

**Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича**

О.В. Дуболазов, І.В. Солтис, Р.М. Бесага

Опрацювання графічної інформації

Навчальний посібник

**Чернівці
Чернівецький національний університет
2022**

УДК 004.9(075)

**Друкується за ухвалою Ученої ради
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича
(протокол № 12 від 01.12.2021 року)**

Рецензенти:

Золотухіна К.І. канд. тех. наук, доц. кафедри ТПВ навчально-наукового Видавничо-поліграфічного інституту, Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Сельменська З.М. канд. тех. наук, доц. кафедри медіатехнологій та видавничо-графічних систем, Української академії друкарства

Солтис І.В., Дуболазов О.В., Бесага Р.М.

Опрацювання графічної інформації / **І.В. Солтис, О.В. Дуболазов, Р.М. Бесага**, Чернівці: Чернівецький нац. ун-тет, 2021, с. 124

Для формування у студентів професійних знань та навичок опрацьовувати текстову, графічну та мультимедійну інформацію з використанням сучасних інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення. Навчальний посібник призначений для студентів вищих закладів освіти за спеціальністю 186 Видавництво та поліграфія.

УДК 004.9(075)

Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, 2022

РЕФЕРАТ

Навчальний посібник призначений для формування у студентів професійних знань та навичок опрацьовувати текстову, графічну та мультимедійну інформацію з використанням сучасних інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення.

Ключові слова: графічна інформація, мультимедійна інформація, інформаційні технології.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	6
1.	Основні характеристики та формати зображень.....	7
1.1	Растрова та векторна графіка: переваги та недоліки.....	7
1.2	Растрова графіка: основні формати.....	10
1.3	Векторна графіка: основні формати.....	12
1.4	Огляд сучасних програмних продуктів для роботи з растровою та векторною графікою.....	14
2.	Введення і оцифровка зображень.....	16
2.1	Сканування. Види сканерів та їх технічні характеристики.....	20
3.	Цифрова фотографія.	22
3.1	Принцип роботи та характеристики цифрових фотоапаратів	22
3.2	Графічні планшети	
4	Функціональні перетворення зображення	24
4.1	Вхідна і вихідна роздільна здатність зображень. Зміна роздільної здатності (ресемплінг). Даунсемплінг і інтерполяція.....	24
4.2	Робота із зображеннями.....	27
4.3	Тонові (градаційні) корекції. Визначення тонового характеру зображення. Гістограми і градаційні криві. Яскравість і контрастність. Види градаційної корекції. Передача інтервалу градацій.....	31
4.4	Відтворення дрібних деталей зображення. Корекція растрових зображень.....	35
4.5	Градаційні властивості зображень.....	39
4.6	Частотні і апертурні спотворення, їх корекція.....	42
4.7	Програмні засоби для поліпшення відтворення дрібних деталей.	45
5	Методи, параметри оцінки та форми контролю якості	

	в системах обробки ілюстративної інформації	62
5.1	Кольоропроба (її місце в технологічному процесі відтворення зображень), пробний друк.....	62
5.2	Сучасні технології аналогової кольоропроби.....	65
6.	Технологія цифрової кольоропроби на фізичному носії. Сучасні пристрої цифрової кольоропроби. Денситометри, спектрофотометри.....	70
	СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	77

ВСТУП

Дана дисципліна є обов'язковою дисципліною освітньо-професійної програми "Видавництво і поліграфія" і передбачає отримання базових знань в області теорії, сучасних технологій, обладнання і програмного забезпечення обробки образотворчої інформації при підготовці друкованих публікацій.

Головною метою вивчення дисципліни "Опрацювання графічної інформації" є формування у студентів професійних знань та навичок опрацьовувати текстову, графічну та мультимедійну інформацію з використанням сучасних інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення.

РОЗДІЛ 1. Основні характеристики та формати зображень

1.1. Растрова та векторна графіка: переваги та недоліки

Існує два основних види комп'ютерної графіки - **векторна і растрова**.

Растрова графіка — це частина комп'ютерної графіки, що пов'язана з обробкою та зберіганням растрових зображень. Растрове зображення є за своєю природою масивом точок, інакше — пікселів.

Растрові зображення характеризуються наступними величинами:

- **Кількість пікселів** — вказують кількість пікселів за шириною та висотою (до прикладу, 1024×768 , 1920×1080);
- **Кількість кольорів, які використовуються або, інакше, глибина кольору** (об'єм пам'яті у бітах, що застосовуються для одного пікселя);
- **Колірний простір** — представлення у різних системах RGB, CMYK, XYZ, YCbCr та ін;
- **Роздільна здатність** — довідковий параметр, який вказує на рекомендований розмір зображень (dpi, lpi, ppi).

Растрові зображення редагуються використанням растрових *графічних редакторів*. Растрові зображення створюються фотоапаратами, сканерами, безпосередньо в растровому редакторі, або шляхом растеризації (експорту) з векторного редактора чи у вигляді знімків екрану.

Растрові зображення зберігаються в стислому вигляді. В залежності від типу стиснення стає можливим або ні відновлення зображення у точності, яким воно було до стиснення (без втрат або з втратами, відповідно). Аналогічно в графічному файлі можливе зберігання додаткової інформації: про фотокамеру та її налаштування, про автора файлу, кількість точок на дюйм при друкуванні та ін.

Переваги:

- Растрова графіка дає змогу створити будь-яке зображення, незалежно від складності, на відміну від векторної графіки, коли неможливо в точності передати ефект переходу від одного кольору до другого без втрат у розмірі файлу.
- Поширеність такого типу графіки — вона використовується зараз скрізь: від маленьких значків до плакатів.
- Значна швидкість обробки складних зображень, за умови, що масштабування не є необхідним.
- Представлення зображення у растровому вигляді природне для переважної більшості пристроїв введення-виведення графічної інформації (за виключенням векторних пристроїв виводу), до прикладу монітори, матричні та струменеві принтери, сканери, цифрові фотоапарати, та мобільні телефони (смартфони).
- Простота оцифрування (автоматизованого вводу зображень), слайдів, фотографій, рисунків за допомогою сканерів, цифрових фотоапаратів, відеокамер;
- Фотореалістичність. Отримуються різні ефекти — туман, розмитість, можливість тонкого регулювання кольорів, необхідної глибини предметів.

Недоліки:

- Великі розміри файлів для простих зображень. Розмір файлу складає пропорційне значення до площі зображення, роздільності а також типу зображення, і, зазвичай, при хорошій якості є великим.
- Непридатність до ідеального масштабування. Растрове зображення володіє визначеною роздільністю і глибиною представлення кольорів. Вказані параметри можна змінювати лише у заданих межах і, зазвичай, із втратою якості.
- Нездатність до виведення на друкування на векторний графічний пристрій.

- Складність управління окремими фрагментами зображення.

Внаслідок таких недоліків для зберігання простих зображень рекомендовано замість, навіть стиснутої, растрової графіки застосовувати векторну графіку.

Векторна графіка — це графіка, для якої базовим елементом є лінія, що описується математичною формулою. Вказане представлення даних компактніше, але побудова об'єктів відбувається з неперервним перерахунком параметрів кривої у координати екранного чи друкованого зображення.

Векторне представлення полягає в описі елементів зображення за допомогою математичних кривих із представленням їхніх кольорів та заливок. Збільшення або зменшення об'єктів здійснюється шляхом збільшення або зменшення відповідних коефіцієнтів в математичних формулах. При збільшенні рисунок фактично заново перемальовується, завдяки чому векторний малюнок можна «розтягувати» на будь-який розмір. Але векторний формат стає невигідним при передачі зображень з великою кількістю відтінків або дрібних деталей (наприклад, фотографій), тому що кожен дрібний відблиск буде представлятися не сукупністю одноколірних точок, а найскладнішою математичною формулою або сукупністю графічних примітивів, кожен з яких, є формулою. А це призводить до збільшення розміру файлу.

Основні переваги векторної графіки:

- Тільки деякі основні дані, зокрема, координати опорних і керуючих точок, використовуючи які програма всякий раз заново відтворює зображення. Крім того, опис колірних характеристик не сильно збільшує розмір файлу, оскільки дані про колір ідентичні для всього об'єкта.
- Об'єкти векторної графіки легко трансформуються і ними легко маніпулювати, що не має практично ніякого впливу на якість зображення з огляду на те, що растрезація зображення (просторова або лінійна дискретизація елементів - це неминучий етап) відбувається в момент виведення на зовнішній пристрій (екран або друкувальний пристрій).

➤ Векторна графіка максимально використовує можливості роздільної здатності будь-якого вивідного пристрою (зображення завжди буде виглядати настільки якісно, наскільки дозволяє даний пристрій).

➤ Важливою перевагою програм векторної графіки є розвинена інтеграція векторних зображень і тексту, єдиний підхід до них, і як наслідок, - можливість створення кінцевого продукту (на відміну від програм точкової графіки). Тому редактори векторної графіки незамінні в області дизайну і т.д.

Основні недоліки векторної графіки:

➤ Проблематичність її використання для передачі складних зображень (наприклад фотографій).

➤ Візуалізація векторних зображень може зажадати значно більше часу, ніж растрового файлу такої ж складності, оскільки кожен елемент зображення повинен бути відтворений окремо і в певній послідовності.

➤ Програмна залежність, оскільки не існує принципової можливості створити єдиний стандартний формат, який би дозволяв вільно відкривати будь-який векторний документ в будь-якій векторній програмі.

➤ Векторний принцип опису зображення не дозволяє автоматизувати введення графічної інформації, як це робить сканер або цифрова фотокамера для точкової графіки.

1.2. Растрова графіка: основні формати

Розробники пропонують чимало растрових форматів, призначених для зберігання файлів. Серед найбільш часто використовуваних варто назвати наступні: BMP, TIFF, GIF, JPEG, PNG, PSD, ICO. Отже, розглянемо деякі плюси і мінуси, а також область застосування перелічених растрових форматів зображень.

BMP - (аббревіатура від Bit Map image) являє собою стандартний растровий формат і має універсальне призначення. Він підтримується більшістю графічних редакторів. Спочатку кодування в ньому виконувалося найпростішим способом, по пікселям. Але це виявилось неекономно, оскільки кожен піксель

був представлений лише одним байтом. Bit Map image майже оптимально підходить для зберігання даних і обміну ними з іншими подібними додатками. Але, разом з тим, займає надто багато місця в пам'яті, так як необхідно зберігати кодування всіх точок зображення. Файл BMP не підтримує анімацію і черезстрочне відображення.

TIFF - (від Taged Image File Format) – універсальний формат для видавничих систем і типографічної графіки. Такі формати растрових зображень забезпечують високу якість друку. Вони створювалися для підтримки практично всіх програм, призначених для роботи з файлами точкової графіки, тому поєднуються з усіма платформами. Широко використовують TIFF в поліграфії та видавничій справі. Файли (відскановані зображення, ілюстрації, факси тощо) з розширенням .tif зберігають для подальшого кольорового друку - в просторі CMYK і RGB. Не застосовується для публікації картинок в комп'ютерній мережі або при створенні веб-сайтів, адже має досить значні розміри. Непридатний він також для анімації.

GIF - (за першими літерами від Graphic Interchange Format) служить для зберігання растрових зображень в графіці і для обміну ними. Він один з найбільш «старих» в Інтернеті. Файли з розширенням .gif широко використовують при конструюванні Web-сайтів. Серед основних плюсів Graphic Interchange Format варто назвати те, що вид картинки не залежить від базової платформи або від типу браузера, а стиснення відбувається без втрат інформації. Високоякісно в цьому форматі відображаються малюнки з незначною кількістю однорідних кольорів, креслення, прозорі картинки та анімація. GIF невеликий за розміром, тому швидко завантажується, що важливо при створенні HTML-сторінок. Але все ж формат має істотний недолік - у нього незначний набір кольорів, що обмежує його можливості при зберіганні зображень, у яких плавні переходи.

JPEG - (абревіатура від Joint Photographic Expert Group) допомагає позбутися від вад, які виникають при створенні та збереженні зображень в GIF. Тут використовується метод стиснення фотографій або інших картинок. Ці формати

растрових графічних файлів є найбільш поширеними при зберіганні багатокольорових картинок. Стиснення зображень (вони зберігаються в файлах з позначкою .jpg) Виконується в плавному режимі, що забезпечує високу його чіткість і знижує втрати даних. На жорсткому диску в JPEG зручно зберігати значне число картинок, зокрема - великі фотознімки з плавними переходами. Це дозволяє істотно заощадити місце на диску. Також за допомогою JPEG доступно публікувати цілком прийнятної якості фото в комп'ютерній мережі. Але слід враховувати, що при стисненні частина даних втрачається, а при повторному збереженні того ж зображення шанси незворотної втрати інформації зростають. В цьому плані набагато покращує становище вдосконалена версія формату - JPEG 2000. Правда, підтримується він не всіма браузерерами, що гальмує його поширення.

PNG - (portable network graphics) дозволяє зберігати растрову графіку в стислому вигляді без втрат, причому файли виходять менше за обсягом, ніж в GIF. У форматі PNG доступно застосування практично будь-якого кольору, а також прозорість. Ця обставина розкриває широкі можливості в веб-конструюванні. Зараз користується постійною популярністю, оскільки підходить до усіх платформ, відрізняється значною кольоровою гамою, підтримує анімацію.

Внутрішні формати растрової графіки PSD (скорочення від PhotoShop Document) призначені для пакетів програми Adobe Photoshop. Вони підтримують всі типи зображень, а також їх шари в ході обробки. Зберігаються в файлах з позначкою розширення .psd.

Формат файлів ICO (Windows icon) використовується програмами для створення картинок малого розміру (так званих «іконок») в браузерах комп'ютерних систем. Іконками маркуються веб-проекти в рядку «Вибране» або URL.

1.3. Векторна графіка: основні формати

AI - векторний формат файлів, створюваних програмою Adobe Illustrator. Формат .ai кожної нової версії несумісний з більш старими версіями, що означає, наприклад, файл,

збережений у версії Adobe Illustrator 9 може бути відкритий в більш новій версії програми (Adobe Illustrator 10, CS, CS2 і т.д.), але не може бути відкритий в більш старій версії програми (Adobe Illustrator 8, 7, 6 і т.д.), хоча з версії Adobe Illustrator 10 підтримується можливість імпорту файлів новіших версій. Формат забезпечує дуже високу якість малюнків, але по ряду параметрів погано сумісний з іншими програмами (наприклад, різні ефекти Adobe Illustrator і градієнтна заливка можуть не передаватися в інші формати).

