

ФИЗИКА

УДК 771.531.351.1:621.391.837

ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ ПРИ АНАЛОГО-ЦИФРОВОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ
ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В. А. Москинов, Н. Г. Трушин, Е. И. Казакин

Представлены основные факторы влияющие на потерю информации при сканировании, компьютерной обработке и печати фотографических изображений. Обсуждаются результаты исследований передачи деталей изображений и оптических плотностей при сканировании и их связь с характеристиками сканирующего устройства. Обозначены направления работ по записи и передаче изображения с высокой точностью.

Введение

Действие частиц высоких энергий на вещество приводит к образованию цепочки заряженных частиц, которая фотографическим способом может быть преобразована в видимый след. Фотографические пленки и бесподложечные желатиновые слои с микрокристаллами галогенидов серебра давно и широко используются в качестве детекторов ядерных и релятивистских частиц [1]. Геометрические параметры трека, характеристики излучения, механизм взаимодействия излучения с веществом и свойства вещества взаимосвязаны, что открывает перед фотографическим методом существенно более широкие области применения в научных исследованиях, чем нашедшие применение к настоящему времени. Повышение эффективности фотографической регистрации изображений требует использования современных информационных технологий, обеспечивающих компьютерную обработку получаемой информации и решающих задачу ее анализа, хранения и быстрой передачи. Необходимой предпосылкой для этого является преобразование изображений из аналоговой формы в цифровую, которое достигается в процессе сканирования [2]. Технологии, технические и программные средства сканирования к настоящему времени достаточно развиты, быстро совершенствуются и уже широко используются в научных и технических целях, любительской и профессиональной фотографии, телевидении, кинематографии и т. п. [3]. Несмотря на очевидный прогресс, в этой области ощущается дефицит знаний о сохранности содержащейся в изображениях информации при их сканировании. Недостаточно изучен вопрос передачи при сканировании мелких деталей изображений, во многих случаях имеющий решающее значение, нет полной ясности и в вопросе передачи их полутонов.

Источники потерь информации, дополнительно возникающие в канале передачи процесса сканирования, для облегчения выбора технических средств и условий его проведения целесообразно рассмотреть подробнее. При сканировании ориги-

нал освещается источником света. Светлые области оригинала пропускают (или в случае оригинала на непрозрачной основе отражают) больше света, чем темные. Прошедший через изображение или отраженный им свет оптической системой направляется на фотоприемник (линейку или матрицу из светочувствительных элементов). Под действием света в светочувствительных элементах фотоприемника генерируются электрические заряды, величина которых пропорциональна интенсивности светового пучка. Эти заряды последовательно выводятся из фотоприемника и образуют воспроизводящий пространственное распределение оптических плотностей на изображении аналоговый сигнал. После преобразования его в цифровую форму (АЦП) информация об изображении может быть введена в компьютер [2].

В современных сканерах в качестве светочувствительных элементов используются приборы с зарядовой связью (ПЗС) или фотоэлектронные умножители (ФЭУ). На потери информации при сканировании влияют характеристики светочувствительных элементов, оптической системы и конструкции сканера. Характеристики ПЗС включают:

- а) фотоэлектрические, определяющие эффективность преобразования оптического изображения в электрические сигналы;
- б) конструктивные, которые определяются способом считывания, организацией переноса зарядов, размерами светочувствительных элементов, их спектральной чувствительностью и т. д.;
- в) эксплуатационные, включающие сведения о тактовых диаграммах, рабочих частотах, влиянии воздействий внешних факторов (температуры, механических, радиационных и др.).

Все они взаимосвязаны и в конечном счете определяют свет-сигнальную и частотно-контрастную характеристики сканера, на основании которых можно ориентировочно оценивать передачу деталей изображения разного размера и контраста.

Передача полутонов изображения зависит от зарядовой ёмкости потенциальной ямы, формируемой в ПЗС, величины «темнового» тока, который ограничивает время накопления и хранения заряда, несущего информацию об оптической плотности элемента изображения (пикселя), эффективности переноса зарядов из фотоприемника, а также от различного рода шумов. Основной вклад в шумы вносят выходное устройство и выходной усилитель. Все эти факторы влияют и на передачу мелких деталей, косвенно связанную с разрешающей способностью сканера. Дополнительные потери информа-

ции при сканировании обусловлены аберрациями оптической системы сканера и механизмами перемещения оригинала или перемещения сканирующего светочувствительного элемента [4].

Составной частью сканера является устройство АЦП электрического сигнала, выводимого из фотоприемника. В нем обеспечивается преобразование аналогового изображения в цифровую форму и его размещение в электронном архиве таким образом, чтобы оно было доступно для последующей компьютерной обработки, например, с целью коррекции цвета, уменьшения зернистости и шумов, увеличения контраста и т. д. На этом этапе потери информации определяются условиями кодирования сигнала, влияние которых, например, в цифровом кинематографе достаточно подробно исследовано. То же можно сказать и об обработке цифровых файлов, число предлагаемых компьютерных программ для которой непрерывно растет.

Знание основных источников и причин потерь информации при сканировании дает возможность осознанно подойти в каждом конкретном случае как к выбору аппаратуры для сканирования, так и установлению условий его проведения. В то же время имеющиеся сведения не позволяют по объявленным характеристикам сканера определить минимальные размеры деталей изображения, которые могут быть переданы без потерь информации, и сохранения пропорциональности при передаче оптических плотностей оригинала изображения. Из изложенного выше становится ясной актуальность получения экспериментальных данных по передаче при сканировании изображений различного размера и контраста.

