

УДК 655.26; 681.3

Сипайло С. В., ассистент (БГТУ); Долгова Т. А., доцент (БГТУ)

ГЕНЕРАЦИЯ СИММЕТРИЧНЫХ УЗОРОВ НА ОСНОВЕ БАЗОВОГО ГРАФИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА

В статье сформулирован способ генерации симметричных изображений геометрического типа для оформления полиграфической продукции. Способ базируется на симметрических преобразованиях исходного графического объекта и объединении сформированных изображений в сложную симметричную систему. На основе предложенного способа в форме блок-схем составлены обобщенные алгоритмы генерации симметричных узоров. Выполнена программная реализация алгоритмов. Дана оценка результатов работы программы. Сделаны выводы об области применения разработанных программных средств.

In article the mode of generation of symmetric images of geometrical type for design of graphic production is formulated. The mode is based on symmetric transformations of initial graphic object and association of the generated images to complex symmetric system. On the basis of the offered mode in the form of block diagrams the generalized algorithms of generation of symmetric patterns are made. Program realization of algorithms is executed. The estimation of results of work of the program is given. Are drawn conclusions on a scope of the developed software.

Введение. Современная полиграфия является областью производства, выпускающей не только функциональную, но и высокохудожественную продукцию, оформление которой должно отвечать высоким требованиям к качеству. С внедрением в допечатные процессы цифровых технологий методы создания и обработки изображений становятся более доступными для реализации, что позволяет повышать сложность и разнообразие графического оформления печатной продукции.

Многие изображения, используемые в полиграфическом дизайне, обладают свойствами симметрии. Известный немецкий математик Герман Вейль в середине прошлого века писал, что «симметрия... является той идеей, посредством которой человек на протяжении веков пытался постичь и создать порядок, красоту и совершенство» [1]. Симметричные узоры применяются при оформлении книг, грамот, дипломов, рекламной и этикеточно-упаковочной продукции. Для декорирования могут использоваться как отдельные элементы малого размера, так и фоновые орнаменты большой площади, образованные повторяющимися фрагментами.

Наиболее предпочтительным методом кодирования такого рода изображений является векторная графика. Она обеспечивает высокое качество изображения, компактность его описания и возможность трансформирования без потери деталей. Стандартные инструменты существующих программ векторной графики (CorelDraw, Adobe Illustrator) в автоматическом

режиме реализуют лишь самые простые варианты симметрии фигур, сохраняя за пользователем большой объем ручной работы.

Разработке программы автоматического синтеза должно предшествовать алгоритмическое описание процесса создания симметричных объектов.

Современная теория симметрии располагает символьным аппаратом, который обеспечивает представление всех существующих видов симметрии изображений в формализованном виде. Таким образом, теория симметрии может служить основой для эффективного решения задачи автоматической генерации симметричных узоров.

Способ и алгоритмы генерации симметричных изображений. Одним из приложений теории симметрии в полиграфии является программа синтеза изображений белорусских орнаментов Ornamentika [2, 3].

В основу работы программы положен способ формирования симметричного орнаментального узора, который состоит в следующем.

В качестве исходного объекта для формирования орнаментального изображения используется повторяющийся фрагмент простой формы — базовый элемент. Для белорусских узоров геометрического типа в этом качестве на начальной стадии генерации может выступать дискретный элемент орнамента.

На основе базового элемента b_0 формируется более сложный симметричный объект O_1 посредством преобразований s из его группы симметрии $S(O_1)$. Эти преобразования приме-

няются к дубликатам базового элемента. Такие действия в общем виде можно описать формулой

$$O_1 = f_1(b_0, s \in S(O_1)). \quad (1)$$

Созданный симметричный объект далее выступает в качестве нового базового элемента b_1 для формирования более сложной симметричной фигуры O_2 . Здесь, в свою очередь, используются преобразования, принадлежащие к группе симметрии генерируемого объекта — $S(O_2)$.