Формат файлу CDR - файл проекту, який створений в програмі CorelDRAW, який містить векторне зображення або растровий рисунок. Даний формат файлу розроблений компанією Corel для використання у власних програмних продуктах. Файли CDR можна також відкрити програмою Corel Paint Shop Pro. Оскільки формат еволюціонує, новіші його версії часто не підтримуються старим програмним забезпеченням, тому для кращої сумісності при обміні файлами CDR компанія Corel рекомендує зберігати їх у форматі CorelDRAW версії 9.0 або більш ранньою.

За допомогою вільного конвертора uniconvertor можлива конвертація в вільні формати, наприклад в SVG. Крім того, для відкриття файлу CDR можна використовувати вільні редактори sK1 і Inkscape, а для версії 10 і більш ранньої - пропрієтарний Adobe Illustrator.

EPS – відносно універсальний векторний формат файлів, який підтримується більшістю векторних редакторів - CorelDraw, Adobe Illustrator, Macromedia та іншими. Формат забезпечує дуже високу якість.

FLA, FH - вихідні Flash-файли, які створюються в Adobe Flash (колишньому Macromedia Flash).

SVG - скорочення від англ. Scalable Vector Graphics. Є відкритим стандартом, тобто на відміну від більшості інших форматів, SVG не є чиясь власністю. Він створений на XML мові, призначений для опису двовірної векторної графіки. Формат підтримується багатьма веб-браузерами і може бути використаний при оформленні веб-сторінок. На жаль, формат не

забезпечує високої якості відносно складних малюнків і має обмеження по сфері свого використання.

SWF - Flash-формат, який може бути переглянутий за допомогою Flash Player, яка встановлюється як plugin в браузер.

WMF – (Windows Metafile) - графічний формат файлу в системі Microsoft Windows. Універсальний векторний формат, який підтримується більшістю векторних редакторів. На жаль, формат не забезпечує високу якість для складних малюнків і має дуже обмежене число підтримуваних ефектів, тому для професійного використання не підходить і використовується переважно приватними користувачами. Формат підтримується рядом веб-браузерів і може бути використаний при оформленні веб-сторінок.

1.4. Огляд сучасних програмних продуктів для роботи з растровою та векторною графікою

Векторні редактори:

- **CorelDraw**- професійний векторний редактор.
- **Adobe Illustrator** - професійний векторний редактор.
- **Macromedia FreeHand** - професійний векторний редактор.
- **Inkscape** - відкритий редактор векторної графіки, функціонально схожий з Illustrator, Freehand, CorelDraw або Xara X і використовує стандарт W3C під назвою Scalable Vector Graphics (SVG)
- **RasterVect** - трассировщик растрових файлів у векторні.
- **Vextractor** - трассировщик растрових файлів у векторні.

Растрові редактори:

Зазвичай растрові редактори використовуються для роботи з уже готовими зображеннями, наприклад для створення колажів і редагування фотографій. Для створення великих малюнків «з білого аркуша» растрові редактори не завжди зручні.

Серед растрових редакторів окремо слід відзначити:

- **Corel Photo-Paint**,
- **Adobe Photoshop**,
- **Live Picture**,

- **Macromedia XRes,**
- **Micrografx Picture Publisher,**
- **Paint Shop Pro.**

Кожний із них має свої переваги та недоліки, проте найкращим вважається Adobe Photoshop, у якому реалізовано всі можливості растрових редакторів. Він заслужено став лідером, оскільки дає змогу робити із зображеннями майже все що завгодно. Одна з найсильніших сторін Photoshop — можливість накладати на окремі області малюнка спеціальні ефекти (застосовуючи задля цього фільтри). Недоліки редакторів такого типу очевидні: якість малюнка стає щоразу гіршою після його збільшення. Звісно, цей недолік можна усунути за допомогою певних алгоритмів, проте всі вони призводять до розмивання малюнка.

РОЗДІЛ 2. Введення і оцифровка зображень

2.1. Сканування. Види сканерів та їх технічні характеристики

Сканер (англ. Scanner, від scan «пристально розглядати, розглядати») - це пристрій введення, який аналізує об'єкт (зазвичай зображення, текст) та створює його цифрову копію. Процес отримання цієї копії називається скануванням.

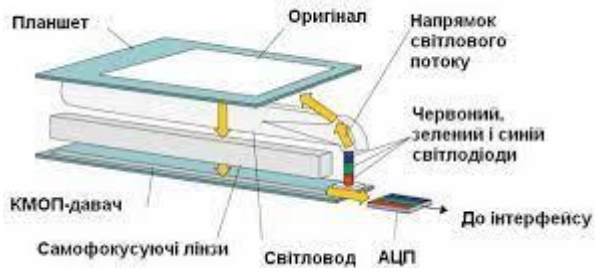


Рис.1. Принцип дії сканера

Сканування являє собою цифрове кодування зображення, що полягає в перетворенні аналогового сигналу

яскравості в цифрову форму. Таке отримання цифрового зображення оригіналу для введення в комп'ютер називають оцифруванням (Digitizing). У процесі оцифровки зображення розбивається на елементарні комірки - пікселі, кожному з яких відповідає певний код яскравості і колірної відтінку.

Види сканерів та їх технічні характеристики.

Сканери можна класифікувати за цілою низкою ознак. В основі класифікації можуть бути такі ознаки:

- ✚ спосіб формування зображення (лінійний, матричний);
- ✚ конструкція кінематичного механізму (ручний, настільний, комбінований);
- ✚ тип зображення, що вводиться (чорно-білий, напівтоновий, кольоровий);
- ✚ ступінь прозорості оригіналу (відбиваючий, прозорий);
- ✚ апаратний інтерфейс (спеціалізований, стандартний);
- ✚ програмний інтерфейс (спеціалізований, TWAIN-сумісний).



Рис.2. Приклад планшетного сканера


В залежності від способу переміщення фоточутливого елемента сканера і носія зображення відносно один одного


сканери поділяються на дві основні групи - настільні (Desktop) і ручні (Hand-held).


До числа настільних сканерів відносяться планшетні (Flatbed), роликові (Sheet-feed), барабанні (Drum) і проекційні (Overhead / Camera) сканери.


Багатофункціональні сканери - це комбіновані пристрої, що поєднують в собі можливості сканерів різних типів, а також інших технічних засобів інформатизації.


Основні характеристики сканера:

 **Роздільна здатність** визначається щільністю розташування пікселів і виражається в точках на дюйм.

 **Область сканування** - максимальний розмір оригіналу для даного сканера.

 **Метод сканування** визначає одно- або трохпроходний спосіб зчитування інформації.

 **Швидкість сканування** - кількість сторінок чорно-білого оригіналу, сканованих в хвилину з максимальною роздільною здатністю сканера.

 **Глибина кольору.** Визначається якістю матриці CCD і розрядністю АЦП. Вимірюється кількістю відтінків, які пристрій здатний розпізнати. 24 біта відповідає 16777216 відтінків. Сучасні сканери випускають з глибиною кольору 24, 30, 36 біт. Незважаючи на те, що графічні адаптери поки не можуть працювати з глибиною кольору більше 24 біт, така надмірність дозволяє зберегти більше відтінків при перетвореннях картинки в графічних редакторах.






Сукупність цих характеристик моделі сканера визначає його приналежність до одного з трьох класів, на які умовно можна поділити всі моделі сканерів.

Сканери простих моделей використовуються для підготовки ділової документації, створення прайс-листів та рекламних оголошень, а також для підготовки електронних публікацій (Web-сторінок, графічних баз даних).

Сканери проміжного класу планшетного типу мають можливість роботи з прозорими оригіналами і застосовуються у видавничій діяльності.

Сканери високого класу використовуються при необхідності оцифровки великого обсягу інформації з високою якістю і продуктивністю.

Види сканерів:

-  планшетні - найбільш поширений вид сканерів, оскільки забезпечує максимальну зручність для користувача - висока якість і прийнятну швидкість сканування. Являє собою планшет, усередині якого під прозорим склом розташований механізм сканування. ручні - в них відсутня двигун, отже, об'єкт доводиться сканувати користувачеві вручну, єдиним його плюсом є дешевизна і мобільність, при цьому він має масу недоліків - низька роздільна здатність, малу швидкість роботи, вузька смуга сканування, можливі перекоси зображення, оскільки користувачеві буде важко переміщати сканер з постійною швидкістю.
-  листопротяжні (протяжні) - аркуш паперу протягується по напрямних роликах усередині сканера повз лампи. Має менші розміри, у порівнянні з планшетним, однак може сканувати тільки окремі листи, що обмежує його застосування в основному офісами компаній. Багато моделей мають пристрій автоматичної подачі, що дозволяє швидко сканувати велику кількість документів.
-  планетарні або книжкові сканери - застосовуються для сканування книг або легко пошкоджуємих документів. При скануванні немає контакту із об'єктом сканування (як в планшетних сканерах).
-  книжкові сканери - призначені для сканування брошурованих документів. Сканування проводиться лицьовою стороною вгору як при звичайному читанні. Це запобігає їх пошкодженню і дозволяє користувачеві бачити документ в процесі сканування.
-  слайд-сканери - як зрозуміло з назви, служать для сканування плівкових слайдів, випускаються як самостійні пристрої, так і у вигляді додаткових модулів до звичайних сканерів.

- ✚ сканери штрих-коду - невеликі, компактні моделі для сканування штрих-кодів товару в магазинах.

2.2. Оцінка зображень, які потрібно сканувати. Процес і параметри сканування.

Роздільна здатність моніторів


Монітор є універсальним пристроєм виведення інформації і підключається до відеокарти, яка встановлюється в слот розширення системної плати в системному блоці. На екрані монітора будь-яке зображення (в тому числі і текстова інформація) представляється точками, кожна з яких може мати той чи інший колір. Такі точки називаються пікселями. Колір кожної точки кодується в двійковій системі числення і записується в пам'ять відеоадаптера. Зображення формується шляхом зчитування вмісту відеопам'яті і відображення його на екрані монітора.


У кольоровому відеомоніторі для відображення одного пікселя використовується три точки екрану, що світяться з різною яскравістю одним з «базових» кольорів: RGB (Red-червоний, Green-зелений та Blue-синій). Розміри окремих точок дуже малі, а розташовані вони дуже близько один до одного, тому для ока користувача зливаються в один піксель, колір якого визначається комбінацією відтінків точок базових квітів.


Основні характеристики моніторів:

- ✚ **Розмір екрану по діагоналі.** Вимірюється в дюймах. Для сучасних відеомоніторів стандартом є діагональ 17 ", випускаються відеомонітори з діагоналлю 19", 20 ", 21", 29 ", 33", 37 "і 38".

- ✚ **Відстань між точками на екрані («розмір зерна»).** Вимірюється в мм. Визначає чіткість зображення. Чим менше ця величина, тим якісніше зображення. Значення даного параметра від 0,22 до 0,43 мм. Чим менше зерно, тим більше точок на одиницю площі, тим вище роздільна здатність. В даний час діаметр точки дорівнює 0.22 - 0.43 мм. Оптимальними для сприйняття вважаються монітори з зерном екрану від 0,24 до 0,28 мм.

 **Роздільна здатність** - число пікселів (точок екрану) по горизонталі і вертикалі. Ця характеристика визначає контрастність зображення.

 **Частота кадрової розгортки**, яка вимірюється в герцах (Гц), визначає скільки разів в секунду зображення «перемальовується» на екрані. Цей параметр безпосередньо впливає на зір, тому що при занадто малій частоті кадрової розгортки (менше 85 Гц) людина візуально відчуває мерехтіння екрану, що може викликати головний біль і втому очей. Більшість сучасних відеомоніторів підтримують частоту кадрової розгортки 100 Гц, а деякі і 120 Гц. Частота кадрової розгортки залежить, від можливостей відеомонітора і відеоадаптера.

 **Кількість кольорів**. Починаючи зі стандарту VGA, будь-який монітор здатний відображати стільки кольорів, скільки забезпечує відеокарта. Сучасні монітори здатні виводити зображення на екран з використанням сотень мільйонів кольорів і відтінків.

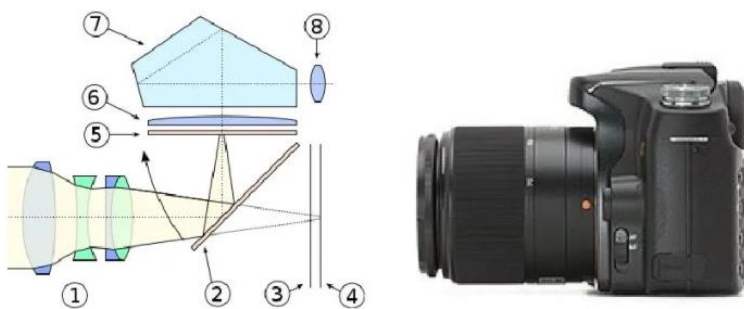
РОЗДІЛ 3. Цифрова фотографія

3.1. Принцип роботи та характеристики цифрових фотоапаратів.

Цифровий фотоапарат - фотоапарат, в якому для запису оптичного зображення замість світлочутливого матеріалу використовується напівпровідникова фотоматриця і цифровий пристрій. Аналоговий сигнал з матриці за допомогою АЦП перетворюються в цифрові файли і записується на накопичувач в фотоапараті або іншому зовнішньому пристрої.



