Министерство образования и науки Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

профессионального образования «Московский государственный университет печати имени Ивана Федорова»

На правах рукописи ГУРЬЯНОВА ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ПРОЦЕССА ВЫБОРА РАСТРИРОВАНИЯ В ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ ДОПЕЧАТНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Специальность 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы (печатные средства информации)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор

Андреев Юрий Сергеевич

Москва — 2015

<http://10.10.14.4:22222/exV?cdfilter=0&context=_sam~&fedcols=1&pgoffset=0&ro_filter=_main.eninf_karta_dissertacii.syrecordidw%20%3D%201NqcW0>... 1/2

ОГЛАВЛЕНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 4](#bookmark2)

1. РАСТРОВЫЕ СТРУКТУРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

ИЗОБРАЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ РЕПРОДУЦИРОВАНИЯ 8

* 1. Растровые структуры и полиграфическое воспроизведение информации 8
  2. [Современные растровые структуры и методы растрирования 9](#bookmark3)
     1. [Регулярные растровые структуры 9](#bookmark4)
     2. [Нерегулярные растровые структуры 12](#bookmark5)
     3. [Гибридные растровые структуры 16](#bookmark6)
  3. [Преобразования, вносимые растровыми структурами в воспроизведение изображений 17](#bookmark7)
     1. Влияние растровой структуры на передачу тона изображения 18
     2. Растровая структура и воспроизведение границ и деталей изображения 22
     3. [Растровая структура как источник шумов в изображении 23](#bookmark8)
  4. [Необходимость оптимизации сочетания растровых структур и информационных свойств изображений 27](#bookmark9)
  5. [Методы анализа свойств растровых структур и растрируемых изображений 29](#bookmark10)
     1. Метод спектрального анализа растровых структур 30
     2. Метод инструментального контроля для оценки передачи градаций растровыми структурами на фотоформах и оттисках 31
     3. Субъективные методы контроля 31
     4. [Метод разделения контурной и тоновой информации в изображении 32](#bookmark13)
  6. Заключение по главе 1 34

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ РАСТРОВЫХ СТРУКТУР НА

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ 35

* 1. Постановка задачи 35

з

* 1. [Оценка растровых структур с применением спектрального анализа 36](#bookmark15)
  2. [Оценка репродукционных свойств растровых структур 45](#bookmark17)
     1. [Оценка влияния различных растровых структур на передачу тона изображения 46](#bookmark18)
     2. Оценка шумовых свойств различных растровых структур методом экспертного анализа 52
     3. Метод оценки флуктуационных свойств растровых структур по статистическим параметрам гистограммы 55
     4. [Оценка воспроизведения деталей изображения в растровом поле 68](#bookmark21)
     5. [Методика оценки воспроизведения мелких штриховых деталей различными растровыми структурами по статистическим параметрам гистограммы 77](#bookmark23)
  3. Выводы по главе 2 113

1. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ

ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫХ ОРИГИНАЛОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ

РЕПРОДУЦИРОВАНИЮ 116

* 1. Методика оценки структурных свойств изобразительных оригиналов 116
  2. Классификация изобразительных оригиналов 131
  3. Рекомендации по применению растровых структур в зависимости от

структуры оригиналов 133

* 1. [Заключение по главе 3 134](#bookmark24)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ 135

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 138

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы**

Одной из важнейших проблем полиграфии является растрирование. Именно технология растрирования определяет градационное содержание оттиска, отвечает за передачу мелких деталей изображения и его четкость. Помимо этого сама растровая структура при ее заметности становится источником шумов в воспроизводимом изображении. Производители растровых структур стремятся обеспечить точную передачу градаций оригинала, четкость изображения, т.е. передать его структуру, при этом устранить заметность растра настолько, чтобы изображение могло визуально восприниматься как исходное аналоговое. Именно поэтому рынок насыщен различными растровыми структурами. Разработчики в рекламных целях описывают их достоинства, но на практике выявляются сложности работы с растровыми структурами и их недостатки.

Различные растровые структуры отличаются по свойствам, и нет таких растровых структур, которые одинаково хорошо могли бы решить все задачи репродуцирования изображения, так как в свою очередь изображения различны по своей структуре. Исследования возможностей растровых структур и структурных свойств изображений, предназначенных для репродуцирования, позволят наилучшим образом сочетать их для получения требуемого качества воспроизведения.

