляд екрану інтерфейсу програми для визначення площ накладання двох еліпсів з різними півосями $a_1=4$, $b_1=2$; $a_2=3$, $b_2=1$, відстань між їхніми центрами $c=2$. Площа спільного перетину $S=8,2$ відн. од.

На рис. 5 приведений графік залежності площ спільного перетину еліпсів в залежності від величини їх несуміщення за окремими координатами

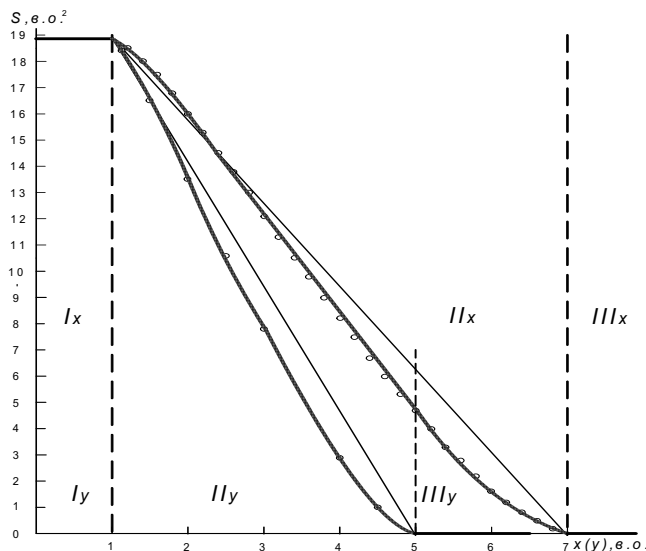


Рис. 5. Графік залежності площ спільного перетину еліпсів: в залежності від величини їх несуміщення за координатами x та y при $a_1 = 4$ відн. од., $b_1 = 3$ відн. од., $a_2 = 3$ відн. од., $b_2 = 2$ відн. од. I – область повного накладання площ еліпсів; II – область часткового перетину площ еліпсів; III – область відсутності перетину площ еліпсів.

При розрахунку координат кольору такого відбитку необхідно знати постійні значення координат кольору одинарних, бінарних й потрійних систем фарб та координати кольору паперу, а також значення площ несуміщених та суміщених растрових елементів кожної фарби. Бінарний колір - новий колір, який отримується на відбитку двома фарбами різних кольорів. До прикладу, усі відтінки зеленого кольору можна отримати при накладанні в процесі друку в різних співвідношеннях голубої та жовтої фарб.

Якщо друкарський процес забезпечує одержання на відбитках–плашках задане значення координат кольору, то можна перейти безпосередньо до розрахунку координат кольору окремих ділянок растрового відбитку, використовуючи рівняння Ньюберга-Нейгебауера [3].

Висновки. Для оцінки впливу точності суміщення на якість відтворення фарбовідбитків у роботі запропоновано математичну модель, алгоритм та програму розрахунків площ накладання суміжних фарб еліпсоїдної форми растрових крапок при заданих їх параметрах, а відтак, з використанням рівнянь Ньюберга-Нейгебауера можливість переходу безпосередньо до розрахунку координат кольору окремих ділянок растрового відбитку. Це дозволить визначити та уточнити допустимі межі допусків на точність суміщення за окремими координатами для окремих видів поліграфічної продукції в залежності від лініатури растра, способів друку (на багатофарбових чи однофарбових друкарських офсетних машинах),

точності друку за окремими секціями друкарської машини при технології друку «точка в точку». Як видно з графіків інтенсивність зміни параметрів кольоровідтворення при суміщенні растрових комірок еліпсоїдної форми за координатою y відбувається швидше ніж за координатою x .