Таким образом, на каждой следующей стадии i формирования орнаментального изображения текущий симметричный объект O_{i-1} будет выступать в качестве нового базового элемента b_i , позволяя получать более сложный по форме узор O_i :

$$O_i = f_i(b_i = O_{i-1}, s \in S(O_i)). \quad (2)$$

По такой процедуре за n стадий на основе базового элемента b_0 может быть сформирован симметричный графический объект O_n , являющийся розеточным мотивом 1-го уровня сложности M_1 , части которого не встречаются обособленно в составе розеток:

$$\begin{aligned} M_1 = O_n &= f_n(b_{n-1}, s \in S(O_n)) = \\ &= f_n(f_{n-1}(O_{n-2}, s \in S(O_{n-1})), s \in S(O_n)) = \\ &= f_n(f_{n-1}(f_{n-2}(O_{n-3}, s \in S(O_{n-2})), s \in S(O_{n-1})), \\ & \quad s \in S(O_n)) = \dots = f_1^{(n)}(b_0, s \in S^{(n)}(O_1)). \end{aligned} \quad (3)$$

Объект M_1 может служить структурным элементом составных розеточных орнаментов более высоких уровней сложности M_k . Объединение составных частей в более сложный орнамент осуществляется одним из двух способов: сложением графических объектов \cup либо инверсным пересечением $\bar{\cap}$ (наложением объектов друг на друга с удалением пересекающихся частей):

$$M_k = \bigcup_{i=1}^n M_{r,i} \bar{\cap}_{j=1}^m M_{t,j}; \quad (4)$$

$$1 \leq r \leq k-1; 1 \leq t \leq k-1.$$

При генерации бордюрных и сетчатых орнаментов P в качестве базового элемента принимается розеточный объект M , который дублируется в плоскости рисунка посредством параллельных переносов a и скользящих отражений \tilde{a} , входящих в подгруппу трансляций A орнаментальной ячейки создаваемой периодической структуры:

$$P = f(M; a, \tilde{a} \in A). \quad (5)$$

Если сетчатый или бордюрный орнамент состоит из нескольких периодических подструктур n , то каждая из них формируется отдельно на основе собственного базового эле-

мента M_i с последующим соединением подструктур в единый узор:

$$P = \bigcup_{i=1}^n f_i(M_i; a, \tilde{a} \in A_i). \quad (6)$$

Результаты работы программы Ornamentika показали эффективность предложенного способа формирования изображения по отношению к геометрическим белорусским орнаментам [3, 4]. При этом в качестве исходного базового элемента выступала квадратная ячейка, а характерные группы симметрии белорусских орнаментальных изображений были определены в ходе анализа большого количества существующих узоров.

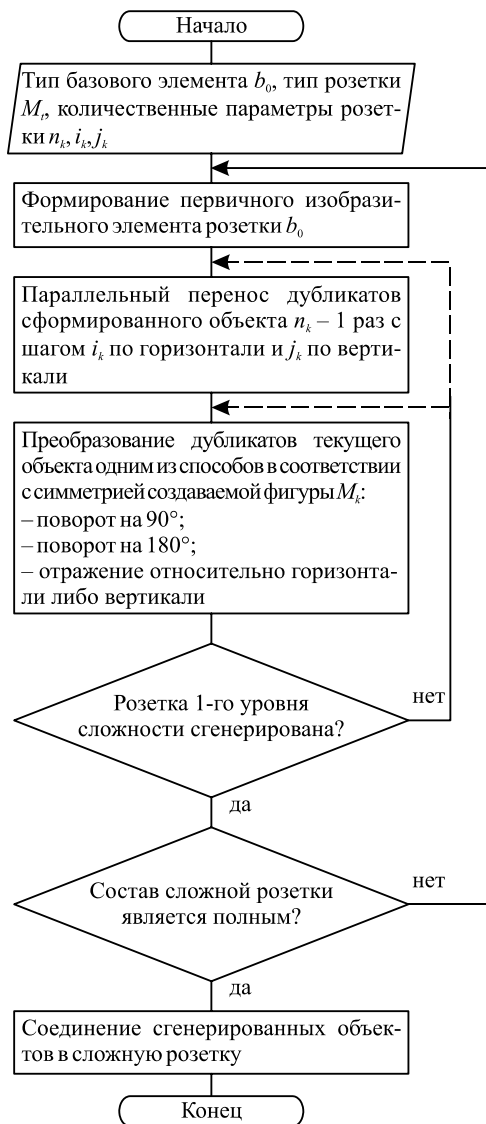
В то же время использование данного способа не ограничивается белорусской орнаментикой. Большее разнообразие синтезируемых симметричных узоров можно обеспечить за счет применения в качестве основы различных по форме базовых элементов, расширения перечня задействованных симметрических преобразований объекта, варьирования порядка их выполнения, а также соединения получаемых объектов в разнообразных комбинациях.