**Цель диссертационной работы**

Цель работы состоит в разработке методов и объективной оценке растровых структур для выбора наилучшего их сочетания с воспроизводимыми изображениями и достижения желаемого качества репродукции.

Данная цель определила следующие задачи:

1. Провести объективную классификацию имеющихся технологий растрирования на основе исследования пространственно - частотных характеристик, создаваемых растровой структурой.
2. Оценить градационные характеристики, формируемые при применении различных технологий растрирования.
3. Разработать метод объективной оценки флуктуационных характеристик растровых структур и их визуально воспринимаемых шумовых характеристик, оценить шумовые свойства различных растровых структур.
4. Разработать метод объективной оценки воспроизведения деталей при растрировании различными растровыми структурами, оценить возможность воспроизведения деталей при растрировании различными растровыми структурами.
5. Разработать метод и провести оценку структурных свойств изображений, предназначенных для полиграфического репродуцирования, классифицировать изображения в соответствии с их структурой, дать рекомендации по сочетанию свойств изображений и растровых систем.

**Научная новизна работы** заключается в создании методов объективной оценки свойств различных растровых структур по важнейшим параметрам, отвечающим за качество репродуцирования. Проведена объективная интерпретация частотно-пространственных свойств растровых структур с применением спектрального анализа.

Предложены новые методы оценки свойств растровых структур по статистическим параметрам гистограммы растрированного поля и сформированного в растровом поле изображения. По предложенным методам проведена оценка флуктуационных свойств растровых структур, оценена способность растровых структур к воспроизведению мелких деталей.

Предложен метод оценки структурных свойств изображений предназначенных для репродуцирования, основанный на разделении тоновой и контурной информации. Проведена оценка и предложена классификация изображений в зависимости от их структурных свойств.

Даны рекомендации по подбору растровых структур для репродуцирования изображений в соответствии с его структурными свойствами.

**Положения, выносимые на защиту**

1. Классификация технологий растрирования на основе метода пространственно-частотного анализа.
2. Метод оценки и результаты анализа флуктуационных свойств растровых структур.
3. Метод оценки и результаты анализа воспроизведения мелких деталей изображения в растровом поле.
4. Обоснование методологии выбора сочетания технологии растрирования на основе свойств растровых структур и воспроизводимых изображений для достижения требуемого качества репродукции.

**Практическая ценность**

На данный момент существует множество различных растровых структур. Имеющаяся о них информация чаще всего носит рекламный характер и не всегда отмеченные достоинства подтверждаются практическим применением. Результаты работы позволяют объективно оценить возможности различных растровых структур, регулярных и нерегулярных, при воспроизведении различных по своей структуре изображений и сделать выбор в пользу той или иной растровой структуры в зависимости от конкретных задач полиграфического производства.

**Апробация работы**

Содержание отдельных разделов диссертации были представлены и обсуждались на четырех конференциях: Научно-технической конференции молодых учёных МГУП, Москва, 2010; Научно-практической конференции «Инновации в издательских, печатных и мультимедиа технологиях» (Scientific- practical conference «Innovations in Publishing, Printing and Multimedia Technologies»), Каунас, 2011; Научно-технической конференции молодых учёных МГУП, Москва, 2013; Научно-технической конференции молодых учёных МГУП, Москва, 2015.

По теме диссертации опубликовано 8 статей, из них 4, в изданиях рекомендованных ВАК.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Для оценки свойств различных растровых структур предложено использовать субъективные и объективные методы оценки. Субъективные методы экспертной оценки отражают основную цель репродукционного процесса - подготовка информации для потребителя, оценивающего качество репродукции визуально. Методы объективной статистической оценки растровых структур позволяют количественно описать различия между растровыми структурами и более достоверно по необходимым параметрам сделать выбор в пользу той или иной структуры.

Для оценки пространственно-частотных свойств растровой структуры применен метод спектрального анализа, позволяющий оценить пространственный спектр растровой структуры, выявить наличие и соотношение регулярной и нерегулярной составляющей. По результатам спектрального анализа исследуемые структуры поделены на группы в зависимости от наличия и выраженности в них регулярной составляющей. Такое разделение дает возможность выявить структуры, способные к муарообразованию в многокрасочной репродукции при воспроизведении текстурных изображений, склонных к образованию объектного муара. Оценено воспроизведение градаций в зависимости от структуры растра. Показано, что на стадии допечатных процессов проведение линеаризации для каждой структуры отдельно позволяет осуществить требуемую градационную характеристику.