Рис. 3. Цифровий фотоапарат



1-об'єктив, 2-дзеркало, 3-затвор, 4-матриця,
5-екран фокусування, 6-скло, 7-пентапризма, 8-видошукач

Рис. 4. Будова цифрової фотокамери

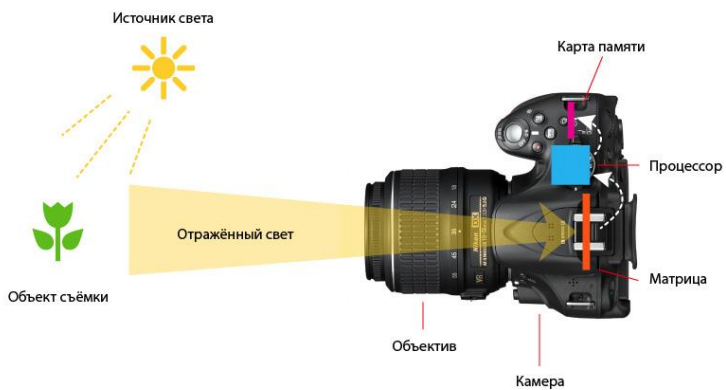








Рис. 5. Принцип дії цифрової фотокамери

Схема процесу фотозйомки:

-  Світло - найголовніше в фотографії. Все починається з нього. Саме слово "фотографія" можна перевести як "малювання світлом", "світлопис".
-  Світло падає на всі навколишні нас предмети. Це дуже важливо запам'ятати: фотоапарат знімає не самі предмети, а світло, відбите від них.
-  Відбите від предмета світло проходить через об'єktiv фотоапарата.
-  Воно проектується на світлочутливий сенсор - матрицю. Раніше, коли не було цифрових фотокамер, замість матриці використовувалася фотоплівка..
-  Матриця складається з мільйонів світлочутливих елементів. Вона реєструє світло і передає інформацію про нього вже в електронному вигляді в процесор фотокамери. Процесор обробляє отримані дані і зберігає їх у вигляді файлу.
-  Файл записується на карті пам'яті.

3.2. Графічний планшет

Графічний планшет (від англ. Graphics tablet або graphics pad, drawing tablet, digitizing tablet, digitizer - дигітайзер, диджитайзер) - це пристрій для введення інформації, створеної від руки безпосередньо в комп'ютер. Складається з пера і плоского планшета, чутливого до натиснення або близькості пера (стилуса).

В сучасних планшетах основною робочою частиною є мережа з проводів (або друкованих провідників). Ця сітка має досить великий крок (3-6 мм), але механізм реєстрації положення пера дозволяє отримати крок зчитування інформації набагато менше кроку сітки (до 200 ліній на мм).

Характеристики планшетів:

Роздільна здатність

Роздільною здатністю планшета називається крок зчитування інформації. Вимірюється числом ліній на дюйм (англ. Lines per inch, lpi). Типові значення для сучасних планшетів становить кілька тисяч lpi.

Число ступенів свободи

Кількість ступенів свободи визначає число квазінеперервних характеристик взаємного положення планшета і пера. Мінімальна кількість ступенів свободи - 2 (X і Y положення проекції чуттєвого центра пера), додаткові ступені свободи можуть включати тиск, нахил пера щодо площини планшета, обертання (положення пера щодо своєї вертикальної осі).



Рис.6. Графічний планшет

РОЗДІЛ 4. Функціональні перетворення зображення

4.1. Форматні перетворення зображень. Кадрування, поворот, масштабування

Масштаб ілюстрації в істотній мірі визначається типом ілюстративного оригіналу. Так, наприклад, штрихові непрозорі оригінали не підлягають збільшенню, а для тонових оригіналів відображення збільшення розмірів у виданні передбачається не більше ніж в півтора рази. Такі оригінали, як показує практика, масштабують переважно в бік їх зменшення. Навпаки, прозорі оригінали - слайди, як правило, збільшують аж до декількох десятків разів. Це пояснюється не тільки тим, що вони, в порівнянні з оригіналами, мають, в основному, менші вихідні розміри. Визначальною тут є їх висока роздільна здатність, що забезпечує значний запас інформації в порівнянні з тією, яку зоровий аналізатор може сприйняти при розгляданні такого оригіналу в натуральну величину. У той же час низький рівень власних шумів, що забезпечується мікроструктурою підкладки і фотографічної емульсії таких оригіналів, знижує ймовірність появи на репродукції небажаної фактури або зернистості, часто неминучих при збільшенні тонових оригіналів зображення в межах, що перевищують передбачені згаданим стандартом.

Функціональні перетворення сигналу зображення можна умовно розділити на три основні групи:

- перетворення в області низьких просторових частот спектра зображення;
- перетворення в області високих просторових частот;
- форматні.

До першої групи відносять перетворення тонів і кольорів зображення які проявляються перш за все на його відносно великих деталях, оскільки здатність зору розрізняти їх відтінки найбільш висока і різко знижується зі зменшенням розмірів деталей. В аналогових системах електронного репродукування ці перетворення зводяться до відповідних перетворень амплітуди відеосигналу і тому тут їх іноді називають амплітудними.

Перетворення другої групи впливають на чіткість і різкість зображення і пов'язані зі зміною амплітуд гармонійних складових в високочастотній області спектра його просторових частот. Це апертурна корекція, нерізде маскування, корекція помилок просторової дискретизації сканування і аналого-цифрового перетворення та інші частотні фільтрації зображення, що визначають контраст, різкість і геометричну точність відтворення дрібних деталей і контурів.

До форматних перетворень віднесемо насамперед зміну масштабу, поворот зображення і його кадрування. Під останнім розуміють виділення з оригіналу саме тієї його частини, яка за задумом художнього редактора і повинна представляти ілюстрацію на сторінці видання. До цієї ж категорії перетворень слід віднести і операції, пов'язані з незначною (лише на кілька растрових точок) коригуванням розмірів графічних елементів. Ця процедура, що усуває можливість появи помітних прогалин між двома зазначеними зображеннями в результаті нерівномірної приводки паперового листа, яка відома в практиці експлуатації настільних видавничих систем (HBC) як *вкопювання (trapping)*.

4.2. Вхідна і вихідна роздільна здатність зображень. Зміна роздільної здатності (ресемплінг). Даунсемплінг і інтерполяція

Основними параметрами технічної характеристики сканерів або цифрових фотоапаратів є: *роздільна здатність, глибина кольору, поріг чутливості, динамічний діапазон оптичної густини, максимальні розміри сканування, коефіцієнт збільшення*. Характеристиками сканера, що визначають область його застосування, є режими сканування, тип механізму сканування оригіналів і деякі інші технічні дані.

Роздільна здатність - це величина, що характеризує кількість зчитаних елементів зображення (пікселів) на одиницю довжини. Зазвичай розмірність цієї величини вказують в точках на дюйм. Роздільну здатність сканера визначають як фізичну (апаратну) роздільну здатність і як інтерполяційну роздільну здатність.



Рис.7. Одне і те ж зображення при роздільній здатності 72-ppi і 300-ppi; збільшено до 200%



Рис.8. Приклади лініатури растра:

A. 65 lpi: грубе зерно зазвичай використовується для друку бюлетенів і продуктивних купонів B. 85 lpi: середнє зерно використовується для друку газет C. 133 lpi: дрібне зерно зазвичай використовується для чотирикільрного друку журналів D. 177 lpi: дуже дрібне зерно зазвичай використовується для друку річних звітів і художніх альбомів

Фізична роздільна здатність характеризує конструктивні можливості сканера в оцифруванні зображення по горизонталі і вертикалі. Оптична (горизонтальна) роздільна здатність сканера характеризує максимальний обсяг дискретної інформації, що вводиться оптичною системою пристрою. Оптична роздільна здатність планшетних (площинних) сканерів, що мають фіксовану фокусну відстань, визначається як відношення кількості окремих світлочутливих елементів в лінійці (або лінійках) фотоприймача до максимальної ширині робочої області сканера і характеризує крок дискретизації, що сканується по горизонталі.

Високе значення оптичної роздільної здатності досягається за рахунок збільшення щільності реєструючих елементів або одночасного використання декількох фотоприймачів. В

останньому випадку автоматично або вручну перед скануванням об'єднуються окремі частини зображення, що вводиться.

Розміри в пікселях змінюють загальне число пікселів по ширині і довжині зображення. Роздільна здатність є мірою чіткості деталей растрового зображення і обчислюється в пікселях на дюйм (ppi). Чим більше пікселів на дюйм, тим вище роздільна здатність. В цілому зображення з більш високою роздільною здатністю дозволяє одержати більш високу якість при друці.

Роздільна здатність барабанних сканерів на відміну від сканерів інших типів виражається як оптична роздільна здатність (в точках на дюйм), оскільки в них реалізований точковий спосіб отримання інформації про зображення. Роздільна здатність таких сканерів залежить від характеристик крокового двигуна і апертури об'єктива, а також від яскравості джерела світла і максимальної частоти обертання барабана. У багатьох сканерах передбачається можливість програмного підвищення роздільної здатності - *інтерполяції*. Однак це не підвищує ступеня деталізації представлення зображення, а лише знижує його зернистість.

При інтерполяції сканер зчитує з оригіналу графічну інформацію на межі своєї фізичної роздільної здатності і включає в сформований образ зображення додаткові елементи, привласнюючи їм усереднені значення кольору сусідніх, реально визначених точок. Незважаючи на те, що алгоритми інтерполяції не додають деталей в зображення, в багатьох випадках застосування подібної технології представлення зображень дозволяє домагатися хороших результатів: згладжуються межі растрових об'єктів і дозволяє чіткіше опрацювати дрібні деталі.

Ресемплінг або передискретизація растрового зображення - це зміна його роздільної здатності в пікселях.

Ресемплінг змінює об'єм даних зображення при зміні його розмірів в пікселях або його роздільної здатності. При *даунсемплінгу* (зменшенні числа пікселів) зображення втрачає частину інформації. При ресемплінгу (збільшенні числа пікселів або збільшенні роздільної здатності) додаються нові пікселі.

Метод інтерполяції визначає, яким чином видаляються або додаються пікселі.

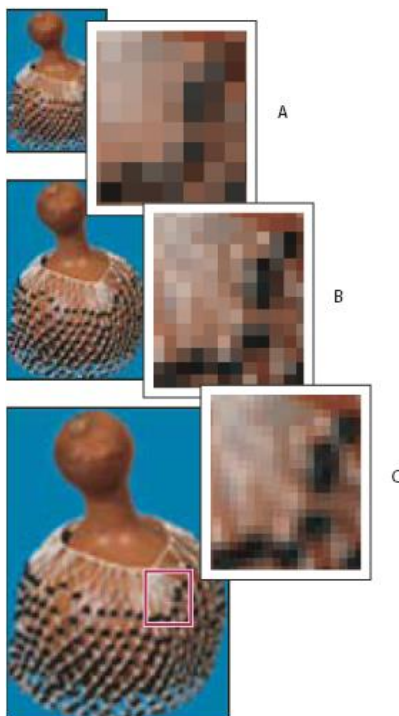







Рис. 9. А. Даунсемплінг; В. Без змін; С. Ресемплінг (вибрані пікселі відображаються для кожного набору зображень)

4.3. Робота із зображеннями. Тонова (градаційна) корекція. Визначення тонового характеру зображення. Гістограми і градаційні криві. Яскравість і контрастність. Види градаційної корекції. Передача інтервалу градацій

Корекція - це виправлення недоліків оригіналу або спотворень, що вносяться пристроями введення зображень. *Градаційне перетворення* - це компенсація недоліків друкарського процесу.

Корекція кольорових зображень дуже схожа на корекцію сірих, але тут є і свої особливості. Ви розтягуєте і стискаєте тоновий діапазон, але не в одному каналі, а в трьох (RGB) або чотирьох (СМУК), тому все виявляється в дев'ять або шістнадцять разів складніше.

Зазвичай підготовка кольорових зображень до друку виконується в наступному порядку:

-  Виявлення і ретуш дефектів, усунення пилу і подряпин.
-  Глобальна тонова корекція.
-  Глобальна корекція кольору.
-  Вибіркова тонова і / або колірна корекція.
-  Поступове перетворення (настройка різкості, компресія тонового діапазону, перетворення в СМУК).

Зазвичай, перш ніж приступати до ретуші, зображення часто доводиться освітлювати.

Іноді розділити тонову і колірну корекцію просто неможливо. Зміни колірного балансу впливають і на тон, оскільки ви маніпулюєте тонами окремих колірних каналів. Так, якщо для нейтралізації стороннього блакитного відтінку ви підвищуєте зміст червоного, зображення стає яскравішим, оскільки відбувається додавання світла. А коли, намагаючись усунути зелений відтінок, ви знижуєте вміст зеленого, зображення затемнюється, так як ви віднімаєте світло. У міру можливості всі глобальні проблеми ми намагаємося вирішувати застосуванням тільки однієї кривої.

Найперше з розроблених нами правил свідчить: вирішуй спочатку найбільшу проблему. Часто для того, щоб хоча б побачити, які проблеми є в зображенні, потрібно усунути найбільшу з них. Такий підхід дуже ефективний - він економить зусилля і завдає найменшої шкоди зображенню.

Найбільша проблема настільних сканерів, особливо 8-бітових, пов'язана з тим, що вони занадто затемнюють напівтони і тіні, тому ми починаємо з глобальної тонової корекції. У зображеннях формату Photo CD загальний тонової баланс може бути чудовим, але зображення може мати сторонній відтінок. У призначених для друку чисто синтетичних зображеннях, на зразок тих, що створюються в програмах тривимірного

рендеринга, можливо, спочатку доведеться трохи знизити загальну насиченість.

Перш ніж приступати до обробки необхідно детально розглянути зображення. Необхідно збільшити його до 100% і розглянути кожен піксель. Не пропустіть частинок пилу і подряпин. Подивіться, чи є області з великим рівнем шумів, які можуть викликати проблеми. Досліджуйте кожен канал - чи не ховаються в якомусь з них деталі (або дефекти), відсутні в інших. Чи не сконцентровані шуми в одному каналі. (Зазвичай шуми превалюють в синьому). Погляньте на гістограму. Чи весь тоновий діапазон використаний? Якщо ні, то, може, так і повинно бути? Кілька хвилин критичної оцінки зображення допоможуть заощадити години роботи. Складіть план і твердо дотримуйтеся.

Вирішуючи особливо складну проблему, працюйте з копією зображення. Задавши бажані налаштування в діалозі *Levels (Рівні)*, *Curves (Криві)* або *Hue / Saturation (Колірний тон / Насиченість)*, збережіть їх перед застосуванням - так вам легше буде відстежити свій шлях назад.

Коригувальні шари Photoshop допоможуть в цьому. Тут немає необхідності застосовувати результати редагування відразу, так як ви можете в будь-який момент повернутися і змінити їх, оскільки ваша правка ще не вбудована в оригінал. Черговість дій з редагування не має значення, так як при зведенні окремих етапів всі зміни будуть застосовані одночасно.

Корекцію і градаційне перетворення кольорових зображень, так само як і сірих, можна виконувати або окремо, або одночасно. Це залежить від того, чому ви віддасте перевагу - швидкості або свободі маневру. Зображення, підготовлене для одних умов друку, дуже важко відтворити задовільно в інших умовах друку.