При этом сгенерированные изображения могут иметь достаточно сложную структуру, что затрудняет определение их состава и принципов построения путем визуальной оценки полиграфической репродукции. Такого рода графические объекты можно использовать не только как изобразительный элемент оформления печатной продукции, но и как средство ее защиты от подделки.

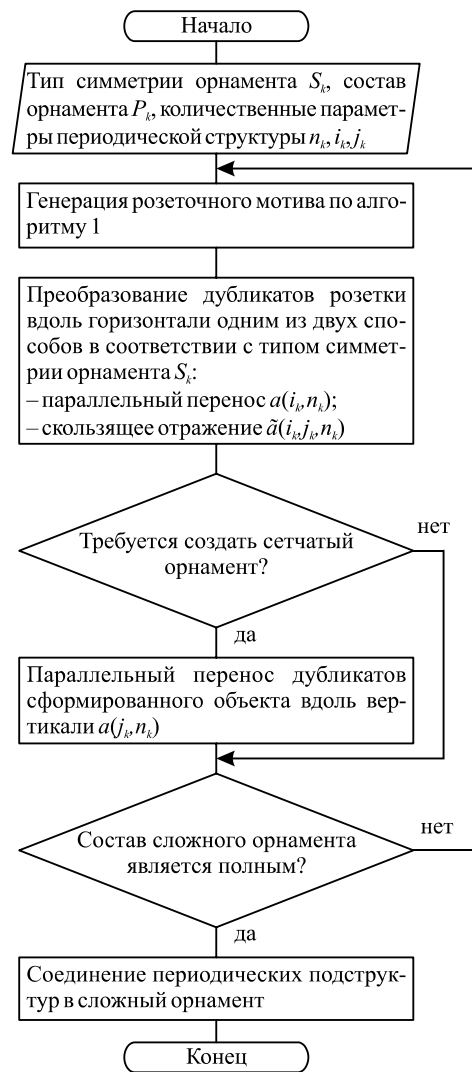
Обобщенные алгоритмы генерации симметричных геометрических узоров по предложенному способу приведены на рис. 1.

Представленные блок-схемы отражают совокупность альтернативных вариантов процесса создания розеточных, бордюрных и сетчатых орнаментов различных типов. Разветвления, содержащиеся на схеме, соответствуют тому или иному пути протекания процесса. Для конкретного типа орнамента, который характеризуется определенной формой и симметрией составных частей, а также структурой узора, из обобщенного алгоритма может быть выделена частная цепочка преобразований базового графического объекта, приводящая к синтезу симметричного изображения.

Исходными данными для синтеза розеточных узоров являются: 1) форма базового элемента, который будет положен в основу генерируемого графического объекта; 2) тип создаваемой розетки, выделенный по таким качественным критериям, как симметрия узора, его форма и состав; 3) количественные параметры, характеризующие симметрические преобразования и обуславливающие размер и пропорции розетки.



Алгоритм 1. Генерация симметричных узоров розеточного типа



Алгоритм 2. Генерация симметричных узоров бордюрного и сетчатого типов

Рис. 1. Обобщенные алгоритмы генерации симметричных геометрических узоров

На начальной стадии синтеза розеточного объекта первого уровня сложности производится формирование базового элемента требуемой геометрической формы. Далее производится параллельный перенос дубликатов базового элемента в соответствии с заданными параметрами этой операции. На новой стадии процесса генерации розеточного элемента осуществляется преобразование текущего графического объекта одним из трех способов: 1) отражение относительно линии симметрии; 2) поворот вокруг центра симметрии 2-го порядка; 3) поворот вокруг центра симметрии 4-го порядка. Выбор способа преобразования определяет форму и симметрию создаваемой фигуры. Если тип формируемой розетки первого уровня сложности предполагает последующие преобразования сгенерированного узора, то процесс циклически повторяется. Если же на текущей стадии синтеза требуемая форма и симметрия

объекта первого уровня сложности достигнуты, то процесс формирования данного структурного элемента изображения завершается.