Проведена оценка уровня флуктуаций в изображении, показано, что их возникновение существенно влияет на качество репродуцирования, создавая шумы изображения. По результатам экспертной оценки структурами, создающими заметные флуктуации, являются стохастические растровые структуры: Heidelberg Diamond, Heidelberg Satin Screening; гибридные структуры: Screen Specta и Agfa Sublima; регулярные структуры: Mega Dot и Mega Dot+. Структуры имеют однозначные оценки при визуальном восприятии, что позволяет легко их ранжировать. Стохастические структуры Harlequin Dispersed Screening с различным размерами растровых точек, а также структуры Creo Scitex Fulltone, Creo Turbo FM и гибридная Kodak MaxTone формируют достаточно равномерные поля, потому их ранжировать трудно. Для объективной оценки уровня флуктуаций растровых структур предложен метод, заключающийся в применении статистической оценки гистограммы, формируемой растровой структурой. Метод также дает возможность оценки и позволяет ранжировать растровые структуры в зависимости от их флуктуационных свойств, в том числе при визуальном восприятии.

С применением экспертной визуальной оценки оценено воспроизведение деталей изображения различными растровыми структурами. Показано, что визуальная оценка не всегда позволяет четко определить свойства воспроизведения различных по размеру деталей растровыми структурами, и ранжировать структуры по данному свойству. Для объективной оценки воспроизведения деталей изображения в растровом поле предложен метод, заключающийся в применении статистической оценки гистограмм, формируемых участком штрихового поля при совмещении

растрированного поля со штрихами исходного тест-объекта и смещении исходного тест-объекта на половину периода решетки. Метод позволяет провести оценку воспроизведения размеров штриховых деталей различными растровыми структурами при любом соотношении частот и контрастов растровой структуры и воспроизводимой в растровом поле периодической штриховой решетки и ранжировать структуры в зависимости от качества воспроизведения.

Для классификации изобразительных оригиналов, предназначенных для репродуцирования, предложен метод, заключающийся в определении соотношения контурной и тоновой информации в изображениях. Метод позволяет классифицировать изобразительные оригиналы в зависимости от соотношения содержащийся в них тоновой и контурной информации и предложить для их репродуцирования растровые структуры.

Предложенные субъективные и объективные методов оценки различных свойств растровых структур, а также метод оценки изображений, в совокупности можно характеризовать как разработку методологии процесса выбора растрирования в полиграфических устройствах допечатной обработки изображений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абду И.Э., Прэтт У.К. Количественный расчет детекторов контуров, основанных на подчеркивании перепадов яркости с последующим пороговым ограничением // ТИИЭР. - 1979. - Т. 67. - № 5. - С. 59.
2. Айвазян С.А. Прикладная статистика: исследование зависимостей /

С.А. Айвазян, И.С. Енуков, Л.Д. Мешалкин - М.: Финансы и статистика, 1985.-487с.

1. Амангельдыев А. «Растр» - это не только типография в Москве, но и способ репродуцирования изображений/ЛСурсив. — 1997. — №4. — С. 32.
2. Амангельдыев А. Будущее за гибридами. //Курсив. — 2005. — №1. — С 12.
3. Андреев Ю.С. Исследование структурных характеристик различных систем нерегулярного растрирования /Ю.С. Андреев, О.А. Гурьянова// Вестник МГУП — 2010. — №6. — С. 26.
4. Андреев Ю.С. Об оценке структуры растровых изображений в фоторепродукционных процессах./ Ю.С. Андреев, Е.С. Позняк, В.И. Андреева.// Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии.-М.: 1973. -№3.- С.-163.
5. Андреев Ю.С. Резкостные свойства растровых структур. / Ю.С. Андреев, Т.А. Макеева. // Известия ВУЗов. Проблемы полиграфии и издательского дела. -2006. — №1. — С. 3.
6. Андреев Ю.С. ФПМ печатной системы (краска-бумага) / Ю.С. Андреев, Н.Н. Каныгин, О.А. Карташева, В.В. Луцко. // Полиграфия. — 1993. — N6. - С. 33.
7. Андреев Ю.С./ Частотно-контрастная характеристика зрительного анализатора и ее воспроизведение в измерительном устройстве/ Ю.С. Андреев, Е.С. Позняк// Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии.- М.: 1972. — № 3 — Т 6. — С. 423.
8. Андреева В.И. Механизм действия высокочастотного растра с нерегулярной структурой линзового типа / В.И. Андреева, A.JI. Попова // Труды ВНИИ полиграфии. — 1977. - Т 26. - вып. 1.-е. 69.
9. Артюшин Л.Ф. Основы воспроизведения цвета в фотографии, кино и полиграфии М.: Издательство «Искусство», 1970. - С. 548.
10. Блинников Р. Коррекция градационных характеристик при использовании ЧМР/ Р. Блинников, В. Лихачев //Полиграфия. —1996. -