Журнальний варіант зображення можна переробити для газети, але якщо ви спробуєте зробити навпаки, зробити це буде дуже важко, так як зображення для газети було стиснуте в розрахунку на більш вузький колірний охоплення друкарського процесу. А переорієнтація зображення, підготовленого до друку

на газетному папері, для виведення на пристрій запису на фотоплівку взагалі неможлива.

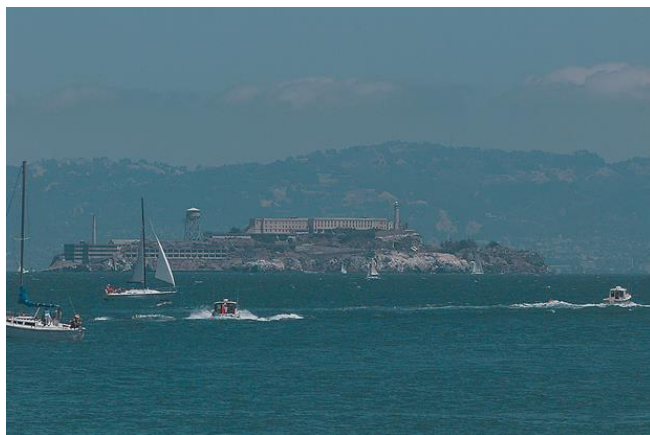


Рис.10. Друк з налаштуваннями кольороподілу для газетного паперу.
Неконтрастне зображення втратило багато тонів і кольорів, але виглядало б на цьому папері нормально при орієнтації на газетний друк

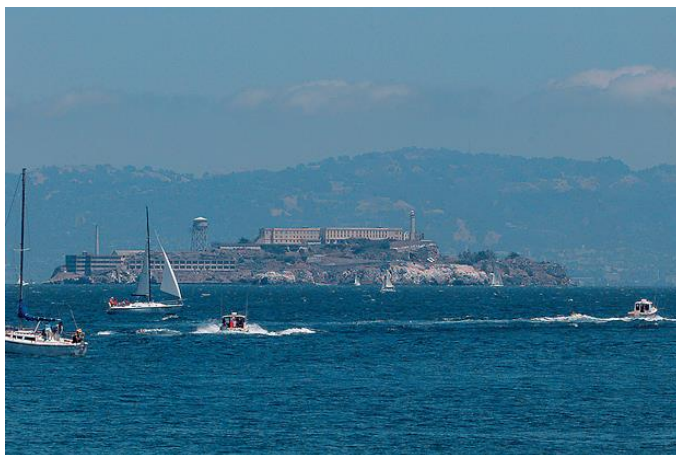


Рис.11. СМΥК-файл перетворили в RGB і виконали кольороподіл заново



Рис. 12. Параметри кольороподілу RGB-файла були задані спеціально для умов друку

Якщо ви плануєте відтворювати зображення із застосуванням різних методів друку, корекцію і градаційну корекцію необхідно виконувати окремо. Відкориговане зображення можна зберегти як RGB-файл, а потім на його основі підготувати кілька версій - кожна для певних умов друку. Якщо ж ви плануєте надрукувати зображення і більше до нього не повертатися, можете заощадити час і зусилля і зробити корекцію і градаційну корекцію одночасно.

4.4. Відтворення дрібних деталей зображення. Частотні і апертурні спотворення, їх корекція. Корекція растрових зображень

Ще в середині XX століття обробка зображень була здебільшого аналоговою і виконувалася оптичними пристроями. Подібні оптичні методи досі важливі, в таких областях як, голографія. Проте, з різким зростанням продуктивності комп'ютерів, ці методи все в більшій мірі витіснялися методами цифрової обробки зображень.

Методи цифрової обробки зображень зазвичай є більш точними, надійними, гнучкими і простими в реалізації, ніж аналогові методи. У цифровій обробці зображень широко застосовується спеціалізоване обладнання, таке як процесори з конвеєрної обробкою і багатопроцесорні системи. В особливій мірі це стосується систем обробки відео.

Незважаючи на величезну різноманітність практичного застосування, методи цифрової обробки зображень зводяться до невеликої кількості таких основних завдань.

1) Фільтрація та поліпшення візуального сприйняття. Зображення може спостерігатися на тлі різних перешкод, які і потрібно по можливості послабити. Крім того, може знадобитися зробити зображення більш контрастним, виділити контури.

2) Відновлення відсутніх ділянок. Через збої передачі зображення чи особливо сильних перешкод окремі ділянки зображення можуть бути відсутніми. Завдання полягає в їх відновленні. Таке завдання виникає, наприклад, при реставрації картин, фотографій і фільмів.

3) Виявлення об'єктів і їх ідентифікація. Потрібно на фоні зображення знайти цікаві для нас об'єкти. Якщо таких об'єктів кілька типів, то додатково потрібно їх класифікувати. Як приклади можна привести автоматичне зчитування номерів проїжджаючих автомобілів, виявлення та ідентифікацію літальних апаратів, виявлення лісових пожеж. Іноді завдання виявлення ставиться менш виразно - потрібно виявити аномалії, тобто ділянки зображення, які чимось відрізняються від свого оточення. Наприклад, до таких відмінностей може привести наявність корисних копалин, сільськогосподарських шкідників або локальних патологій внутрішніх органів.

4) Оцінка геометричних трансформацій і суміщення зображення. В процесі спостереження все зображення чи окремі його частини можуть переміщатися через динаміки сцени, руху приймача або недосконалості його конструкції, турбулентності атмосфери. В результаті одні й ті ж елементи зображення знаходяться на спостережуваних кадрах в різних місцях, тобто є геометричні трансформації зображення. Іноді такі










трансформації є фактором, що заважає, наприклад, динаміка медичних зображення при диханні пацієнта. В інших випадках трансформації - інформативний фактором, наприклад, по зображеннях рухомих хмар можна оцінити поле швидкостей вітру в околиці аеропорту, що потрібно для забезпечення безпеки польотів. У будь-якому випадку потрібно оцінити геометричні трансформації, тобто поєднати елементи одного зображення з відповідними їм елементами на іншому зображенні.

5) Оцінка параметрів зображення. В цю групу входять завдання виміру різних характеристик зображення чи їх окремих елементів: імовірнісні характеристики зображення, положення і розміри об'єктів.

6) Стиснення зображення. Великий обсяг і висока швидкість надходження даних ставлять підвищені вимоги до накопичувачів і каналів передачі зображення.






Також за призначенням методи цифрової обробки зображень поділяються на методи обробки зображення для його відтворення та методи обробки зображень в прикладних і наукових цілях .

Типовими задачами методів відтворення зображення є:

-  геометричні перетворення (обертання і масштабування);
-  колірна корекція: зміна яскравості і контрасту, квантування кольору, перетворення в інше кольорову модель;
-  порівняння двох і більше зображень (знаходження кореляції між зображенням і зразком, наприклад в детекторі банкнот);
-  комбінування зображень різними способами;
-  інтерполяція і згладжування;
-  поділ зображення на області;
-  редагування та ретушування;
-  розширення динамічного діапазону шляхом комбінування зображень з різною експозицією;
-  компенсація втрати різкості.

Типовими задачами методів обробки зображень в прикладних і наукових цілях є:

-  розпізнавання тексту;

-  обробка супутникових знімків;
-  машинний зір;
-  обробка даних для виділення різних характеристик;
-  обробка зображень в медицині;
-  ідентифікація особистості (по обличчю, райдужці, дактилоскопічним даним).

В основі побудови систем додрукарської підготовки видань лежить концепція системного підходу до організації друкарського процесу, при якому всі технологічні операції, пов'язані з введенням, обробкою і виведенням зображень, узгоджені між собою, використовують однакові формати даних, єдині параметри, принципи зв'язку і управління різними етапами єдиного процесу. При цьому всі технічні та програмні параметри апаратного і програмного забезпечення знаходяться в жорсткому взаємозв'язку, що дозволяє істотно оптимізувати весь процес додрукарської підготовки і добиватися максимально можливої продуктивності всієї системи.

Комп'ютерні видавничі системи - комплекс, що включає в себе:

- 1) персональні комп'ютери для введення тексту, обробки зображення, верстки та управління процесом в цілому;
- 2) скануючі пристрої;
- 3) вивідні пристрої;
- 4) мережеві технології;
- 5) програмне забезпечення.

Відтворення зображення на відбитку ідентично оригіналу по ряду об'єктивних причин неможливо. До цих причин відносяться:

- 1) різні характеристики підкладки оригіналу і тиражного паперу;
- 2) різний колірний синтез оригіналу і відбитка;
- 3) різні інтервали оптичної густини оригіналу і відбитка, що впливає на градаційну передачу;
- 4) різне колірне охоплення пігментів фотоплівки, художніх і друкарських фарб;

5) зображення на оригіналі безперервне, на відбитку - дискретне, що негативно впливає на відтворення дрібних деталей і градаційну передачу;

6) різний масштаб оригіналу і відбитка, що впливає на різкість зображення.

У зв'язку з перерахованими причинами при обробці оригіналу для подальшого відтворення необхідно враховувати наступні параметри:

1) градаційні властивості;

2) кольоровість;

3) наявність дрібних деталей;

4) похибки (зокрема, растр на поліграфічних оригіналах, а також механічні пошкодження: пил, подряпини і т. д.);

5) побажання замовника.

4.5. Градаційні властивості зображень.

Градація - послідовний ряд оптичної густини зображення.

Градаційна точність - відповідність градацій на оригіналі і на відбитку.

Градації сірого - перехід оптичної густини від білого кольору до чорного.

Градації кольорового тону - поступовий перехід одного кольорового тону від білого до максимально насиченого.

Залежно від величини оптичної густини на ділянках зображення виділяються наступні зони:

1) точка білого (чисто-біла область, яка не містить яких-небудь деталей);

2) дифузійні світла (растрова точка 2-10%);

3) світла (10-35%);

4) півтони (35-65%);

5) тіні (65-80%);

6) глибокі тіні (80-98%);

7) точка чорного (область, що містить насичений чорний колір).

Точність поступового відтворення оригіналу визначають наступні чинники:

1) динамічний діапазон оптичної густини оригіналу;

- 2) сюжетні особливості;
- 3) особливості технологічного процесу; обладнання та матеріали, що застосовуються.

Динамічний діапазон оптичної густини оригіналу, як правило, перевищує динамічний діапазон відбитка. Теоретично динамічний діапазон може приймати значення від 0 до 4D.

Характерні значення динамічного діапазону для деяких видів джерел зображення рівні наступним величинам:

- 1) 0,9-1,0 (ілюстрації на газетному папері);
- 2) 1,5-2,0 (ілюстрації на крейдованому папері);
- 3) 2,0-2,5 (фотознімки);
- 4) 2,5-3,0 (негативи);
- 5) 2,7-3,2 (якісні слайди);
- 6) 3,5-4,0 (спеціальні професійні слайди високої якості).

Сюжетні особливості оригіналу визначаються тим, в якій зоні оптичної густини знаходяться сюжетно важливі деталі: у світлі, тінях і т. п. Наприклад, на оригіналах, сюжетно важливі деталі яких зосереджені в світлі, контраст в цій області повинен бути сильно збільшений в порівнянні з контрастом в півтонах і тінях.

Особливості технологічного процесу, обладнання та матеріали визначаються технологією додрукарської підготовки (можливості системи введення, характеристики растра, технологія виготовлення друкарських форм, особливості фотопроцесу і копіювально-формних процесів), видом друку, друкарськими машинами, процесом друку, папером, характеристиками і порядком накладання фарб, формуванням ахроматичної складової.

Кольоровість.

Передача кольору - візуально точно сприймається кольороподілом оригіналу на відбитку при порівнянні зображень в однаковому освітленні.

Для кольорових зображень існує три групи точності відтворення: фізична, фізіологічна і психологічна.

Фізична точність - збіг зображень на оригіналі і на відбитку по спектральному складу. Може бути тільки в тому випадку, якщо оригінал і репродукція з нього виконані на однаковому папері та однаковими фарбами.

Фізіологічна (колориметрична) точність - візуально однаково сприймаються кольори з різними спектральними характеристиками. При відтворенні оригіналу слід враховувати колірне охоплення оригіналу і відбитка.

Психологічна точність - відтворення реперних кольорів (колір трави, неба, фруктів і т. п.). При цьому, як правило, оригінал і відбиток разом не розглядаються; збереження колірних співвідношень, а не абсолютних показників кольорів.

Точність передачі кольору залежить як від процесів додрукарської підготовки, так і від процесу друку.

Передача кольору при додрукарській підготовці в основному визначається системними колірними спотвореннями (компенсуються базовою кольорокорекцією) і якістю кольороподілу.

Передача кольору на відбитку залежить від наступних факторів:

- 1) точності передачі градацій;
- 2) технологічного процесу, застосовуваного обладнання та матеріалів.

Окрема точка зображення описується яскравістю, колірним тоном, чистотою кольору, світлотами, коефіцієнтом відбивання і оптичною густиною, а зображення в цілому - контрастом, інтервалом оптичних густин або світлот, чіткістю і різкістю.

Наявність дрібних деталей.

Штрихи - це елементи різної товщини, що мають тільки один рівень яскравості (оптичної щільності) по відношенню до фону.

Якість відтворення штриха визначається наступними його характеристиками:

- 1) точністю передачі геометричних розмірів;
- 2) різким переходом оптичної густини на границі;
- 3) прямолінійністю країв деталі.

При скануванні штрихового зображення, в зв'язку з технологією процесу зчитування, можуть виникати певні похибки:

- 1) зменшення розмірів штриха аж до зникнення дуже тонких елементів;

- 2) порушення зображення;
- 3) розмиття меж штриха;
- 4) пилоподібні краї (у похилих штрихів).

Отримання чіткого краю штрихового елемента можливо при використанні висококонтрастної фототехнічної плівки з відносно високою роздільною здатністю або при безпосередньому записі інформації лазерним променем на формну пластину (технологія Computer-to-Plate).

В процесі друкування на відтворення штриха впливають:

- 1) вид друку;
- 2) технологічний процес;
- 3) матеріали;
- 4) неточність накладання кольорів.

Зміна масштабу вихідного зображення може привести до втрати дрібних деталей (при значному зменшенні розмірів) або до їх розмиття і втрати різкості (при значному збільшенні).

