

CAPITULO 6 (ILWIS USER'S GUIDE)

Nota: este documento se encuentra solo parcialmente traducido (del numeral 6.3 en adelante los textos están en Inglés)

Procesamiento de Imágenes

ILWIS para Windows posee un conjunto de herramientas para la optimización y análisis de las imágenes provenientes de plataformas tanto espaciales como aéreas. En este capítulo se describen las aplicaciones de rutina como optimización (enhancement), clasificación y geo-referenciación (geo-referencing) de imágenes. Las técnicas para el mejoramiento de imágenes, explicadas en este capítulo, permiten modificar los datos originales de las imágenes de tal manera que se facilita su interpretación visual. La clasificación espectral de datos obtenidos con sensores remotos se refiere a las diferentes técnicas para la interpretación de estos datos con ayuda del computador. La georeferenciación (“georeferencing”) de datos obtenidos a través de sistemas de teledetección se refiere a las técnicas empleadas en la corrección de las distorsiones geométricas de la imagen; el establecimiento de una relación entre las coordenadas de la imagen (en términos de filas y columnas) y un sistema de coordenadas geográficas; las funciones de transformación (de un sistema de coordenadas a otro) y las técnicas para el “resampling”(re-orientación de la imagen).

Datos obtenidos con sistemas de teledetección (sensores remotos)

Los datos obtenidos a través de sistemas de teledetección, tales como las imágenes de satélite, son una medida de la radiación solar reflejada por la superficie terrestre, de la energía emitida por la tierra misma o de la energía emitida por un sistema RADAR o LiDAR (sistemas activos) que es reflejada por la superficie terrestre. Una imagen consiste de un arreglo de píxeles (picture elements) o celdas, las cuales están ordenadas en filas y columnas. Cada píxel tiene un número digital (DN, por las siglas en inglés), que representa la intensidad de la señal recibida o reflejada por un área dada de la superficie de la tierra. El tamaño de la unidad del terreno correspondiente a un píxel se denomina resolución espacial. El DN es producido en un rango de valores característico del tipo de sistema de sensores utilizado, los valores radiométricos. Una imagen puede consistir de muchas capas o bandas. Cada banda es creada por el sensor que colecta energía en longitudes de onda específicas del espectro electromagnético.

Antes de empezar los ejercicios debes iniciar ILWIS y posicionarte en el directorio:
/ Casos de estudios SIG\02 Sensores remotos\Datos SIG ILWIS\ Datos sensores remotos, el cual contiene los datos para este capítulo.



- Haz Doble-click en el ícono del ILWIS.
- Cambia el directorio actual hasta que te encuentres en la carpeta :\\Casos de estudios SIG\02 Sensores remotos\Datos SIG ILWIS\Datos sensores remotos

6.1 Visualización de Imágenes de una sola Banda

Para imágenes de satélite y fotografías aéreas escaneadas en blanco y negro se usa el dominio *image*. El valor de los píxeles de una imagen de satélite y de las fotografías en blanco y negro varían 0 y 255. Los valores de los píxeles representan la reflectancia de los objetos de la superficie. El dominio imagen es de hecho un caso especial del dominio *value*. Los mapas raster de este dominio son almacenados usando un formato de almacenamiento de “1 byte”. Una imagen de banda simple puede ser visualizada en términos de sus tonalidades de grises, los cuales varían de negro (0) a blanco (255).

Para comparar bandas o para comparar bandas de imágenes antes y después de una operación, las imágenes pueden ser desplegadas en diferentes ventanas, y organizándolas en la pantalla de tal manera que se pueden ver todas al mismo tiempo.

La ubicación de un píxel en una imagen (en filas y columnas), puede vincularse a un sistema de coordenadas, el cual posee un sistema de proyección definido. En este caso, las coordenadas de cada píxel son desplegadas en la ventana cada vez que el cursor se posiciona sobre ellos.

Los objetivos de los ejercicios en esta sección son:

- Entender las relaciones entre los números digitales de las imágenes y la forma como estos son desplegados en la pantalla, y
- Aprender a desplegar varias imágenes imágenes, moverse a través de ellas, hacer acercamientos (zooming) y obtener los DN's de las imágenes desplegadas.

Las imágenes satelitales están formadas por un arreglo en dos dimensiones de elementos pictoriales discretos o píxeles. La intensidad de cada píxel corresponde al promedio de brillantez, o radiancia, medido electrónicamente sobre un área de la tierra correspondiente a cada píxel.

Los datos de sensores remotos pueden ser visualizados a través de la lectura de un archivo en disco línea por línea, la cual proyectada hacia el monitor. Típicamente, los DN's que forman una imagen digital son almacenadas en el rango numérico de 0

a 255 ($8 \text{ bits} = 2^8 = 256$), aunque algunas imágenes tienen otros rangos numéricos, como de 0 a 63 ($4 \text{ bits} = 2^4 = 64$) o de 0 a 1023 ($10 \text{ bits} = 2^{10} = 1024$). La unidad de despliegue tiene usualmente una profundidad de despliegue de 8 bits. Es decir, el monitor puede desplegar imágenes en 256 tonalidades de grises.