. №1.- С. 30.

1. Бураченко Д.Л., Клюев Н.Н., Коржик В.И., Финк Л.М. И др. Общая теория связи./Под ред. Л.М. Финка.-Л.: ВАС. - 1970. - 412с.
2. Вендровский К.В. Фотографическая структурометрия /К.В. Вендровский, Л.И. Вейцман - М.:Искусство, - 1982.. - 225с.;
3. Голавачев И. Физические основы муара. // Publish. - 2005. №1. С. 10.
4. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. - М.: Техносфера, 2006. - 1072с.
5. Гудилин Д. Гибридные растры, или «Мичуринские» опыты в полиграфии //КомпьюАрт— 2005. -№4. с. 40.
6. Гудилин Д. Растрирование в ритме самбы. Мир этикетки. - 2003. — №1. С. 15.
7. Гурьянова О.А. Выбор нерегулярных растров для репродуцирования изображений, содержащих в своем составе регулярную составляющую/, О.А. Гурьянова, Ю.С. Андреев // Известия ВУЗов. Проблемы полиграфии и издательского дела. - 2013. - №5 - С. 46.
8. Гурьянова О.А. Исследование возникновения объектного муара при использовании различных систем нерегулярного и гибридного растрирования/ О.А. Гурьянова, М.А. Крылова// Вестник МГУП. - 2010 - №11 -С.58.
9. Гурьянова О.А. Классификация оригиналов для выбора растровой структуры, обеспечивающей качественное репродуцирование/, О.А. Гурьянова, Ю.С. Андреев // Известия ВУЗов. Проблемы полиграфии и издательского дела. — 2014. — №6 — С. 20.
10. Гурьянова О.А. Метод оценки воспроизведения мелких штриховых деталей различными растровыми структурами по статистическим параметрам гистограммы О.А. Гурьянова, Ю.С. Андреев // Известия ВУЗов. Проблемы полиграфии и издательского дела. — 2015. — №4. С. 105.
11. Гурьянова О.А. Метод оценки флуктуационных характеристик растровых структур по статистическим параметрам гистограммы/, О.А. Гурьянова, Ю.С. Андреев // Известия ВУЗов. Проблемы полиграфии и издательского дела. - 2015. -№3- С. 78.
12. Гурьянова О.А. Оценка влияния различных растровых структур на качество репродуцируемого изображения // Вестник МГУП. - 2012. - №12 -С. 63.
13. Гурьянова О.А. Разработка методики получения образца для расчета спектра нерегулярной структуры / Ю.С. Андреев, О. А. Гурьянова // Scientitic-practical conference Innovations of publishing, printing and multimedia technologies. Kaunas. - 2011. - C.67.
14. Кацман В.Д., Исследование муаростойких растровых структур на основе квазипериодических мозаик Пенроуза. // Scientific-practical conference “Innovations for publishing, printing and multimedia technologies. Kaunas. - 2010,- C. 57.
15. Котельников В. А. О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи// Успехи физических наук: Журнал.— 2006.—№ 7.—С. 762- 770.
16. Комар В.Г.//Техника кино и телевидения. 1963. — т №3. — С.9
17. Костюк И.В. Об эффективности применения адаптивного растрирования для изображений различного типа. / И.В. Костюк И Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. — 2010. - №4. - С. 66.
18. Костюк И.В. Обработка мелких деталей изображения для цифровой автотипной печати / П.А. Волнейкин, И.В. Костюк, Ю.В. Кузнецов, АЛ. Щаденко. // Сборник докладов ежегод. международ. научн.-техн. конф. по технологии цифровой печати (International conference of digital printing technologies - NIP20). - Солт-Лейк-Сити, 2004. - С. 632.
19. Костюк И.В. Техника иллюстрационной печати, сохраняющая детали. // «Принт менеджер». Спб.:, 2004. - №8 — С. 8.
20. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D и 3D изображений: учебное пособие/Н.Н. Красильников. - СПб.: БХВ - Петербург, 2011. - С. 608.
21. Кувшинов М. Отцы и дети: растр второго поколения // Курсив. -2003. - №1.- С. 35.
22. Кувшинов М. Современные требования к растрированию//РиЬПзЬ-2000. - №3. - С. 37.
23. Кузнецов Ю.В. Основы подготовки иллюстраций к печати.