4.6. Частотні та апертурні спотворення та їх корекція

Різноманіття підходів до покращення зображень розпадається на дві категорії: просторові методи – методи обробки в просторовій області і частотні методи – методи обробки в частотній області. Поняття “просторова область” стосується площини зображення як такої, і об’єднує підходи, засновані на прямому маніпулюванні пікселями зображення. Існуючі методи обробки в частотній області базуються на модифікації сигналу, який формується шляхом застосування до зображення Фур’є-перетворення. Поруч з тим важливими є технології, що базуються на комбінаціях методів з даних двох категорій. Основні методи обробки в просторовій області є такі:

- *зміна контрасту;*
- *видозміна гістограми;*
- *зменшення шумів при використанні лінійних та нелінійних методів;*
- *підкреслення границь.*

Представлені методи направлені на покращення візуальної якості зображень. До прикладу, при підкресленні границь

суб'єктивно зображення сприймається у якості зображення з більшою роздільною здатністю, хоча насправді таким не є.

Частотні методи покращення якості зображень аналогічно до просторових і теж спрямовані на покращення візуальної якості, але для свого виконання вимагають багато обчислень, так як ґрунтуються на двовимірних ортогональних перетвореннях – Фур'є, Уолша-Адамара, Карунена-Лоева тощо. Спільної теорії поліпшення зображень нерозроблено. Коли зображення обробляється з метою візуальної інтерпретації, спостерігач є остаточним оцінювачем чи добре діє конкретний метод. Візуальна оцінка якості зображення є суб'єктивним процесом. Коли метою є оброблення зображення для машинної обробки, задача оцінювання є простішою. До прикладу, для розпізнавання символів найкращим є метод обробки зображень, що дає точніші результати машинного розпізнавання. Однак, навіть за ситуації, коли проблема дає змогу встановити чіткі критерії якості, потрібна більша кількість спроб тестування, поки буде обрано підхід до покращення зображень.

Частотні методи базуються на модифікації сигналу, що формується шляхом використання перетворення Фур'є. За допомогою перетворення Фур'є зображення переводиться з просторової області в частотну. При цьому низькі частоти відповідають за чіткі риси зображень, контури, а високі частоти – за півтони і нечіткі межі. Після застосування фільтру до спектру цифрового зображення виконується зворотне перетворення Фур'є і на виході отримуємо відфільтроване цифрове зображення. Фільтр, який ослаблює високі частоти, одночасно пропускаючи низькі називається низькочастотним фільтром. Фільтр, що ослаблює низькі частоти, одночасно пропускаючи високі – високочастотний фільтр. Після використання низькочастотної фільтрації отримане вихідне цифрове зображення в порівнянні з вхідним буде містити менше різких деталей (контурів), так як високі частоти подавлені.

Для реалізації частотної фільтрації цифрових зображень розкладаємо в RGB модель, отримане матричне представлення переводять за допомогою прямого перетворення Фур'є в частотну область. Після переведення зображення за допомогою

прямого перетворення Фур'є в частотний спектр, грубі чіткі межі зображення сконцентровані ближче до нуля – високі піки спектру, а полутона і тіні зображення розташовані далі по поверхні. Використовуючи цю властивість відфільтруємо високі, низькі та середні частоти зображення фільтрами різного розміру. Процес фільтрації ґрунтується на простому переміщенні маски фільтру по частотному спектру зображення. Використовуючи лінійний фільтр для частотного метода фільтрації шляхом зміни розміру фільтру та його переміщення по частотній області, зможемо виділити "низькі" частоти, що відповідають за основний зміст зображення – фон і великорозмірні об'єкти, або "високі" частоти, тобто виділимо неосновні риси зображення, об'єкти малого розміру, дрібні деталі великих форм.

Частотна фільтрація зображення здійснює згладжування за допомогою низькочастотної фільтрації, так і виділення контурів та об'єкти малого розміру за допомогою високочастотної фільтрації.

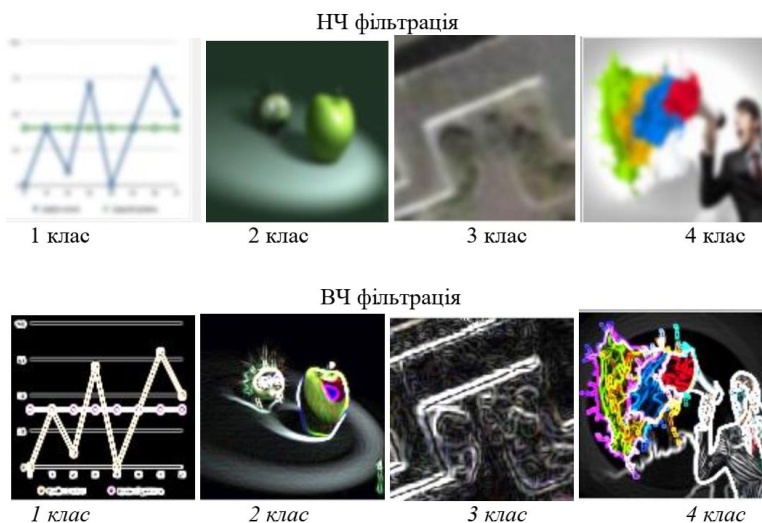


Рис. 13. Приклад ВЧ та НЧ фільтрації.

4.7. Програмні засоби для поліпшення відтворення дрібних деталей

4.7.1. Підвищення різкості зображення. Поліпшення чіткості. Ретушування зображень

На сьогодні підходи до вирішення задач покращення цифрового зображення і відновлення його структури поділяють на дві категорії: просторові методи – методи обробки в просторовій області, засновані на прямому маніпулюванні пікселями зображення, та частотні методи – методи обробки в частотній області, що засновані на фільтрації (модифікації) сигналу, сформованого шляхом застосування до зображення перетворення Фур'є. Просторове опрацювання застосовується, у випадку коли адитивний шум є єдиним джерелом викривлень є. Частотна фільтрація може застосовуватися для нечітких зображень, які мають дефекти освітлення, з врахуванням шуму.

В загальному випадку просторова обробка зображення описується виразом:

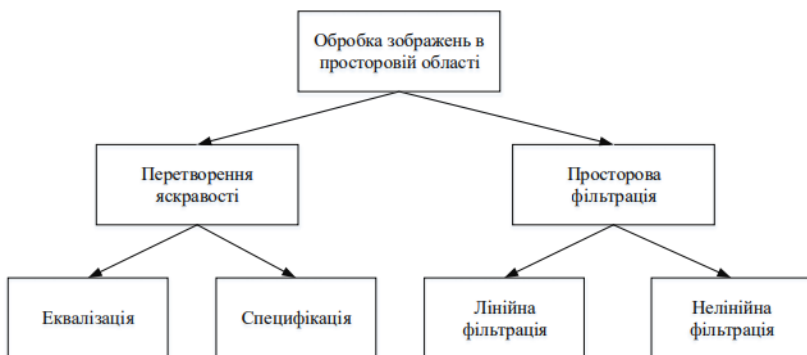
$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

де

$g(x, y)$ – оброблене зображення;

$f(x, y)$ – вхідне зображення;

T – оператор системи обробки.



Яскравість і контраст є суб'єктивними характеристиками зображення, які сприймалися людиною. Яскравість являє собою характеристику, що визначає те, на скільки сильно колір пікселів відрізняються від чорного. Контраст являє собою характеристику того, наскільки великий діапазон мають кольори пікселів зображення. Чим більший діапазон мають значення кольорів пікселів, тим більший контраст має зображення.

Яскравість і контраст можуть розглядатися не тільки для всього зображення, а й для окремих фрагментів. Таким чином, виникають поняття локальної яскравості і локального контрасту.

Щоб змінити яскравість або контраст зображення в моделі RGB потрібно застосувати функцію аргументом якої є колір пікселя вихідного зображення. Значення функції являє собою колір пікселя обробленого зображення. Для зміни яскравості / контрасту функція застосовується для кожного пікселя зображення. Просторова фільтрація являє собою виконання для кожної точки (x, y) зображення деякої операції, яка використовує лише значення яскравості пікселів у фіксованому оточенні навколо цієї точки. До просторової фільтрації відносяться лінійні і нелінійні фільтри: згладжуючі просторові фільтри, просторові фільтри підвищення різкості, комбіновані методи просторового покращення. Якщо операції, що здійснюються над пікселями оточення, є лінійними, то вся процедура називається лінійної просторової фільтрацією, в іншому випадку вона називається нелінійної просторової фільтрацією. Лінійні операції складаються з множення кожного пікселя оточення на відповідний коефіцієнт і підсумовування цих добутків для отримання результуючого реакції в кожній точці (x, y) . Якщо оточення має розмір $m \times n$, то необхідні коефіцієнти згруповані у вигляді матриці, яка називається фільтром.

При лінійній фільтрації, результатом є сума добутків коефіцієнтів фільтра на відповідні значення пікселів в області, покритої маскою фільтра. Для маски 3×3 елемента результат R лінійної фільтрації в точці (x, y) зображення складе:

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1)$$

де $w(x, y)$ – функція, що описує маску фільтра.

Механізм лінійної просторової фільтрації полягає в переміщенні базової точки (зазвичай центр) фільтруючої маски до кожної точки зображення. Фільтрація зображення f розміром, $M \times N$ за допомогою фільтра-маски розмірами $m \times n$ задається виразом:

$$g(x, y) = \sum \sum w(s, t) f(x + s, y + t) \quad b \leq t \leq -b \quad a \leq s \leq -a$$

де $a = (m - 1)/2$; $b = (n - 1)/2$;

s і t – пікселі зображення до і після обробки відповідно.

Нелінійна просторова фільтрація також заснована на операціях з оточуючими пікселями, причому механізм визначення оточення розміру $m \times n$ і переміщенні по зображенню є таким же, як і в лінійній фільтрації. Однак лінійна фільтрація використовує суму добутків, нелінійна фільтрація заснована на нелінійних операціях, що здійснюються над пікселями поточного оточення, тобто сам «фільтр» являє собою нелінійну функції, яка застосовується до пікселів оточення.

До найбільш відомих і використовуваних в цифровій обробці растрових фільтрів відносять:

- *градаційні*:

- перетворення зображення в негатив;
- логарифмічні перетворення;

- статечні перетворення;
- кусочно-лінійні функції перетворень;

- *арифметико-логічні*:

- віднімання зображень;
 - усереднення зображень;
- *згладжуючі просторові фільтри*:

- лінійні згладжуючі фільтри;
- засновані на порядкових статистиках;
- фільтри підвищення різкості;

- відновлюючі фільтри;
- зміна яскравості, контрасту та ін.

4.7.2. Аналіз методів і алгоритмів цифрової корекції растрових зображень

Еквалізація гістограми зображення. Даний метод застосовують в тому випадку, коли в зображенні є багато пікселів зі схожими значеннями яскравості, і мало пікселів з іншими значеннями яскравості. При першому етапі відбувається побудова гістограми яскравості. Їх будують як для кольорових зображень по кожному з каналів, так і для зображень, представлених у відтінках сірого. Гістограма є графіком розподілу півтонів зображення, де по горизонтальній осі представляється яскравість, а по вертикалі представляється відносне число пікселів з вказаними значенням яскравості.

Алгоритм побудови гістограми зображення є наступним:

- будується масив, заповнюється нулями. Зазвичай масив складає [0..255];
- для кожного пікселя: виділяється необхідний колірний канал. Отримане значення має укладатися в діапазон індексів масиву, [0..255].
- вказаний масив представляє собою гістограму, елементи масиву – означають висоти стовпчиків.

На наступному етапі виконується нелінійне перетворення, яке забезпечує задані властивості вихідного зображення. Замість невідомого істинного інтегрального розподілу застосовується його оцінка, базована на гістограмі. Враховуючи це – методи елементного перетворення зображень, називають гістограмними методами. Перетворення, коли вихідне зображення характеризується рівномірним розподілом, називається еквалізацією (вирівнюванням) гістограм.

Результат послідовності алгоритму еквалізації гістограми зображення представлено на рисунку.



Рис.14. Результати алгоритму еквалізації гістограми зображення

Перевагою еквалізації гістограм є те, що цей метод легко автоматизується і він не вимагає задавання ніяких додаткових параметрів для отримання покращеного зображення. Розрахунки для еквалізації гістограм є достатньо нескладні.

4.7.3. Виділення контурів

Контури – це найбільш інформативні структурні елементи об'єктів. На сьогодні існує велика кількість методів виділення контурів, які реалізуються, у програмних середовищах, проте їхнім головним недоліком є значний час оброблення. Збільшення чіткості лише по контурах може бути виправдано в одному випадку - якщо на суцільних поверхнях занадто помітний шум. Але візуально чіткість створюється також і за рахунок деякого шуму на поверхнях, який при цьому методі якраз зменшується. Явні контури між об'єктами і так добре видимі, тому немає сенсу додатково виділяти їх. Швидше якість зображення може покращитися, якщо підкреслити тільки чіткість структур і, навпаки, зменшити вплив чіткості на контурах. Який з цих двох способів використовувати - посилення чіткості на контурах або зменшення контурної різкості, потрібно обирати в залежності від зображення. Так як вони обидва базуються на створенні контурної маски, постає необхідність використання ефективного алгоритму визначення контурів зображення. Для визначення контурів зображень використовують статистичний аналіз фрагментів зображення та їх взаємну кореляцію з метою знаходження стрибкоподібних змін кольору і освітленості. Велика група методів заснована на використанні математичних моделей, що відображають певну взаємодію між окремими пікселями або фрагментами зображень. Також для розв'язання задач розпізнавання об'єктів застосовують різні методи фільтрації, наприклад інверсні фільтри, фільтри Вінера, Байєса. При цьому використовують аналогію між динамікою зображень та фізичними процесами, наприклад дифузії. Для розв'язання деяких задач використовують стохастичні моделі.

У випадку динамічного фону дані методи не дозволяють отримати інформативний результат, так як перетворюють зображення в безліч контурних об'єктів. Детектор контурів Кенні застосовує фільтр на основі першої похідної від Гауссіана. Оскільки він сприйнятливий до шумів, краще не звикористовувати даний метод для попередньо необроблених

зображень. Контури на зображенні можуть бути в різних напрямках, тому алгоритм Кенні застосовує чотири фільтри для виявлення діагональних, горизонтальних та вертикальних контурів. Використовуючи оператор виявлення контурів отримується значення першої похідної в горизонтальному і вертикальному напрямках.