При создании составной розетки, образованной несколькими элементами первого уровня сложности, по описанной выше процедуре производится формирование новых розеточных объектов.

На заключительной стадии синтеза сложной розетки, сформированные элементы низкого уровня сложности соединяются в составной узор в режиме сложения либо инверсного пересечения объектов.

Синтез бордюрных и сетчатых узоров производится на основе розетки. В этом случае исходными данными для синтеза выступают: 1) состав узора, т. е. количество образующих его периодических подструктур и характер их взаимного расположения; 2) группы симметрии периодических подструктур, обуславливающие способ периодического повторения розеточно-

го мотива на уровне подструктуры; 3) количественные параметры симметрических преобразований для каждой подструктуры (сюда входят как параметры преобразований, образующих бесконечные группы симметрии, так и параметры, определяющие количество повторяющихся элементов в составе синтезируемого фрагмента бесконечной фигуры).

Для генерации периодической подструктуры на начальной стадии процесса необходимо получить розеточный узор по первому алгоритму.

Затем на основе розеточного элемента создаваемой подструктуры производится формирование бордюрного орнамента путем симметрических преобразований дубликатов розетки в соответствии с группой симметрии периодического узора. Преобразование изображения может осуществляться за счет таких движений, как параллельный перенос и скользящее отражение.

Если требуется создать сетчатую структуру, то текущий бордюрный элемент дополнительно дублируется посредством параллельных переносов в заданном направлении.

Аналогичным образом производится формирование остальных подструктур с требуемыми симметрическими свойствами.

На завершающем этапе производится объединение нескольких бордюрных либо сетчатых подструктур в сложный симметричный узор с соблюдением требуемого взаимного расположения составных частей.

Программная реализация обобщенных алгоритмов синтеза симметричных узоров выполнена в виде расширения программы Orna-

mentika на базе редактора векторной графики CorelDraw. Программный код написан на языке программирования Visual Basic for Applications, который полностью поддерживается базовым графическим приложением.

Для автоматического синтеза розеточных узоров служит программная процедура `rozetka_rnd`. Процедура использует в качестве основы следующие подпрограммы: `fig` (синтез квадратной ячейки); `regenos` (параллельный перенос дубликатов текущего объекта заданное число раз); `rotate` (поворот дубликатов текущего объекта вокруг центра симметрии); `flip` (отражение дубликата исходного узора относительно горизонтальной либо вертикальной линии симметрии).

Для автоматической генерации симметричных узоров сетчатого типа на основе розетки предназначена процедура `setka_rnd`. Процедура задействует подпрограммы `rozetka_rnd` (синтез розетки), `regenos_2d` (параллельный перенос дубликатов текущего объекта в двух взаимно перпендикулярных направлениях), `regenos_2dd` (параллельный перенос дубликатов текущего объекта вдоль двух осей, расположенных под произвольным углом).

Конкретный перечень и порядок преобразований базового графического объекта, их параметры, а также структура формируемого симметричного узора определяются программой автоматически на основе генератора случайных чисел. В качестве базового графического элемента на первой стадии генерации изображения принимается дискретный элемент квадратной формы.