Растрирование: учебное пособие / Ю.В. Кузнецов. - Издательство МГУП «Мир книги». - 1998. - С. 174.

1. Кузнецов Ю.В. Технология обработки изобразительной информации / Ю.В. Кузнецов. - СПб.: Петербургский институт печати, 2002. — 312с.
2. Кузнецов. Ю.В. Электронный гравер: прорабатываем детали//Курсив. - 2005.- №3.- С. 34.
3. Кушнаренко А. Составляющие качества печатной продукции. // Полиграфия. — 1996. - №6. — С. 16.
4. Ленкова Г.А., Мызник М.М. Исследование метода и разработка устройства для контроля оптических характеристик глаз / VI международная конференция «Прикладная оптика»: сб. трудов. - Т. 1. Оптическое приборостроение. - СПб. 2004. — С. 147.
5. Ляликов К. //Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии. —М. 1973.- Т18. — С. 230
6. Моисеев А. Муар также неисчерпаем. //Publish. -1999.-№5.-С.78,
7. Непривычное растрирование, или Шаг к повышению качества печати // Формат. - 2005. — №9. — С. 25. [электронный ресурс] — Режим доступа: [http://www.kursiv.rU/kursivnew/format\_magazine/archive/14/8.php#text](http://www.kursiv.rU/kursivnew/format_magazine/archive/14/8.php%23text)
8. Нуждин П. Стохастическое растрирование // КомпьюАрт. — 2004. — №11. -С. 12.
9. Нюберг Н.Д. Теоретические основы цветной репродукции./ Н.Д. Нюберг-М.: Советская наука, 1947. - 177с.
10. Обзор растровых структур Esko perfect highlights, Heidelberg prinec hybrid screening, Screen Specta 2 от производителя [электронный ресурс]- Режим доступа: <http://labelworld.ru/article.aspx?id=16697&iid=775>
11. Панфилов И.П., Дырда В.Е. Теория электрической связи.-М.: Радио и связь, 1991. — 344с.
12. Позняк Е.С. Исследование лазеров в фоторепродукционных процессах / Е.С. Позняк, Ю.С. Андреев //Полиграфия. — 1979. - № 5. - С. 24.
13. Позняк Е.С. Об оценке передаточных характеристик системы «экспонирующий пучок-регистрирующая среда» / Е.С. Позняк, А.М. Духовный, Ю.С. Андреев, Т.А. Макеева, В.В. Белоусов // Материалы 7 Международной конференции МАИ декабрь 2001.-М.: МГУП. - 2001. - С. 96.
14. Полянский Н.Н. История производства форм классических видов и способов печати./ Н.Н. Полянский, О.А. Карташева, Е.Б.Надирова — М.: МГУП.-2008.-С. 150.
15. Пухова Е.А. Классификация оригиналов для определения их устойчивости к проявлению эффекта постеризации / Е.А.Пухова // Известия ТулГУ. Технические науки. - Тула : Изд-во ТулГУ, 2013. - Вып.
16. - С.123.
17. Пухова Е.А. Применение гистограммной коррекции для устранения градационных искажений при цифровой обработке изображений /Е.А Пухова, Ю.С. Андреев//Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела.- 2014. - №6.— С. 41.
18. Рабинер JL Теория и применение цифровой обработки сигналов JI. Рабинер, Б. Гоулд. —М.: Мир, 1978. — 848 с.
19. Рабинович А.Д. Задачи оптимизации и преобразования изображения в полиграфических электронных машинах. / А.Д. Рабинович // Труды ВНИИОПИТ «Электронные системы преобразования информации». М.: 1976. - С. 13.
20. Руководство к.RIP Delta Tower. Delta tehnology screen frequencies, edition May 2000. - C. 29.