Retinex – алгоритм покращує зображення, отримане при поганому освітленні. У той час як око розрізняє кольори при поганому освітленні, камерам, фотоапаратів і сканерів це не під силу. Алгоритм імітує біологічні механізми ока, які пристосовуються до цих умов. Крім цифрової обробки зображень, алгоритм Retinex використовується для виявлення інформації в фотографіях з астрономії, сканерів та деталей на рентгенівських знімках. Ідея алгоритму є наступною. Зображення формується як добуток низьких і високих частот, а отже самого освітлення і об'єкта за наступним співвідношенням

$$l(i,j) = G * I(i,j)$$

де l – освітленість;
 G – фільтр Гауса;
 I – сам об'єкт.

Відновлюється зображення за формулою

$$I'(i,j) = \sum_k w_k \log I(i,j) - \log g_k(i,j) * I(i,j)$$

де w_k – вагові коефіцієнти.

Масштабування – метод обробки зображення який дозволяє стиснути або розтягнути його по горизонталі та / або вертикалі. При цьому змінюється ширина і / або висота зображення.



Рис.15 Приклад роботи алгоритму Retinex

Для масштабування задаються масштабні коефіцієнти - те, наскільки потрібно стиснути / розтягнути зображення по горизонталі або вертикалі. Масштабні коефіцієнти можуть задаватися в нормалізованій, відсотковій або безпосередній формі. У нормалізованій формі за одиницю приймаються розміри початкового зображення. Значення менше одиниці вказують на стиснення зображення, значення більше одиниці -

на розтягування. У відсотковій формі нормалізовані значення множаться на 100%. У безпосередній формі нові розміри по горизонталі і вертикалі задаються у вигляді кількості пікселів по тому чи іншому вимірюванню.

Виникає питання про те, яким чином визначати колір при зміні розмірів зображення. Існує два основних підходи до цієї проблеми. Колір пікселя в масштабованому зображенні приймається рівним кольору найближчого до нього пікселя вихідного зображення.

Використання інтерполяції. У цьому випадку колір пікселя масштабованого зображення обчислюється, як значення деякої інтерполюючої функції від кольорів сусідніх пікселів у вихідному зображенні.

Перший підхід досить простий, але не завжди дає прийнятну якість обробленого зображення. Кожен піксель вихідного зображення відповідає квадратній області пікселів одного і того ж кольору в обробленому зображенні. З іншого боку, якщо новий розмір набагато менше старого, то при масштабуванні одному пікселю обробленого зображення відповідає група пікселів вихідного зображення, причому в процесі масштабування фактично вибирається випадковий піксель з цієї групи.

Підхід, який використовує інтерполяцію, дозволяє досягти більш високої якості зображення, але більш складний у реалізації. Зазвичай використовується білінійна або бікубічна інтерполяція. Бікубічна інтерполяція дозволяє отримати зображення з більш високою якістю, ніж білінійна інтерполяція. Однак слід зауважити, що при подальшому підвищенні порядку інтерполяції якість одержуваного зображення може поліпшуватися незначно.

4.7.4. Фільтрація різкості зображення.

Вона реалізується на основі ядра згортки. Нове значення елемент зображення отримує на основі групи елементів, які примикають до даного. Область дотикує квадратна матриця, розмірність якої збігається з розміром обраного ядра згортки, і

центром оброблюваного елемента. Ядро згортки є матрицею розміром 3×3 , 5×5 , 7×7 і т.д., на якій визначена певна функція. Ядро згортки називається вікном, а задана функція – функцією вікна.

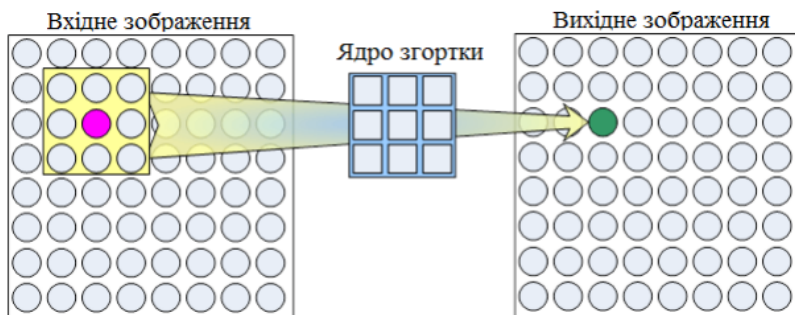


Рис.16. Фільтр для підвищення різкості зображення

Кожному елементу вікна ставиться у відповідність число – ваговий множник. Усі вагові множники становлять вагову функцію. Непарні розміри вікна потрібні для однозначного визначення центрального елемента.

Ядро згортки є фільтром, який дає змогу посилити чи послабити компоненти зображення. Переміщенням вікна фільтра по зображенню здійснюється фільтрація. В процесі переміщення вагова функція залишається незмінною. У кожному положенні вікна здійснюється операція згортки – перемножування вагових множників з відповідними значеннями яскравостей вихідного зображення і сумування множників.

Кожне положення вікна супроводжується поелементним множенням вагової функції на значення відповідних пікселів вихідного зображення, а результати при цьому додаються. Результуюча сума називається відгуком фільтра і присвоюється такому пікселю нового зображення, що відповідає положенню центру вікна.

Результат обробки пікселя записується до відповідної комірки тимчасової матриці аналогічного до вихідного зображення розміру. Запис до окремої тимчасової матриці є необхідним для того, щоб виключити вплив попередньо

оброблених пікселів на ще не оброблені пікселі. Обов'язково враховується гранична умова. До прикладу, у верхнього лівого пікселя не існує «сусідів» зліва і зверху, тому, там немає на що помножити матричні коефіцієнти.

Для вирішення цієї задачі необхідно створення проміжного зображення. Тимчасове зображення створюється з розмірами $(width + 2 * gap / 2, height + 2 * gap / 2)$, де $width$ і $height$ – є шириною і висотою вхідного зображення, а gap – є розмірністю матриці згортки). Вхідна картинка копіюється у центр зображення, а краї заповнюються крайніми пікселями зображення.

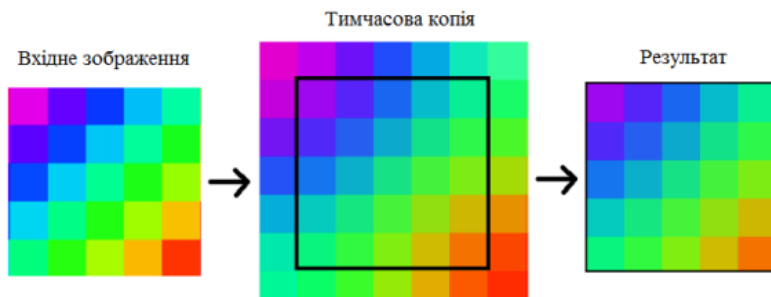


Рис.17. Обробка зображення з врахування граничних пікселів

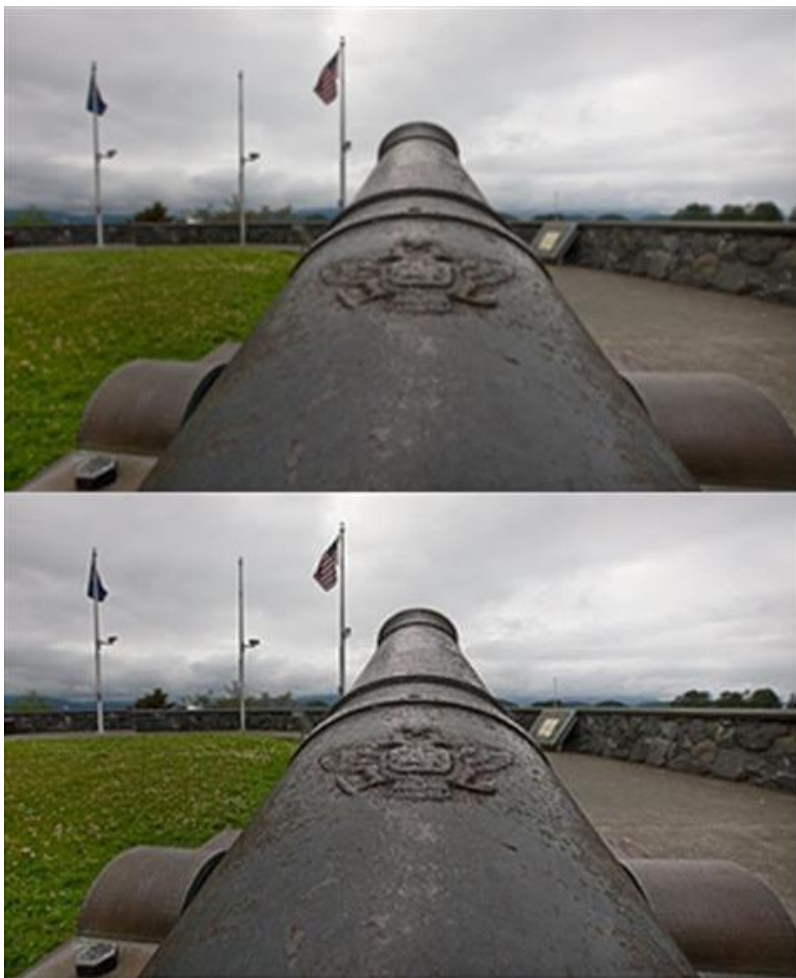


Рис.18 Приклад застосування фільтру для підвищення різкості до зображення

4.7.5. Медіанна фільтрація

При медіанній фільтрації для отримання яскравості пікселя результуючого зображення використовується окіл відповідного пікселя початкового зображення. Із значень яскравостей

пікселів околу отримують послідовність, в якій вони розташовані від найменшої до найбільшої. Для цієї послідовності знаходиться медіана, тобто визначається, який піксель знаходиться тому місці в послідовності, яке відповідає половині її довжини. Наприклад, якщо в околі 9 пікселів, то медіаною буде той піксель, який іде п'ятим у ранжованому ряді. Яскравість цього пікселя буде значенням яскравості пікселя відфільтрованого зображення.

Методи усунення ступінчастості зображення. Основна причина появи ступінчастості полягає в тому, що відрізки, ребра багатокутника, контури кольору мають безперервну природу, тоді як растрові пристрої – дискретну.

Ступінчастий ефект проявляється:

- при візуалізації дрібних деталей;
- при промальовуванні ребер і контурів;
- при анімації дрібних деталей.

Перший метод усунення ступінчастості пов'язаний зі збільшенням частоти вибірки. Збільшення частоти вибірки досягається за допомогою збільшення роздільної здатності растра. Таким чином враховуються більш дрібні деталі. Кожен піксель ділиться на підпікселі в процесі формування растру більш високої роздільної здатності.

Для отримання атрибутів дисплейного пікселя визначаються атрибути в центрі кожного пікселі, які потім усереднюються. Підпікселі в цьому випадку розподіляються рівномірно і їхні атрибути враховуються однаково.

В деякій мірі можна отримати кращі результати, якщо розглядати більше підпікселів і враховувати їх вплив за допомогою ваг при визначенні атрибутів.

Метод, заснований на використанні півтонів. У цьому евристичному методі інтенсивність пікселя на ребрі встановлюється пропорційно площі частині пікселя, що знаходиться всередині багатокутника.

Оператор Собеля – є дискретним диференціальним оператором, що обчислює наближення градієнта яскравості зображення. Якщо при цьому A вихідне зображення, а G_x та G_y – два зображення, у котрих кожна точка містить частинні

похідні по x та по y відповідно, то вони обраховуються наступним чином:

$$G_x = -1 \ 0 \ +1 \ -2 \ 0 \ +2 \ -1 \ 0 \ +1 \ * \ A, \ G_y = -1 \ -2 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ +1 \ +2 \ +1 \ * \ A$$

Даний оператор Собеля заснований на згортці зображення невеликими цілочисельними сепарабельними фільтрами у вертикальному і горизонтальному напрямках, саме тому його відносно легко обчислювати. З іншого погляду, використовувана ним апроксимація градієнта достатньо груба, що особливо позначається на високочастотних коливаннях зображення. Наслідком застосування оператора Собеля є двомірна карта градієнта для кожної точки. Її можна обробити і показати у якості картинки, на якій ділянки з великою величиною градієнта (в основному, контури) буде видно як білі лінії.

Оператор Лапласа використовується для обробки зображень, до прикладу в задачах виділення контурів чи в додатках оцінки руху. Дискретний лапласіан визначається як сума часткових похідних і обраховується як сума перепадів на сусідніх до центрального пікселя. Використовується для виділення дрібних деталей. Ядро матриці має вигляд:

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ -4 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Оператори Лапласа реагують на перепади яскравості у вигляді ступеневого перепаду і на "дахоподібний" перепад. Вони також виділяють ізольовані точки, тонкі лінії, їх кінці і гострі кути об'єктів. Лінія підкреслюється в 2 рази яскравіше, ніж ступінчастий перепад, кінець лінії в 3 рази, а точка – в 4 рази яскравіше.

Оператор Лапласа інваріантний до орієнтації перепадів: наприклад заходів, відгук оператора на похилий перепад у діагональному напрямку майже вдвічі більше, ніж в горизонтальному і вертикальному.

Градаційне перетворення. До першої групи методів поліпшення зображень відносяться такі перетворення як лінійні перетворення (негатив і тотожне перетворення), логарифмічне перетворення, степеневі перетворення, частково-лінійні функції перетворень. При лінійному перетворенні переворот рівнів яскравості зображення створює еквівалент фотографічного негативу. Даний вид перетворення з яскравостями в діапазоні $(0, L - 1)$ визначається виразом:

$$s = L - 1 - r$$

де s і r – пікселі зображення до і після обробки відповідно.

Логарифмічні перетворення використовується для розтягування діапазону значень темних пікселів на зображенні з одночасним стисненням діапазону значень яскравих пікселів. Дані перетворення описуються виразом:

$$s = c \log(1 + r)$$

де c – константа; $r \geq 0$.

Степеневі перетворення використовуються для гамма-корекції, якщо потрібне точне відтворення зображення на екрані комп'ютера. Статечні перетворення мають вигляд:

$$g(n, m) = c(f(n, m) + f_0)^\gamma$$

де c , f_0 і γ – позитивні константи.

Одним з найбільш часто вживаних в обробці зображень є перетворення, назване гамма-корекцією.

Гама-корекція – корекція яскравості цифрового зображення чи відеопотоку. Зазвичай, застосовується степенева функція вигляду:

$$V_{out} = V_{in}^\gamma$$

де V_{out} – отримана яскравість; V_{in} – дійсна яскравість.