Las siguientes bandas de una imagen Landsat, correspondientes a un área cercana a la ciudad de Cochabamba (Bolivia), son usadas en este ejercicio:

TM banda 1 (0.45-0.52 μm): Tmb1 TM banda 4 (0.76-0.90 μm): Tmb4

TM banda 3 (0.63-0.69 μm): Tmb3 Uso del Suelo: Landuse

Desplegando una imagen de Satélite.

Despliegue la imagen Tmb1 (azul) del área cercana a Cochabamba.



- haz doble clic en la imagen Tmb1 en el catálogo. La ventana de diálogo Display Options-Raster Map es abierta.
- En la ventana de diálogo Display Options-Raster Map, se muestra que la imagen Tmb1 tiene un dominio Image, el valor de sus DN varían entre 25 a 162 y que será desplegada en tonalidades de grises. (representation: gray).
- Haz Click en OK para aceptar la imagen seleccionada. La imagen será desplegada en tonos de grises desde el Negro (reflectancia mas baja) hasta Blanco (La reflectancia mas alta).

La imagen Tmb1 es ahora desplegada en la ventana de mapas. La ventana de mapas puede ser movida, como todas las ventanas, activándola y arrastrándola hacia otra posición. El tamaño de la ventana de mapas puede ser cambiado en diferentes formas.



- Reduce y agranda la ventana de mapas arrastrando los bordes de la ventana de mapas.
- Máximiza la ventana de mapas usando el botón de Maximize .
- Cierra la ventana de mapas usando la secuencia File-Exit de la barra de menú o haciendo doble click en el botón de la esquina superior izquierda del menú de Control  de la ventana de mapas.

Haciendo Zoom in/out (vista detallada/ vista general) sobre una imagen en pantalla.

Cuando se desea estudiar los detalles de la imagen, es posible hacerlo con la herramienta de “zooming”.



- Haz Doble-click Tmb1, y acepta los valores sugeridos haciendo click en OK.
- Maximiza la ventana del mapa haciendo click en el botón Maximize . (Este botón puede verse diferente en Windows 95)
- Haz click en el botón de Zoom  en la barra de botones para ampliar un área específica..
- Mueve el cursor (en forma de lupa) hacia la primera esquina del área que deseas ver ampliada y haz click en el botón izquierdo del mouse. Sin soltar el botón, arrastra el cursor hacia la segunda esquina del área de interés. Suelta el botón del mouse y verás ampliada el área seleccionada.
- Haz click (repetidamente) en el botón de Zoom out  para alejarte.
- Haz Click en el botón Entire map  para mostrar el mapa completo en la ventana de mapas.

Haciendo repetidamente acercamientos (zooming in) en un área pequeña podrás observar claramente la estructura de píxel, la cual tiene una apariencia de cuadros en la imagen desplegada.



- Haz Zoom sobre la imagen desplegada hasta que puedas ver claramente la estructura de cuadros de la imagen. Si es necesario, cambia el tamaño de la ventana de mapas.
- Presiona el botón izquierdo del mouse sobre la ventana de mapas y aparecerá el correspondiente valor DN del píxel. Muévete sobre algunos píxeles con el cursor, seleccionando píxeles oscuros y claros y nota los cambios en el DN.
- Cierra la ventana de mapas.

Moviéndose a través de una imagen de satélite desplegada en pantalla.

Cuando una parte de una imagen es desplegada en la ventana de mapas, las otras partes de la imagen pueden ser vistas desplazándose a través de la imagen.



- Despliega la imagen Tmb4 y haz una ampliación (Zoom) sobre un área específica.

- Para desplazarse a través de la imagen utilice el herramienta Pan  o utilice las flechas de Izquierda/Derecha de la barra de desplazamiento horizontal y las flechas de Arriba/Abajo de la barra de desplazamiento Vertical.
- Un desplazamiento rápido puede obtenerse a través del arrastre de los pequeños cuadros en las barras de desplazamiento izquierdo/derecho o arriba/abajo, o haciendo clic en la barra de desplazamiento misma (no en los botones de flechas)
- Cierre la ventana.

Visualización de múltiples imágenes

A veces es bastante útil mostrar mas de una imagen en la pantalla. Esto se hace abriendo una ventana para cada imagen (si las imágenes usan la misma georeferencia, se pueden desplegar simultáneamente en la misma ventana).

Múltiples ventanas pueden abrirse al mismo tiempo seleccionado varios mapas y utilizando el botón derecho del mouse para abrirlas.