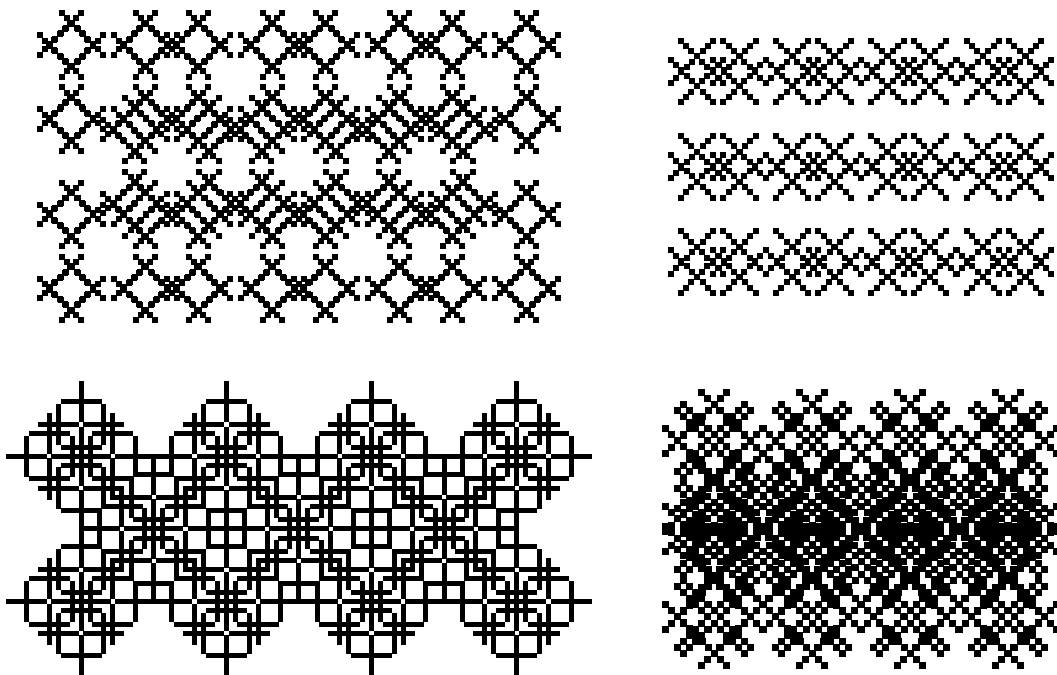


Рис. 2. Примеры сгенерированных узоров

Образцы симметричных узоров, сгенерированных программой в автоматическом режиме, приведены на рис. 2. Как видно из примеров, реализация рассмотренных в статье алгоритмов обеспечивает получение разнообразных по форме и структуре симметричных графических объектов. Вместе с тем, учитывая произвольный характер определения качественных и количественных параметров узоров, синтезируемых в автоматическом режиме, полученные изображения следует подвергать эстетической оценке со стороны дизайнера, перед тем как использовать их в качестве элемента оформления печатной продукции.

Полученные изображения являются стандартными векторными объектами CorelDraw, что дает возможность их произвольного редактирования как кривых Безье, а также позволяет сохранять в любом графическом файловом формате, поддерживаемом CorelDraw. Таким образом, обеспечивается полная совместимость синтезируемых симметричных узоров с прикладными программами, используемыми для обработки изображений и верстки.

Выводы. В рамках проделанной работы сформулирован способ формирования симметричных изображений на основе базового графического элемента, изначально примененный к белорусским народным орнаментам. На основе предложенного способа разработаны и программно реализованы обобщенные алгоритмы синтеза симметричных геометрических узоров. Разработка и программная реализация алгоритмов расширили область применения способа генерации изображений белорусских орнаментов, позволив автоматизировать процесс создания симметричных объектов разнообразной формы, структуры и симметрии.

Синтез цифровых орнаментальных изображений на основе стандартных пакетов, используемых в полиграфии для работы с векторной графикой, позволит дизайнеру быстро и качественно решать оформительские задачи для широкого круга работ — от книг до рекламной и этикеточно-упаковочной продукции. Результаты компьютерного синтеза симметричных изображений могут использоваться не только в декоративных, но и в защитных целях, затрудняя качественное воспроизведение полиграфической продукции при отсутствии цифровых оригиналов. В то же время изображения, сгенерированные автоматически, необходимо подвергать эстетической оценке ввиду произвольного характера определения их параметров на основе генератора случайных чисел.

Литература

1. Вейль, Г. Симметрия / Г. Вейль. — М.: Наука, 1968. — 192 с.
2. Сипайло, С. В. Разработка программного обеспечения для автоматизации формирования белорусских орнаментов в допечатных процессах полиграфии / С. В. Сипайло // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. — 2006. — Вып. XIV. — С. 55–58.
3. Сипайло, С. В. Создание орнаментальных изображений с помощью встраиваемого программного модуля CorelDraw / С. В. Сипайло // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. — 2007. — Вып. XV. — С. 17–20.
4. Сипайло, С. В. Группы симметрии как основа автоматизированного синтеза векторных орнаментальных изображений / С. В. Сипайло, Т. А. Долгова // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. — 2008. — Вып. XVI. — С. 11–14.

Поступила 19.03.2010