Гамма-корекція призначається для демонстрації зображення на пристроях виведення з нелінійною характеристикою

яскравості, а також зберігання оцифрованого зображення у такому вигляді, коли на темні кольори припадатиме менший відносний шум квантування, ніж на світлі. Для вирізання діапазону яскравостей, - виділення конкретного діапазону зображення, чи вирізання бітових площин (виділення інформації про внесок певних бітів в загальне зображення) використовуються частково-лінійні функції.

Покращення на основі арифметико-логічних операцій. До цієї групи методів покращення зображень відносяться наступні основні перетворення: AND, OR і NOT. Решта логічних операцій можуть бути отримані на основі цих трьох операцій, на їх комбінуванні. Різниця двох зображень виходить шляхом обчислення різниць між парами значень всіх відповідних пікселів зображень і описується формулою:

$$g(x, y) = f(x, y) - h(x, y)$$

де $f(x, y)$ і $h(x, y)$ – оброблювані зображення;

$g(x, y)$ – вихідне зображення.

4.7.6. Комбінування методів цифрової корекції растрових зображень

Для типових зображень в більшості випадків для якісної обробки зображення достатньо застосувати один із методів цифрової корекції. Однак при вирішенні конкретних завдань для досягнення прийнятних результатів може знадобитися застосування декількох методів корекції які доповнюють один одного. Така ситуація впливає з того, що застосування одного алгоритму корекції зумовлює недостатню корекцію, або (частіше всього) навпаки, занадто сильну, в результаті чого відбувається погіршення якості зображення, коли важливі дрібні деталі можуть залишитися невидимими. Наприклад для виділення дрібних деталей зображення при застосуванні лапласіан, будучи оператором другої похідної, має ту безсумнівну перевагу, що є прекрасним способом покращення дрібних деталей, отримуємо значне підсилення шумів. Постає

необхідність в застосуванні ще одного методу корекції для зменшення впливу шумів на зображення.





В застосуванні декількох методів корекції зазвичай може бути декілька результатів. В першому випадку дія різних алгоритмів корекції зображень сприяє підвищенню якості та інформативності зображення. Цей процес може бути грубо представлений як об'єднання кращих якостей і взаємо доповнення обох методів. В іншому випадку в результаті корекції декількома алгоритмами початкова задача, яка ставилась перед обробкою зображення, виконується, але вплив декількох алгоритмів на зображення породжує на ньому нові дефекти. В залежності від задач такі дефекти можуть визначатися як незначні, які не впливають на подальше використання зображення, але існують випадки коли отримані дефекти є значними і потребують подальшої корекції. В результаті отримуємо застосування на зображення комбінацію із декількох різних методів. Існують класи зображень де лише така комбінована обробка може призвести до вирішення поставлених задач. Але разом із тим комбінування різних методів підвищує час обробки зображення.

Для вирішення даної проблеми, або зменшення її негативного впливу важливо враховувати усі особливості застосовуваних методів, їхні сильні/слабкі сторони, переваги та недоліки, так як при простій зміні послідовності методів при обробці зображення можна досягти покращення результатів обробки. Тому задача раціонального комбінування різних методів цифрової корекції растрових зображень є перспективною і актуальною.






РОЗДІЛ 5. Методи, параметри оцінки та форми контролю якості в системах обробки ілюстративної інформації

5.1. Кольоропроба (її місце в технологічному процесі відтворення зображень), пробний друк

Результат додрукарських процесів повинен бути контрольованим на якомога раніших стадіях. До нього належить відсутність помилок складання, коректність розташування на смузі, якість зображення, приведення, передача дрібних деталей, якість кольоровідтворення на папері, а також відповідне до оригіналу розміщення на смузі всіх кольороподілених зображень. При правильному контролі може бути вчасно виявлена необхідність внесення виправлення, що дасть змогу виключити виникнення помилок на відбитку. Для традиційних додрукарських процесів звичайно використовуються наступні засоби і способи контролю:

-  коректурні відбитки;
-  пробний друк;
-  світлокопії для контролю позиціонування;
-  кольоропроба.

Призначення проби на різних стадіях процесує:

-  контроль якості;
-  моніторинг якості;
-  оформлення погоджувального документа для клієнта і виконавця;
-  використання у якості еталону при друці тиражу;
-  документування інформації про замовлення як базового при виконанні можливих повторних замовлень.

Прогнозування кольорової гами майбутньої друкарської продукції є складним для реалізації завданням, так як якість друку залежить від багатьох факторів (кольору фарби, кута повороту растра, форми растрової точки, точності суміщення фарб, досвіду персоналу, що обслуговує друкарську та додрукарську техніку тощо). Спроба це спростити і стандартизувати, внести зміни у технологічний процес додрукарської підготовки видання, пошук нових методів друку

зображень посприяли тому, що у доповненнях до кольоропробного станка з'явилися нові методи і засоби кольорової оцінки зображень, які класифікуються таким чином:

- ✚ екранна кольоропроба – полягає у виведенні зображення оригінал-макета на калібрований монітор комп'ютера КВС;

- ✚ цифрова кольоропроба – полягає у друці чорно-білого чи кольорового зразка оригіналу-макета чи його частини, безпосередньо з комп'ютера за допомогою будь-якого друкувального пристрою, такого як принтер, плотер, тощо);

- ✚ аналогова кольоропроба – полягає у отриманні копії оригінал-макета, яка знаходиться на кольороподілених плівках чи друкарських формах.

Екранна та цифрова кольоропроба може застосовуватись лише як засіб внутрішнього контролю в межах видавництва, для наближеної оцінки кольорової гами сторінки оригінал-макета з точки зору правильного розташування елементів на сторінці, а також правильного відображення деталей (елементів букв, штрихів малюнків, цифр тощо).

Екранна кольоропроба — є зображенням, здобутим в інтерактивному режимі на екрані відеотермінального пристрою, яке дає можливість оперативного одержання інформації про якість оброблювального зображення. Відеопроба призначається для контролю та візуальної оцінки кольорових, градаційних і геометричних характеристик зображення безпосередньо після попереднього чи остаточного сканування і в процесі його обробки до виготовлення фото- або друкарської форми.

Для високоякісної відеопроби потрібно відкалібрувати монітор таким чином, щоб зображення на екрані виглядало, як і на відбитку. Причини можливої невідповідності зображень полягають у тому, що зіставляються два кольорових зображення, які сформовані різними способами синтезу кольору. На екрані монітора кольори одержують адитивним синтезом (RGB), а на відбитку — субтрактивно-адитивним синтезом чотирьох друкарських фарб (СМҮК). Також, на колір впливають різноманітні чинники друкарського процесу.

На сьогодні існує багато засобів здобуття кольоропроби, які по-різному передають кольори при створенні зображення, тому треба створювати профіль для кожного пристрою, тобто — сукупність значень параметрів конкретного технологічного процесу, які описують і характеризують пристрій. Якість відтворення кольорів оцінюється з використанням тестового зображення, при цьому відхилення одержаних результатів від стандарту характеризуються кольоровим профілем. Дані профілі створюються для моніторів, сканерів, вивідних пристроїв.

Також, варто враховувати, що кольорове охоплення монітора залежить як від його власних характеристик, які піддаються програмно-апаратному контролю та керуванню, так і від зовнішнього освітлення, що визначається умовами освітлення в приміщенні. Цей спосіб контролю кольору не забезпечує високої надійності, але здебільшого є достатнім для оперативного контролю оброблюваного кольорового зображення.

Для цифрової кольоропроби та друку замовлень малими тиражами чи великого формату використовуються принтери. Принтер — вивідний пристрій, для друку графічно-символьної інформації, яка міститься в комп'ютері, на фізичному площинному носії (папері, плівці). Принтери широко використовуються у всіх сферах життя. Побутові (офісні) — є простими у використанні, мають обмежені характеристики та незначну кількість додаткових функцій, тому є дешевими за ціною. До професійних належать швидкодрукувальні, які мають поліпшені технічні характеристики та ряд додаткових функцій. Але наявність усього цього зумовлює значну вартість професійних принтерів.

Пробний друк — є друком пробних відбитків з застосуванням поліграфічного обладнання, матеріалів та процесів для здобуття одно- багатофарбових відбитків в умовах, які максимально наближені до технології тиражного друку. Такий вид проби дає результати, найближчі до тиражного відбитка, так як друк здійснюється реальними фарбами, застосовуваними у друкарському процесі. Для випадку виготовлення пробних відбитків на тиражних друкарських

машинах відтворюють індивідуальні особливості друкарської машини. Такий вид кольоропроби характеризується значною трудомісткістю і вартістю відбитку, а також низькою оперативністю, саме тому перевагу віддають іншим способам виготовлення кольоропроби.

5.2. Сучасні технології аналогової кольоропроби

Аналогова кольоропроба — є зображенням кольоропроби, яке здобувається з кольороподілених растрових фотоформ. Ідентичність кольоровідтворення зображення кольоропроби з тиражними відбитками забезпечується завдяки застосуванню пігментів (барвників), що мають параметри аналогічні тріадним фарбам, застосованим при друці. Приріст растрової крапки, що відповідає розтискуванню при друці (моделювання різного ступеня розтискування може бути завдяки вибору різних комплектів світлочутливих матеріалів).

Системи аналогової кольоропроби дають можливість виготовити кольоропробу на тиражному папері. Якщо кольоропроба отримана на спеціальному папері-основі, то для максимального наближення з кінцевим результатом друку є можливість використання основи різної білизни (з відповідністю тиражному паперу, який буде застосовуватися).

Існує декілька технологій для виготовлення аналогової кольоропроби, які за способом здобуття зображення поділяються на дві групи:

1. При отриманні відбитка в системі сухої кольоропроби не звикористовуються хімічні розчини (видалення пігменту з пробільних елементів здійснюється механічним способом).

2. У системах мокрих кольоропроб пробільні елементи руйнуються хімічними розчинами й виливаються. Недоліком аналогової кольоропроби є значна собівартість відбитка. Сам процес виготовлення кольоропроби досить трудомісткий, а якість кольоропроби залежить від кваліфікації оператора (суміщення фарб здійснюється найчастіше вручну).

Аналогові кольоропробні системи за технологією відтворення зображення поділяються на «сухі» і «мокрі».

«Мокрі» аналогові кольоропробні системи працюють наступним чином (рис. 19).

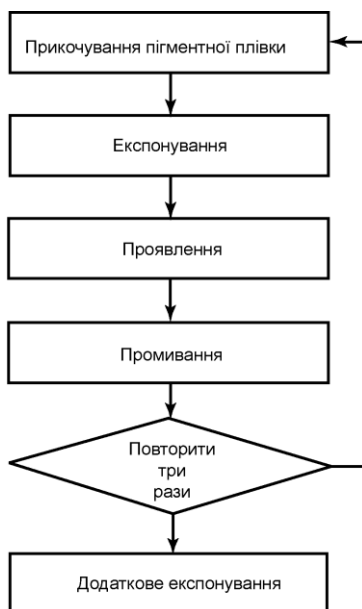


Рис. 19. Схема створення зображення за допомогою «мокрої» кольоропроби

Перед початком експонування кольороподілена фотоформа відповідного кольору накладається на пігментну термоклейку плівку, котра уже нанесена на основу, і прикріплюється скотчем. Потім такий «напівфабрикат» поміщається у контактну-копіювальну раму й експонується. Експозиція залежить від кольору плівки, потужності та спектра випромінювання джерела світла, від відстані до робочої поверхні експонуючого пристрою. Експозицію контролюють за контрольними шкалами з мікролініями різних розмірів. Після експонування плівка з основою пропускається через проявляючий процесор. У процесі проявлення пігментний шар, який піддається впливу УФ-випромінювання, руйнується і змивається водою чи спеціальною рідиною). У підсумку

зображення з кольороподіленої плівки залишається на основі. Далі етапи повторюються для кожної пігментної плівки (чорної, пурпурної, жовтої).

Щоб зображення не зблякло під дією сонячних променів, після проявлення останнього (чорного) пігменту проводиться додаткове експонування. Отримане зображення є стійким до зовнішніх чинників і має глянсовий ефект. Якщо необхідно одержати матову чи напівматову поверхню, відповідна плівка накладається на останній пігментний шар.

Принцип формування зображення за допомогою «сухої» кольоропроби розглянемо з допомогою двох прикладів.

AGFA PressMatch Dry складається з копіювальної рами з УФ-джерелом випромінювання, ламінатора і пристрою для накопчення пігментних шарів до основи. Процес виготовлення проби містить три операції (рис. 20), що повторюються для кожної фарби: накопчення пігментної плівки, експонування, відділення плівки від пігментного шару.

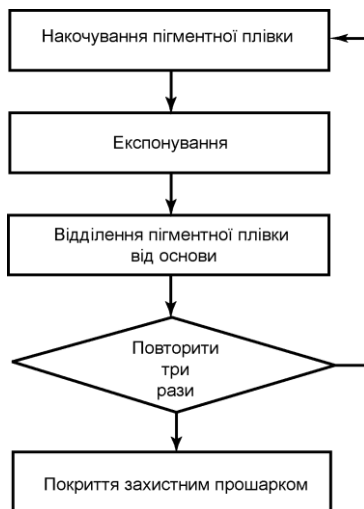


Рис. 20. Схема створення зображення за допомогою установки *AGFA PressMatch Dry*.

DuPont Cromalin Studio Sprint – система «сухої» кольоропроби, яка містить чотири елементи: ламінатор, копіювальну раму, так званий друкарський прес і комплект видаткових матеріалів.

Процес виготовлення кольоропроби складається з операцій: ламінування, експонування, відділення світлочутливої плівки, перенесення фарби на основу під пресом (рис 21).