Es posible en una ventana visualizar una imagen raster junto con uno o más mapas de puntos, segmentos o polígonos; es posible mostrar dos o mas imágenes raster en la misma ventana de mapa si estas comparten la misma georeferencia.

Existen otras maneras para desplegar imágenes. Tres bandas de una imagen Landsat TM, del sector cerca de Cochabamba, se mostrarán utilizando tres diferentes ventanas.



- Doble-click Tmb1 en el catálogo y seleccione OK en la ventana Display Options-Raster Map . Mueva la ventana hacia una esquina de la pantalla.
- Abra el menú File en la ventana principal y escoja Open. En cuadro de dialogo Show Map seleccione Tmb3 y click OK. La ventana Display Options-Raster Map es desplegada. Acepte los valores sugeridos y click OK. Mueva la ventana a una posición cercana a la imagen Tmb1.
- Haga Click sobre el botón derecho del mouse al mismo tiempo que el cursor esta sobre la imagen Tmb4 en el catalogo. Un menú de opciones (context-sensitive) aparece sobre el lado derecho del cursor. Seleccione Open y acepte los valores sugeridos para el despliegue de la imagen, seleccionando OK en la ventana Display Options. Mueva la ventana a una posición cerca de la imagen Tmb3.
- Arrastre-y-suelte el mapa de polígonos Landuse en la ventana del mapa Tmb1. Seleccione la opción Boundaries Only en el cuadro Display Options. Seleccione el color Red, asegúrese de chequear la opción Info y click OK. Haga lo mismo en las otras dos imágenes.

Quando usted se mueve sobre cualquiera de los mapas desplegados usted puede ver la información sobre el tipo de uso del suelo.

- Estudie los mapas individuales y trate de explicar las diferencias en las tonalidades de grises en términos de la respuesta espectral de las clases *agua, áreas urbanas, agricultura y zonas de pastos* en cada una de las bandas. Anote la respuesta espectral relativa usando las categorías *bajo, media o alta*, para los diferentes clases de cobertura y bandas espectrales en la tabla 6.1.

Tabla 6.1: respuesta espectral relativa por banda para diferentes coberturas. Llene la tabla con las clases : bajo, media y alta

| Banda | Agua | Area Urbana | Agricultura | Zonas de pastos |
|-------|------|-------------|-------------|-----------------|
| 1 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |



- Cierre todos los mapas.

Números digitales (Digital Number, DN) y píxeles

Las respuestas espectrales de la superficie terrestre en longitudes de onda específicas, grabadas por espectrómetros en el satélite, son asignadas a elementos individuales de una imagen denominados píxeles. Píxeles con una respuesta espectral fuerte tienen altos números digitales y viceversa. La respuesta espectral de los objetos puede cambiar con respecto a la longitudes de onda observada, tal como Ud. pudo observar en el ejercicio anterior al comparar las tres bandas Landsat TM con respecto por ejemplo a las áreas rurales o los cuerpos de agua. Cuando la escala de grises es utilizada, imágenes con una respuesta espectral débil son de tono oscuro (negro) y píxeles representando una respuesta espectral fuerte son de tono luminoso (blanco). Los números digitales entonces se representan con intensidades en una escala de blanco a negro.

Los números digitales pueden ser “leídos” mediante el uso de la opción *Pixel information window (ventana de información del píxel)*. Esta ventana ofrece la posibilidad de inspeccionar interactiva y simultáneamente los valores de un píxel en una o más imágenes.

Hay varias maneras para abrir y agregar mapas en la ventana de información de píxeles



- Mostrar el mapa Tmb1 en la ventana de mapa. Desde el archivo de menú en la ventana de mapa, seleccionar Open Pixel Information (Abrir Información de Píxel). Aparecerá la ventana de información de píxel.

- Asegúrese que la ventana de información de píxel pueda visualizarse en la pantalla. Seleccionar Tmb3 y Tmb4 del catalogo y arrastrar estos mapas a la ventana de información de píxel: Sostenga el botón izquierdo del mouse; mueva el puntero del mouse hacia la ventana de información de píxel; suelte el botón izquierdo del mouse; Las imágenes caen en la ventana de información de píxel.
- Muestre Tmb4, dar clic en OK de la caja de dialogo Display Options – Raster Map. Asegúrese que la ventana de mapa no se traslapa sobre la ventana de información de píxel.
- En la ventana de información de píxeles (pixel information window) los DN's de las tres bandas seleccionadas serán mostrados. Hacer un “zoom” si es necesario.

Desplazase sobre la imagen Tmb4 y escriba en la tabla 6.2 algunos valores de DN para la clases agua, áreas urbanas, agricultura y prados (grass lands). el mapa de suelos de Cochabamba (map Landuse) puede utilizarse como referencia para conocer el tipo de cobertura actual de los suelos,.