Список використаних джерел

1. Широков А.Д. Допечатная подготовка для типофсета. Київ : 2011. – 50 с.
2. Щёголев И. О растровом выборе. КомпьюАрт, №3, 2010.
3. Раскин А.Н., Ромейков И.В., Бирюкова Н.Д., Муратова Ю.А., Ефремова А.Н. Технология печатных процессов. Москва : Книга, 1989. – 432 с.
4. Кипханг Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технология и способы производства.- Москва : МГУП, 2003. – 1280 с.
5. Казьмірович О.Р., Пушак А.С., Казьмірович Р.В. Розрахунок площ накладання фарб растрових крапок круглої форми методом друку «точка в точку». Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. праць. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2019. № 1 (41). – С. 57-64.
6. Казьмірович О.Р., Пушак А.С., Казьмірович Р.В. Розрахунок площ накладання фарб растрових елементів квадратної форми при друці «точка в точку». Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. праць. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2019. № 2 (42). – С. 81-88.
7. Казьмірович О.Р., Пушак А.С., Казьмірович Р.В. Розрахунок площ накладання фарб растрових крапок ромбічної форми при друці «точка в точку». Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. праць. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2020. № 2 (44). – С. 143-150.

REFERENCES

1. Shyrovkov A.D. (2011). Dopechatnaya podhotovka dlya typoofseta. Kyiv.– 50 s. (in Russian)
2. Shechholev I. (2010). O rastrovom vybore. KompyuArt, №3 (in Russian)
3. Raskin A.N., Romeykov I.V., Biryukova N.D., Muratova Yu.A., Yefremova A.N. (1989). Tekhnolohiya pechatnykh protsessov. Moskov : Kniha, - 432 s. (in Russian)
4. Kipphan H. (2003). Handbook of print media: technologies and production methods – Moskov : MGUP. – 1280 s. (in Russian)
5. Kazmirovych O.R., Pushak A.S., Kazmirovych R.V. (2019). Rozrakhunok ploshch nakladannya farb rastrovyykh krapok krugloyi formy metodom druku «tochka v tochku». Kompyuterni tekhnologiyi drukarstva : zb. nauk. prats. – Lviv : UAD. – № 1 (41). – S. 57-64. (in Ukrainian)
6. Kazmirovych O.R., Pushak A.S., Kazmirovych R.V. Rozrakhunok ploshch nakladannya farb rastrovyykh elementiv kwadratnoji formy pry druczji «tochka v tochku». Kompyuterni tekhnologiyi drukarstva : zb. nauk. prats. – Lviv : UAD. № 2 (42). – S. 81-88. (in Ukrainian)
7. Kazmirovych O.R., Pushak A.S., Kazmirovych R.V. (2019). Rozrakhunok ploshch nakladannya farb rastrovyykh krapok rombicznoji formy pry druczji «tochka v tochku». Kompyuterni tekhnologiyi drukarstva : zb. nauk. prats. – Lviv : UAD. № 2 (44). – S. 143-150. (in Ukrainian)

DOI 10.32403/2411-9210-2021-2-46-43-54

CALCULATION OF AREAS OF INK OVERLAPPING OF HALFTONE DOT OF ELLIPSOID SHAPE BY DOT-TO-DOT PRINTING METHOD

O.R. Kazmirovych, A.S. Pushak, R.V. Kazmirovych

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
kazmoleh@gmail.com*

One of the most effective ways to correct moire and to maintain the color reproduction quality is to make dot-to-dot printing, which with improvement in the accuracy of color register of imprints on sheet-fed offset press and the rapid development of computer control systems in the near future becomes actual. The main areas of application of raster elements of ellipsoid shape in the traditional process of printing are presented.

To assess the impact of color register precision on the quality of imprints by dot-to-dot printing, mathematical models and algorithms are suggested for calculating the areas of neighboring inks of ellipsoid shape of halftone dot with given dimensions of their half-axle and coordinates combine, therefore, using the Nyberg-Neigebauer equations, one can proceed directly to the calculation of the color coordinates of individual sections of the raster imprint.

The graph of dependencies of the overlapping areas of ellipsoids on the quantity their inregister has been offered, which will allow to determine the exact tolerances for the accuracy of the combine of the imprints for certain types of printing products.

Keywords: *moire, dot-to-dot printing, halftone dot of ellipsoid form, mathematical model, algorithm, screen frequency, accuracy of color register of imprints, sheet-fed offset press.*

Стаття надійшла до редакції 02.06.2021

Received 02.06.2021