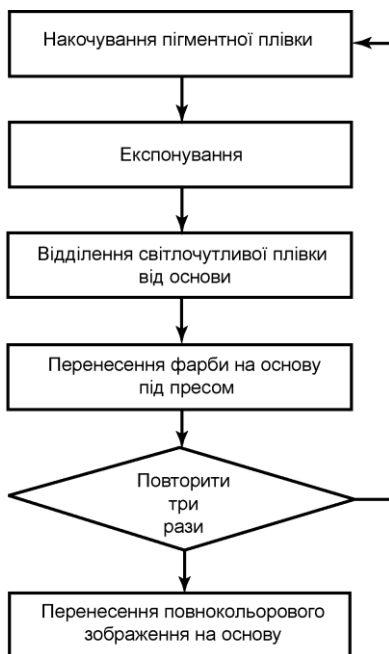


Рис. 21. Створення зображення за допомогою установки *DuPont Cromalin Studio Sprint*

На лист щільного паперу зі спеціальним покриттям наносять шар світлочутливого матеріалу із захисною плівкою зверху за допомогою ламінатора. Далі поверх захисної плівки кріпиться фотоформа. Усе це поміщається у копіювальну раму і виконується короткочасне засвітлення. Фотохімічні реакції, є основою формування зображення. Світло-чутливий шар, який

до процесу експонування був клейким по всій поверхні, задублюється і втрачає клейкість у місцях, на які потрапляє світло. Там, де світло було прикрито елементами зображення, задублювання не відбуваються. Після експонування фотоформа знімається і видаляється захисна плівка. Папір зі світлочутливим шаром, який сприйняв зображення, пропускається через друкарський прес, де по ній прокочується фольга покрита пігментним шаром. При цьому пігмент, який слабо тримається на поверхні фольги, прилипає до клейких незадублених елементів, і як наслідок на ділянках паперу створюються зображення, які відповідають друкованим елементам на фотоформі.




Для отримання повнокольорового зображення процес повторюють чотири рази (звичайно в порядку $K-C-M-Y$). Щоразу береться фольга з відповідним пігментом. Суміщення фарб виконується вручну, по привідних мітках. Після нанесення останньої фарби готовий відбиток покривається захисним ламінатом, що забезпечує стійкість до зовнішніх впливів.

Аналогову кольоропробу застосовують як еталон для друкування накладу видання, але її використання з точки зору претензій замовника видання до виконавця є суперечливим через великий комплекс причин. Основний фактор стримування використання аналогової кольоропроби – висока вартість пристроїв і витратних матеріалів до них (близько 1/4–1/2 загальної вартості друку накладу видання).

РОЗДІЛ 6. Технологія цифрової кольоропроби на фізичному носії. Сучасні пристрої цифрової кольоропроби. Денситометри, спектрофотометри

Цифрова кольоропроба — це зображення, здобуте на матеріальному носії, до прикладу папері, безпосередньо на основі інформації про зображення, у комп'ютері. Вона може бути одержана на різних етапах цифрового оброблення текстової та ілюстративної інформації.

В залежності від пристрою для кольоропроби відбиток має поліграфічну растрову неперервну або дискретну (піксельну) структуру. Кольоропроба може бути одержана на тиражному або спеціальному папері (залежно від пристрою для її здобуття). Увага приділяється якості та надійності кольоропроби у технологіях computer-to-plate і computer-to-press (де відсутня стадія виготовлення фотоформ), бо через можливу наявність помилок доводиться повторно виготовляти друкарські форми. Придатність принтера для застосування як пристрою, за допомогою якого роблять кольоропробу, визначається здатністю імітації кольору та деталей півтонового зображення адекватно відбитку, офсетного друку. Ця властивість принтера залежить від:







-  достатність просторової та кольорової розбілюваності;
-  кольорове охоплення барвників;
-  наявність вбудованої системи керування кольором, яка забезпечує кольорування системи під реальний офсетний процес.

Цифрова кольоропроба повинна слугувати еталонним зображенням для друкування тиражу. При цьому повинна враховуватись якість паперу і спосіб друкування. Ідеальний варіант отримання кольоропроби — використання друкарського устаткування, паперу і фарб, що застосовуються при друці тиражу. Але питання вартості і тимчасових витрат жорстко обмежує можливості реалізації такого варіанту. При розширенні області застосування кольоропроби зростають і вимоги, які ставляться до неї. Область застосування простягається від

кольоропроб, які модулюють лише колір, до кольоропроб, які можуть служити юридичним доказом.

Таким чином, вимоги, що ставляться до кольоропроби, різні. Тому на ринку представлені системи кольоропроби, що дають змогу одержати різний рівень відповідності тиражним відбиткам.

Отже, технології кольоропроби вибирають з урахуванням:

-  формату (смуги і/або друкарського аркуша);
-  точності передачі кольору (візуальна або колориметрична точність);
-  відтворення растрової структури (відповідно структурі, що формується на друкарському відбитку);
-  відповідності запечатуваного матеріалу і формату аркуша, використовуваним при друці тиражу;
-  прийнятності часу виготовлення кольоропроби;
-  витрат на виготовлення кольоропроби (відносно витрат на виконання замовлення).

Методи цифрової кольоропроби застосовуються для виведення цифрових даних для забезпечення максимально наближеного моделювання зображення, яке буде отримане при друкуванні тиражу. У більшості випадків – мова йде про візуальний збіг з друкарським відбитком, який одержиється пізніше (Color-Proof). Характерні параметри друкарського процесу (структура растрових крапок) можуть відтворюватись так само, як на друкарському відбитку, тільки при використанні спеціальних методів виготовлення кольоропроби (дійсна, растрова проба True-Proof, Raster-Proof).

У цифрових друкарських системах (наприклад, в системах прямого запису в машині Heidelberg Quickmaster DI) цифрова кольоропроба посідає центральне місце. У виробничому процесі більше вже не виготовляються фотоформи, що служать оригіналом для аналогової кольоропроби. Перед тим, як здійснювати запис зображення на друкарські форми в друкарській машині, варто перевірити, чи відповідає якість даних, які посилаються на друк, вимогам, що ставляться до продукції. У цифрових системах кольоропроби в залежності від призначення і вимог до якості розрізняють два основні методи:

Softproof (екранна або «м'яка» кольоропроба); Hardproof (кольоропроба на матеріальному носії або «тверда» кольоропроба з тривалим терміном збереження зображення).

«М'яка» кольоропроба здійснює моделювання зображення на моніторі. Використання екранної кольоропроби в раніше обмежувалося рамками відображення кольорового зображення з метою перевірки його загального колірної змісту, з тим самим стану масиву даних, що готуються до виводу. Сьогодні достовірність екранного кольоровідтворення зросла завдяки застосуванню формату PDF і програмного забезпечення у поєднанні з системою управління кольором. Варто мати на увазі, що колір зображення на моніторі залежить від умов перегляду. Тому екранне зображення не завжди відповідає багатоколірному друкарському відбитку.

При тому, що умови перегляду кольорового зображення на екрані звичайно передбачають наявність неясного освітленого приміщення, віддрукований екземпляр розглядається при стандартному освітленні, подібному до денного світла. Незважаючи на компроміси для досягнення задовільної відповідності екранного зображення зображенню, що буде одержане пізніше на відбитку, екранна (м'яка) кольоропроба може надати репродукційній технології цікаві і перспективні методи взаємодії між замовником і виконавцем. При застосуванні дистанційної (remote-proof) проби масиви даних швидко передаються по глобальних мережах, і моделюються тиражні відбитки на сайті замовника. У такій технології виробництва важливу роль грає спредставлення про загальне колірне рішення, яке отримується відповідно до файлу даних (не обов'язково з точною відповідністю до кольорів друкарського відбитка), виготовляється кольоропроба спуску смуг з невідомою метою, що і при використанні блакитної копії, тобто для перевірки змісту і розташування елементів зображення. Сьогодні ці проби найкраще відтворюються безліччю недорогих широкоформатних плотерів, що переважно оснащені струминними друкуєчими пристроями. Цьому сприяє універсальність мови PostScript.

Денситометр.

Денситометр (англ. Densitometer) — прилад для вимірювання ступеня затемнення (оптичної щільності) фотографічних матеріалів. Використовується у фотографії та кіновиробництві для перевірки світлочутливих матеріалів, у поліграфії для визначення кольорних невідповідностей тиражного відбитка.



Рис. 22. Приклад використання денситометра

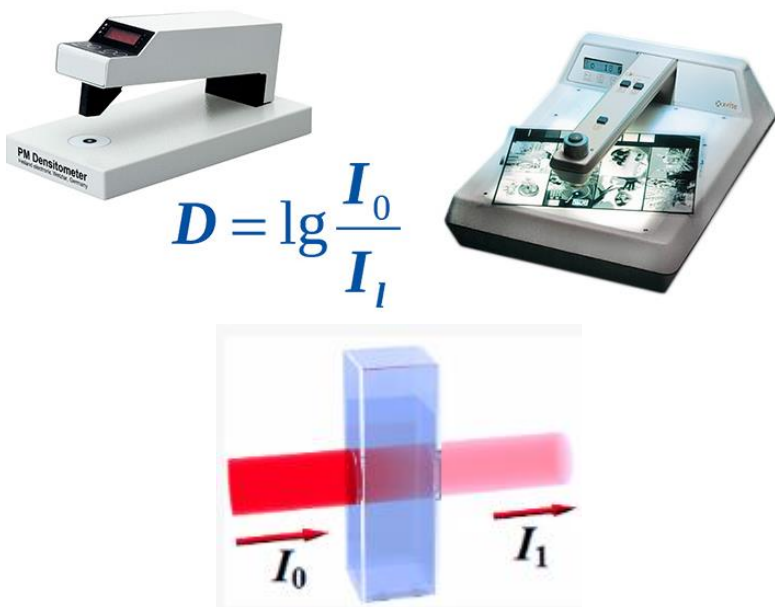


Рис. 23. Принцип дії денситометра

У конструкцію денситометра входить джерело світлових променів і приймач, що вимірює їх *інтенсивність*. Існують денситометри, які вимірюють інтенсивність випромінювання, що пройшов через об'єкт, і які вимірюють випромінювання, відбите від об'єкта.

Колір від світлового джерела істотно впливає на сприйняття людиною кольорних нюансів. При неоновому освітленні і при денному світлі один і той же колір сприймається зовсім по-різному. Сприйняття кольору також чисто суб'єктивне. Одна і та ж картина може бути сприйнята кожною людиною неоднаково. Для того щоб усунути ці впливи, в поліграфії застосовують вимір кольору за допомогою приладів, які називаються денситометрами.

Денситометр, це пристрій, що дозволяє вимірювати кількісні значення параметрів кольору і відтінків, структури растра, а також параметрів якості типографського друку.

Денситометрія застосовується на всіх етапах створення повнокольорової поліграфічної продукції:

✚ Пробний друк. Сьогодні в пробному друці та способах кольоропроби досягаються досить високі результати. Це не означає, що той же самий результат досягається при швидкісному тиражному друці. Фотоформи, що пройшли перевірку за допомогою денситометра, в подальшому можуть бути відтворені без втрати якості.

✚ Порівняння відбитків пробного та тиражного друку може бути виконано за допомогою денситометрів швидко і об'єктивно.

✚ Стандартизація друку. Часто різні друкарні працюють з одними і тими ж фотоформами. Тут особливо велика небезпека небажаних кольірних спотворень. Рішенням проблеми є стандартизація друку за допомогою денситометрії. Дотримання стандартизації денситометричних даних повсюдно забезпечує високу якість друку.

✚ Надійність друку тиражу. При тиражному друку денситометри забезпечують об'єктивний контроль якості, що підвищує надійність в роботі і зменшує втрати від браку.

✚ Контроль якості фотоматеріалів. Денситометрами можна оцінювати якість фотоплівки, з метою забезпечення можливості високоякісного друку.

Побудова денситометрів.

Розрізняють дві основні категорії денситометрів:

✚ Денситометри відбитого світла. Вимірювана ділянка освітлюється джерелом світла. Падаюче світло насамперед проходить через шар фарби і послаблюється. Частина світла проникає в папір і розсіюється там. Залишається світло, відбите від паперу, яке проходить назад через фарбовий шар, послаблюючись при цьому, і досягає приймача.

✚ Денситометри проходячого світла. При цьому методі джерело світла просвічує вимірювану ділянку. Світловий потік проходить через барвник і основу.

Барвник і основа поглинають частину світла, інша частина потрапляє на приймач.

Оптична густина оригіналу - це десятковий логарифм відношення кількості світла (інтенсивності), що падає на оригінал, до кількості світла, відбитого від оригіналу або світла, яке пройшло через нього.

Величина густини D залежить від товщини шару фарби і концентрації барвника. Чим товстіший барвистий шар на папері, тим вище густина.

Кольорові фільтри і спектральна густина. При вимірі кольорових зразків (наприклад, блакитного, пурпурного і жовтого) при друці в денситометрах використовуються спеціальні фільтри, що поміщаються на шляху проходження світла в приладі. Фільтри вибирають таким чином, щоб вони були додатковими до кольору вимірюваної друкарської фарби. При використанні цього правила на приймач денситометра потрапляє тільки певна частина спектра джерела світла. Цей метод гарантує об'єктивні показники вимірювання величин оптичної густини. Для вимірювання густини чорного кольору застосовується сірий фільтр.

Шкали контролю кольору. Контрольні шкали необхідні при друці для об'єктивної оцінки кольору за допомогою денситометрів. На поліграфічному відбитку фарби накладаються одна на іншу і тому, як правило, не можуть окремо контролюватися. Однак подача кожної фарби в друкарській машині регулюється окремо, тому для кожної фарби необхідно своє значення густини. За допомогою необхідних контрольних шкал можна врахувати всі найважливіші параметри якості друку. Шкали є службовими символами і, як правило, друкуються поза форматом видання там же, де розміщені обрізні мітки і мітки суміщення кольорів

СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Власій О. О. Комп'ютерна графіка. Обробка растрових зображень: Навчально-методичний посібник /О. О. Власій, О. М. Дудка. Івано-Франківськ: ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2015. 72 с.
2. Аверин, В.Н. Компьютерная графика: Учебник / В.Н. Аверин. - М.: Академия, 2018. - 240 с.
3. Немцова, Т.И. Компьютерная графика и web-дизайн: Учебное пособие / Т.И. Немцова, Т.В. Казанкова, А.В. Шнякин. - М.: Форум, 2019. - 144 с.
4. Петров М. Н., Молочков В. П. Компьютерная графика.- СПб.: Питер,2014.- 736с.
5. Тозик, В.Т. Компьютерная графика и дизайн: Учебник / В.Т. Тозик, Л.М. Корпан. - М.: Academia, 2018. - 168 с.
6. Порев В. Компьютерная графика - СПб.: БХВ-Петербург, 2012,-432с.
7. Василюк А. С. Комп'ютерна графіка: навчальний посібник / А. С. Василюк, Н. І. Мельникова. Львів:

Навчальне видання

Солтис Ірина Василівна

Дуболазов Олександр Володимирович

Бесага Роман Миколайович

**ОПРАЦЮВАННЯ
ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Навчальний посібник

Літературний редактор – О.В. Лупул