Tabla 6.2: Valores DN para diferentes clases de suelos en las bandas espectrales seleccionadas. Llenar la tabla con los valores DN.

| Band | Water | Urban area | Agriculture | Shrubs | Grassland |
|------|-------|------------|-------------|--------|-----------|
| 1 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |



- Cierre todas la ventanas y mapas una vez haya finalizado el ejercicio.

Píxeles y coordenadas en el mundo real

Cuando una imagen es creada (ya sea satelital, aérea o resultado de escanear en la oficina) se almacena en el formato raster, el cual utiliza un arreglo de filas y columnas. Hasta ese momento no hay relación entre las filas y columnas y las coordenadas del mundo real (UTM, coordenadas geográficas, o cualquier otra proyección de referencia). En el proceso llamado “geo-referencing” (geo-referenciación), el cual se discute en el capítulo 6.4, se establece la relación entre la localización de un píxel en términos de fila y columna (f,c) y los valores de las coordenadas reales del sitio geográfico que representa.



- Haga doble clic en el mapa Tmb4 en el Catalogo. Aparece la caja de dialogo Display Options – Raster Map. Haga clic en OK en la ventana de diálogo Display Options – Raster Map y maximizar la ventana de mapa.

- Mueva el cursor hacia el área del lago cerca de la ciudad de Cochabamba y anote los valores de Fila/Columna y XY y Long/Lat que se dan en la Barra de Status. Haga zoom si es necesario.
- Moverse hacia la zona montañosa y la esquina NW de la imagen. Note el cambio de las coordenadas reales y los números de Fila/Columna.

El ultimo botón definido en la ventana del mapa representa una herramienta que permite realizar mediciones en un mapa.

- Haga clic en el botón de medir distancia de la barra de herramientas  de la ventana de mapa o escoja el comando Medir Distancia desde el menú de Opciones. Mueva el puntero del mouse hacia la esquina norte del lago (punto inicial) y dar clic, mantenga el botón del mouse sostenido y suelte el botón del mouse en la esquina sur del lago (punto final). La ventana con la información sobre la distancia solicitada aparece en la pantalla: distancia y dirección.

La ventana de información “Distance” brinda la siguiente información:

From: la coordenada XY del punto donde inicio la medición;

To: la coordenada XY del punto donde finalizo la medición;

Distancia en el mapa: la distancia en metros entre el punto inicial y el punto final en el plano;

Azimuth en el mapa: el ángulo en grados entre el punto inicial y el punto final con relación al norte de cuadrícula;

Distancia Elipsoidal: la distancia entre el punto inicial y el punto final calculada sobre el elipsoide;

Azimuth Elipsoidal: el ángulo en grados entre el punto inicial y el punto final con relación al norte verdadero, o sea la dirección con relación a los meridianos (tal como se visualice en la cuadrícula) de su proyección;

Factor de Escala: indicador directo de distorsión de escala, o sea la razón entre distancia en el mapa / distancia real



- Cierre todas las ventanas cuando haya finalizado con el ejercicio.

Resumen: Visualización de imágenes

- Imágenes digitales originadas desde una plataforma aérea o espacial se componen de un conjunto de elementos estructurados en una matriz y ordenados según filas y columnas. Estos elementos discretos se denominan píxeles. La intensidad de cada píxel corresponde a la brillantez promedio, o reflectancia medida electrónicamente sobre el área terrestre correspondiente a cada píxel.
- Una imagen compuesta por una sola banda puede visualizarse en términos de sus tonos de grises, con un rango entre negro (0) hasta blanco (255).
- Píxeles con una respuesta espectral débil son de tono oscuro (negro) y píxeles con una respuesta espectral fuerte son de tono brillante (blanco). Los números digitales por lo tanto son representaciones de intensidad desde negro a blanco.
- Para comparar bandas y entender la relación entre los Números Digitales de las imágenes de satélite y el la imagen desplegada en un monitor; y para desplegar simultáneamente varias imágenes, Ud. puede utilizar las diferentes herramientas que le permiten desplazarse a través de la imagen (acercarse o alejarse) y recuperar los DN's de las imágenes analizadas.
- En una ventana, una imagen raster puede mostrarse simultáneamente con los mapas de puntos, segmentos o polígonos. En ILWIS solo es posible mostrar dos mapas raster en una misma ventana si estos comparten la misma georeferenciación.

- Una imagen se almacena en un formato raster (arreglo geométrico de filas y columnas). En general, hasta ese momento no existe una relación entre las filas/columnas de la imagen y las coordenadas del mundo real de los objetos representados (UTM, coordenadas geográficas, o cualquier otra proyección de referencia de mapas). En el proceso llamado geo-referenciación (geo-referencing), se puede establecer la relación entre la localización de un píxel en términos de filas y columnas y las coordenadas reales del objeto representado (ver sección 6.4).