21. Самарин Ю.Н. Допечатное оборудование. Конструкция и расчет:учебник для студентов вузов /Ю.Н.Самарин, Н.П. Сапошников, М.Я Синяк; М.-во образования и науки Российской Федерации, МГУП, 2002. — 555 с.
22. Самарин Ю. Н. Оборудование и технология допечатных процессов : учебник для студентов. Ч. 2. Оборудование допечатных процессов / Ю.Н. Самарин. - М. : МГУП, 2011. -305 с.
23. Способ расчета коэффициента конкордации Кендалла. [Электронный ресурс] -Режим доступа: <http://blog.any-p.ru/node/349>
24. Стефанов С.И. Полиграфия и заказчики печатной продукции / С. И. Стефанов— М.: Книга по Требованию, 2014. — 264 с.
25. Стефанов С.И. Полиграфия как сумма технологий / С.И. Стефанов, В.Р. Фидель — М.: Унисерв, 2006. - 311с.
26. Тарасов В.В. Инфракрасные системы «смотрящего» типа./ В.В.Тарасов, Ю.Г. Якушенков. - М.: Логос, 2004. - 444 с.
27. Уилт А.Чем определяется резкость//Цифровое видео. - 2000. - №6. - С.10.
28. Фризер X. Фотографическая регистрация информации / Пер. с нем. - М.: Мир,-1978.- 670 с.
29. Фурман Я.А. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов// ФИЗМАТЛИТ. М., 2002. - С.592.
30. Хацевич, Т.Н. Медицинские оптические приборы. Физиологическая оптика: учеб. пособие. 3-є изд., испр. и доп. - Новосибирск: СГГА, 2010. — 135 с.
31. Шевелёв А. А. Спектральный анализ стохастических растров. //«Друкарство молоде». Материалы 8-й международной научно- технической конференции, апрель 2008. Киев.
32. Шерстнев Г.К. Совершенствование способов повышения резкости в системе поэлементной обработки информации / Г.К. Шерстнев, Ю.С. Андреев // Известия вузов. Проблемы полиграфии и издательского дела. — 2011. -№ 2. - С. 146.
33. Щёголев И. О растровом выборе. Часть 4. Сказочная. Углы поворота или наклона растра. -КомпьюАрт. 2010. №5. С. 28.
34. Chang Jianghao, Alain Benoit, Ostromoukhov Victor, Structure-Aware Error Diffusion, ACM Transactions on Graphics, (Proceedings of SIGGRAPH-ASIA 2009); Vol. 28, No. 5, pp. 162:1-162:8, 2009.
35. Ide 0. Colorimetric Dot Gain Analysis using Jule-Nielsen n. // Journal of Imaging Science and Technology.- 2002,- Vol. 46, No. 2, March/April.- P. 136.
36. ISPS’94 The Physics and Chemistry of Imaging Systems. IS&T’47th Annual conference volume II. A Comparison of the Blue Noise Mask and Error Diffusion. P-491.
37. Jule I. A., Nielsen W. I. The Penetration of Light into Paper and its Effect on Halftone Reproduction / TAGA Proceedings.-1951,- P.65.
38. Kevin J. Parker, Theophane mitsa. Method and Apparatus for Halftone Rendering of a Gray Scale Image using a Blue Noise Mask US 5708518 A 13.01.1998.
39. Ostomoukhov V., Donohue C., Jodoin P.M., Fast Hierarchical Importance Sampling with Blue Noise Properties. Proceedings of SIGGRAPH, 2004, p. 488.
40. Ostromoukhov, V. Digital Facial Engraving /V. Ostromoukhov Computer Graphics Processing, Annual conference series, 1999.
41. Pratt W.K. Digital Image Processing. Second Edition. // Aohn Wiley and Sons,