Методика эксперимента

Для изучения пропорциональности передачи освещенностей сканировались изображения денситометрического клина – шкалы закономерно изменяющихся оптических плотностей [5]. Для получения соответствующих тест-объектов образцы черно-белой фотопленки (тип 42) экспонировались на денситометре УКЭП-1М и проявлялись в проявителях УП-2 и Д-76 [6], причем для достижения необходимого контраста изображений продолжительность проявления и тип проявителя изменялись предварительно установленным образом. Оптические плотности измерялись на денситометре ДП-1М. Передача деталей изображения оценивалась по результатам сканирования фотопленки с изображениями разного контраста мира Ащеулова – группы штрихов с различной частотой и характеризовалась величиной разрешающей способности R , выражаемой числом линий/мм в группе, штрихи которой на мониторе при оптимальном увеличении воспринимались раздельно [7]. Для просмотра изображения использовался монитор Iiyama LM704UTA, имеющий размер зерна апертурной маски 0,25 мм и физическое разрешение 1024 пикселя по горизонтали и 768 пикселей по вертикали и откалиброванный к текущему освещению помещения при помощи программного пакета Adobe Gamma.

Для сканирования изображений использовались:

- планшетный сканер Hewlett Packard 4470C с оптическим разрешением 1200x1200 dpi (тип А);
- планшетный сканер EPSON Perfection 3200 Photo с оптическим разрешением 3200 x 6400 dpi (тип Б);
- барабанный сканер Danagraf ScanMate 5000 с оптическим разрешением 5200x5200 dpi (тип В).

Для изменения контраста цифровых изображений использовался графический редактор Photoshop 7. Для оценки пропорциональности передачи оптических плотностей тест-объекта на фотопринтере Creo Scitex 450 на фототехнической пленке получались копии изображения

Результаты

В таблице 1 сопоставлены оптические плотности полей сенситограммы исходного тест-объекта (D_0) и копии, полученной путем сканирования на сканере типа Б и печати цифрового файла (D_K). В этой же таблице приведены оптические плотности соответствующих полей сенситограммы (D_{KO}) копии на той же фототехнической пленке после увеличения контраста цифрового изображения путем его компьютерной обработки. В табл. 2 представлены результаты определения передачи при сканировании изображений мир абсолютного (γ_A) и малого контраста (γ_M), характеризуемой величиной разрешающей способности (R), и данные о величине разрешающей способности сканируемого изображения (R_Φ).

Таблица 1

D_0	D_K	D_{KO}
0,79	0,83	0,93
0,85	0,8	0,9
0,79	0,63	0,87
0,72	0,66	0,79
0,66	0,58	0,74
0,55	0,44	0,66
0,44	0,36	0,56
0,35	0,29	0,44
0,27	0,23	0,34
0,23	0,2	0,29
0,17	0,17	0,25
0,13	0,14	0,21
0,09	0,11	0,17
0,05	0,09	0,13
0,04	0,06	0,11
0,02	0,05	0,1
0,02	0,04	0,04

Таблица 2

Тип сканера	Тип миры	R линий/мм	R _Ф линий/мм
А	γ _А	< 32	145
	γ _М	21	50
Б	γ _А	38	120
В	γ _А	52	145
	γ _М	50–55	50

Обсуждение результатов

Полученные данные свидетельствуют о том, что сканирование обеспечивает пропорциональную передачу оптических плотностей. Наблюдаемое на твердых копиях их уменьшение по сравнению с оригиналом связано со способом печати. Пути устранения такого уменьшения требуют отдельного рассмотрения. Ясно лишь, что одной из возможностей является разработка программного обеспечения компьютерной обработки цифровых изображений для улучшения распознавания его деталей в области малых плотностей.

Если распространить на исследуемый процесс теорему Найквиста, то штрих и промежуток на изображении должны передаваться с приемлемым качеством четырьмя светочувствительными элементами фотоприемника сканера. Физическое разрешение сканера характеризуется числом таких элементов на единицу длины и выражается числом элементов изображения (pixel) на 1 дюйм (ppi). Тогда сканеры (тип А), (тип Б) и (тип В) должны передавать изображение групп миры, имеющих частоту штрихов соответственно 12, 32 и 52 линий/мм. По-

лученные результаты показывают, что теорема Найквиста может быть использована для ориентировочного определения требования к разрешению сканера при заданном размере изображения, которое должно быть преобразовано в цифровую форму с минимальными потерями информации. Существенным результатом является то, что распознавание групп штрихов мир при сканировании меньше зависит от их контраста, чем при визуальном рассмотрении оригинала.

Литература

1. Джеймс, Т. Х. Теория фотографического процесса / под ред. А. Л. Картужанского. – Ленинград: Химия, 1980. – 672 с.
2. Блатнер, Д. Сканирование и растривание изображений / Д. Блатнер, Г. Слейшман, С. Род. – М.: Эком, 1999. – 400 с.
3. Москинов, В. А. Сканирование кинодокументов: новые возможности в их реставрации и передаче. Техника кино и телевидения / В. А. Москинов, Е. И. Кагакин, Н. Г. Трушин. – 2003. – № 10. – С. 43.
4. Пресс, Ф. П. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью / Ф. П. Пресс. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с.
5. Зернов, В. А. Фотографическая сенситометрия / В. А. Зернов. – М.: Искусство, 1980. – 351 с.
6. Журба, А. И. Краткий справочник по фотографическим процессам и материалам / А. И. Журба. – М.: Искусство, 1991. – С. 352.
7. Вендровский, К. В. Фотографическая структурометрия / К. В. Вендровский, А. И. Вейцман. – М.: Искусство, 1982. – 270 с.