6.2 Optimización de la imagen (optimización visual)

La optimización (enhancement) de imágenes es un conjunto de procedimientos que se utilizan para lograr que la imagen original sea más fácilmente interpretable para una aplicación en particular. En esta sección, trataremos las técnicas de realce más empleadas, que mejoran notablemente el impacto visual de los datos originales.

Las técnicas de mejoramiento de imágenes pueden clasificarse de diferentes maneras. La optimización (realce) del contraste, también llamado mejoramientos globales transforman los datos originales usando las estadísticas calculadas para toda la imagen. Ejemplos de ellas tenemos: **expansión (stretching) lineal del contraste, ecualización del histograma y expansión (stretching) parcial del contraste**. Contrario a lo anterior, los mejoramientos locales o espaciales consideran solo las condiciones locales, las cuales pueden variar considerablemente sobre una imagen. Ejemplos de este tipo son: suavizados (smoothing) y agudización (sharpening) de rasgos en las imágenes.

6.2.1 Optimización del contraste (Contrast enhancement)

El objetivo de esta sección es entender el concepto de mejoramiento o realce del contraste, y aprender y aplicar las técnicas más empleadas para realzar el contraste con miras a facilitar la interpretación visual de una imagen.

La sensibilidad de los sensores de un satélite ha sido diseñada de tal forma que se registren las características de brillo en un determinado rango de acuerdo con las condiciones de iluminación. Pocas escenas muestran el empleo de la totalidad del rango disponible de luminosidad de los detectores. La meta del mejoramiento de contraste es facilitar la interpretación visual de una imagen, por incremento de la distinción aparente entre las características de una escena. Aunque la mente humana es excelente distinguiendo e interpretando características en una imagen el ojo tiene limitaciones en la discriminación de diferencias sutiles de los valores de reflectancia que caracterizan tales rasgos. Usando técnicas de mejoramiento del contraste estas leves diferencias se hacen más notorios para la observación.

El mejoramiento de contraste también se emplea para reducir el efecto de bruma (haze) en la imagen. La luz dispersada en la atmósfera que llega directamente al sensor, sin haber interactuado con los objetos de la superficie terrestre, genera el llamado efecto de bruma (haze o path radiance). El efecto de bruma hace aparecer los DN con un mayor valor y este efecto aditivo es el que hace la imagen aparezca con un bajo contraste. Este efecto es diferente para cada rango espectral, más alto en el azul y más bajo en el rango del infrarrojo del espectro electromagnético.

Las técnicas más empleadas para mejorar el contraste son: la de “**linear stretching**” y la de “**histogram equalization**”. Para mejorar rangos de datos específicos que representen ciertos tipos de cobertura se aplica la técnica denominada “piece-wise linear stretching”, que permite mejorar el contraste localmente.

El monitor de una computadora en el que se visualiza una imagen de satélite es capaz de desplegar hasta 256 niveles de gris (0-255), los cuales se corresponden con la mayoría de las imágenes de satélite, que tienen DN también variando en el rango

de 0 a 255. Producir una imagen con un contraste óptimo es importante para utilizar la totalidad del rango de luminosidad disponible (de negro o blanco pasando por los tonos de gris) del dispositivo de despliegue.

El “linear stretching” es el más sencillo de los mejoramientos de contraste, un valor de DN bajo el histograma (m) se asigna al extremo negro y un valor alto (M) se asigna al extremo blanco. El resto de los valores de los píxeles se distribuye linealmente entre estos dos extremos. Una desventaja del “linear stretching” es que asigna los mismos niveles de visualización (NV) tanto a valores de DN que ocurren pocas veces como a los que ocurren con mayor frecuencia. Aunque el “linear stretching” del contraste aplica al intervalo (m, M) sobre el de (0,255) en la mayor parte de los casos se produce una imagen con poco brillo. Aunque todas las tonalidades de gris del despliegue son utilizadas, la mayor parte de los píxeles son desplegados en grises medios. Esto se debe a la distribución más o menos normal dentro de los valores mínimo y máximo del histograma. Por esta razón es muy común cortar los valores extremos de la distribución en las partes inferior y superior (usualmente un 1%).

La técnica de ecualización del histograma es un mejoramiento que aplica una técnica no-lineal. En este método los valores de los DN se distribuyen con base en su frecuencia. Diferentes tonos de gris son asignados a los valores de DN que ocurren con mayor frecuencia en el histograma.

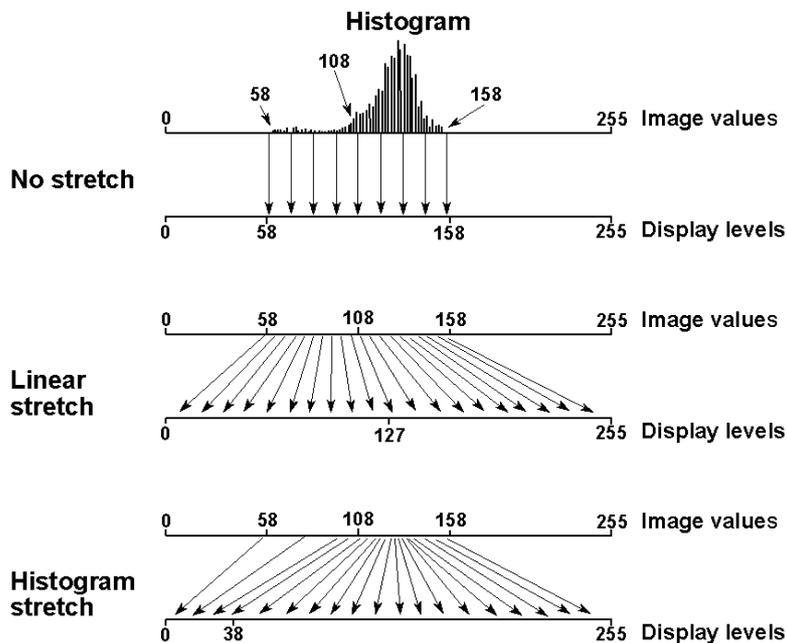


Figura 6.1: principios de la técnica de optimización del contraste

La fig. 6.1 muestra el principio usado en las técnicas mejoramiento del contraste. Se asume un dispositivo de salida capaz de desplegar 256 niveles de gris. El histograma muestra DN's en el rango de 58 a 158. Si estos valores de la imagen se desplegarán directamente, solo una pequeña porción del total disponible se usaría. Los niveles de despliegue de 0 a 57 y de 159 a 255 no se están utilizando. Usando una expansión lineal (linear stretching), el rango de la imagen (58 a 158) se extenderá a la totalidad del rango de despliegue (0 a 255). En el caso del "linear stretching", la mayoría de los datos (entre 108 y 158) son confinados dentro de la mitad de los valores desplegados. Con la técnica "histogram equalization" el rango de valores de la imagen entre 109 y 158 se extiende sobre una gran porción de los niveles de despliegue (39 a 255). Una pequeña porción (0 a 38) se reserva para los valores menos numerosos de la imagen entre 58 y 108.

La eficacia depende de la distribución que presenten los datos originales (p.e. no hay efecto para una distribución uniforme) y de los valores que tengan los rasgos de interés. En la mayoría de los casos este es un método efectivo para imágenes con tonalidades grises.

La técnica "piece-wise" (segmentación del histograma) es muy similar a la técnica "linear stretching", pero la interpolación de los valores se realiza para unos rangos predefinidos por el usuario. Este método es útil para la separación de un determinado objeto de interés, por ejemplo: agua. Los valores de los DN para este rasgo están entre 5 y 18, para poder discriminarlo lo mejor posible se debe emplear todo el rango disponible de niveles de gris para este rasgo solamente. De esta forma aparecen de manera detallada las diferencias en el rasgo de interés, mientras que el resto de rasgos se asignan a solo un tono de gris.

El material para este ejercicio es la imagen Landsat TM, banda Tmb1 que cubre un área cercana al valle de Cochabamba, Bolivia.

Calculo del histograma

Para poder aplicar una técnica para el realce del contraste de la imagen, se debe primero calcular el histograma de la imagen respectiva. El procedimiento es el siguiente.



- Haga doble clic en el icono Histogram en la Lista-de Operaciones. La ventana de diálogo Calculate Histogram será desplegada.
- Seleccione el mapa raster Tmb1, seleccione la opción Show para mostrar el histograma una vez sea calculado.
- El histograma se muestra en una ventana independiente. El histograma se visualiza como un gráfico y una tabla en la que se presentan un conjunto de columnas.
Npix = número de píxeles con cierto valor de pixel, frecuencia.

N_{pixpct} =porcentaje de píxeles comparados con el número total de píxeles frecuencia relativa.
 $P_{notzero}$ =porcentaje de píxeles comparados con el número total de píxeles no nulos.
 N_{pixcum} =distribución de frecuencia acumulada.
 N_{pcumct} =distribución de frecuencia relativa acumulada y el tamaño del píxel. Y si el tamaño del píxel es conocido
 $Area$ =área de píxeles con cierto DN. Para tener visualizar mejor la tabla se puede maximizar la ventana del histograma.

- Escriba en la tabla 6.3 los valores de los DN que pertenezcan al correspondiente porcentaje acumulado

Tabla 6.3: Valores de los DN para porcentajes acumulados específicos. Llene la tabla con los valores del histograma de la imagen Tmb1

| | | | | | | |
|-----------------------|----|-----|----|----|------|-----|
| Cumulative Percentage | 0 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | 10 |
| DN value | | | | | | |
| Cumulative Percentage | 90 | 95 | 98 | 99 | 99.5 | 100 |
| DN value | | | | | | |

Para un óptimo resultado en la aplicación del “linear stretching”, se debe estudiar en detalle la distribución de valores del histograma. Esto puede hacerse usando un listado numérico, pero se puede lograr una mejor apreciación analizando los valores en forma gráfica.

responda las siguientes preguntas usando los datos del histograma.

- 1) Cuál es el número total de píxeles de la imagen?
 - 2) Cuántos píxeles tienen DN de 68?
 - 3) Cuántos píxeles tienen un DN mayor a 93?
- Qué DN representa el valor predominante (el valor moda de la imagen)



- Para poder ver las estadísticas más importantes de la imagen, active la ventana-tabla que muestra los valores del histograma y asegúrese que la herramienta Additional Info está activada. Verifique si los valores de los DN en la tabla 6.3 son correctos y si su respuesta a la pregunta 4 fue correcta.
- Cierre la ventana de diálogo y la ventana histograma.

“Linear stretching” (Expansión Lineal)

Después de que el histograma de una imagen ha sido calculado, es posible aplicar la técnica de “linear stretching”. Los valores de píxel del intervalo entre el 1% y el 99 % son empleados como intervalo de entrada para extender (stretch) los valores de la

imagen; valores de píxel por debajo del 1% y arriba del 99 %, no deben ser tomados en cuenta.



- En la ventana principal (Main window), abra el menú Operations y seleccione Image Processing Stretch. Se abrirá ventana de diálogo Stretch.
- Como Raster Map seleccione Tmb1, seleccione el método “Linear stretching”, percentage igual a 1.00. Escriba Tmb1_stretch en la opción Output Raster Map Name.
- Acepte todos los otros valores sugeridos. Seleccione la opción Show y de clic a OK. El mapa raster Tmb1_stretch será calculado. Se abrirá la ventana de diálogo Display Options. Clic Ok, para desplegar el mapa.

Comparación de las imágenes original y “stretched”(expandida)

Las imagen original pueden compararse con la imagen procesada (stretched), desplegándolas simultáneamente en dos ventanas y utilizando la opción “pixel information window”, o a través de análisis de sus correspondientes histogramas.



- Despliegue la imagen original Tmb1 y la imagen procesada, (stretched, expandida) Tmb1_stretch, cada una en una ventana independiente y valore visualmente el efecto de la expansión lineal. No olvide seleccionar la opción Stretch con un mínimo de 0 y un máximo de 255 para ambas imágenes.
- Despliegue los histogramas de Tmb1 y Tmb1_stretch y compare sus gráficas.
- Escriba en la tabla 6.4 los valores de los DN pertenecientes a la imagen procesada (stretched, extendida), usando la herramienta Additional Info. Indique los cambios mayores comparando los datos escritos en la tabla 6.3.
- Cierre las ventanas-mapa y tabla.

Tabla 6.4: Valores de los DN en porcentajes acumulados específicos, llene la tabla con el histograma de Tmb1_strecht

| | | | | | | |
|-----------------------|----|-----|----|----|------|-----|
| Cumulative Percentage | 0 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | 10 |
| DN value | | | | | | |
| Cumulative Percentage | 90 | 95 | 98 | 99 | 99.5 | 100 |
| DN value | | | | | | |

Determinar funciones para la aplicación del “linear stretching” (expansión lineal)

En la figura 6.2, se dan cuatro funciones lineales diferentes para el realce (enhancement) del contraste usando diferentes valores del porcentaje inferior y superior de la distribución de los valores en el histograma no incluido en el procesamiento:

- 1) Sin “stretching” (expansión)
- 2) Stretching (Expansión) entre los valores mínimo y máximo
- 3) Usando el 1 y el 99% como porcentajes inferior y superior
- 4) Usando el 5 y el 95% como porcentajes inferior y superior

! Indique para cada línea de la fig. 6.2 que función de expansión lineal que se empleó.

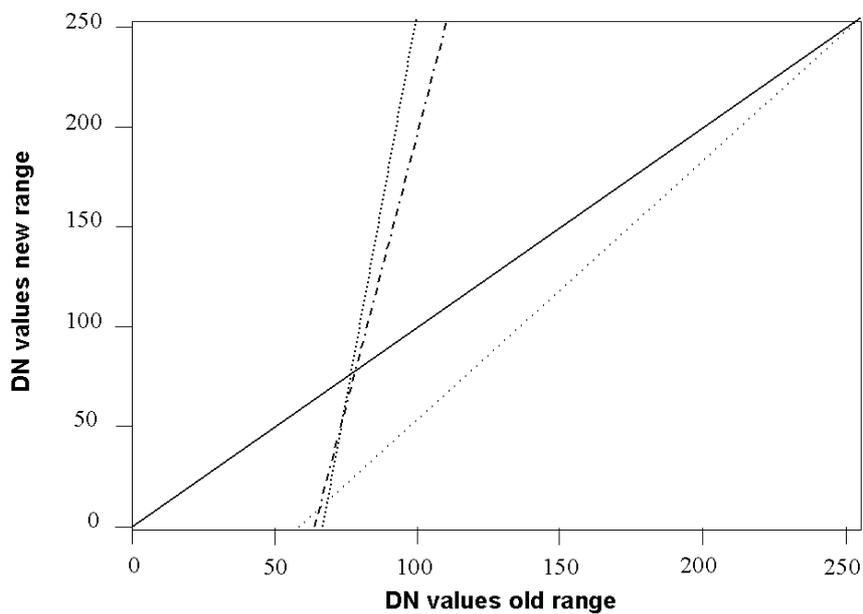


Figure 6.2: Funciones de “linear stretching” (expansión lineal) usando diferentes intervalos de entrada

Ecuación del histograma (Histogram equalization)

La técnica denominada “histogram equalization” considera la frecuencia de los DN’s. Tal como en el caso de la “expansión lineal”, los porcentajes inferior y superior de los DN’s a ser considerados en el procesamiento pueden especificarse de acuerdo al interés del usuario; o se pueden tomar los valores sugeridos por el programa.



- Abra la ventana de diálogo seleccionando Stretch de la Lista-de Operaciones.
- Seleccione Tmb1 como Input Raster Map e Histogram Equalization con 10 intervalos como método de expansión. Cada intervalo recibe el 10% de los datos. Para la opción Stretch use los porcentajes sugeridos 0.00. Escriba Tmb1_Equal en la opción Output raster Map, seleccione la opción Show para desplegar el mapa obtenido después de efectuada la operación.
- Despliegue la imagen expandida usando la escala de grises (gray).
- Despliegue el histograma (operación Histogram) del mapa de recién creado Tmb1_Equal y observe la frecuencia en cada intervalo.
- Cierre luego todas la ventanas.

6.2.2 Optimización espacial (Spatial enhancement)

El objetivo es entender el concepto de mejoramiento espacial usando filtros y estar en capacidad de aplicar diferentes tipos de filtros.

Los procedimientos para la optimización espacial modifican el valor de un píxel basándose en los valores de los píxeles que son sus vecinos inmediatos. (local enhancement, mejoramiento local). Los filtros se usan comúnmente para:

- 1) Corregir y restaurar imágenes afectadas por el mal funcionamiento del sistema.
- 2) Mejorar las imágenes para su interpretación visual.
- 3) Extraer rasgos particulares.

Como todos los procedimientos de optimización imágenes el objetivo es crear nuevas imágenes a partir de los datos de la imagen original, de tal manera que se incremente la cantidad de información que pueda ser visualmente interpretada.

filtros de frecuencia espacial (Spatial frequency filters)

Frecuentemente llamados “spatial filters” (filtros espaciales) pueden resaltar o suprimir datos de la imagen que presentan frecuencias espaciales específicas. La frecuencia espacial se refiere a la forma en que ocurre la variación de los valores DN’s a través de una imagen. Las áreas de la imagen en las que, en una zona relativamente pequeña, se observa un cambio brusco, no gradual en los valores de los DN (digital numbers) se dice que presentan una “alta frecuencia espacial” (p.e. a lo largo de las carreteras, límites de parcelas, límites de cuerpos de agua). En el caso contrario, en que los valores de los DN cambian de manera gradual con respecto a los valores de los píxeles aledaños, se dice que estas áreas presentan una baja

frecuencia espacial, poco contraste (p.e. interior de campos agrícolas homogéneos, interior de los cuerpos de agua). Los filtros de frecuencia baja o “low pass filters” son diseñados para resaltar rasgos con frecuencias bajas y suprimir, los componentes de frecuencias altas de una imagen, los filtros de frecuencia alta o “high pass filters” hacen justamente lo contrario.

Filtros de frecuencia baja (Low pass filters): La aplicación de un filtro de frecuencia baja tiene el efecto de eliminar frecuencias altas y medias dando como resultado una imagen que tiene un menor contraste, una apariencia más suave. Es por esto que este proceso es también denominado “suavización de imágenes” (image smoothing) y al filtro de frecuencia baja se le llama filtro de suavizado o de homogeneización (smoothing filter). Es muy fácil suavizar una imagen. El problema básico reside en que al hacerlo no se pierdan rasgos de interés. Por esta razón, el mayor énfasis a tener en cuenta en la aplicación de “filtros de baja frecuencia” es la preservación de los bordes (límites entre objetos).

Filtros de frecuencia alta (High pass filter): en algunas ocasiones cambios abruptos desde un área con DN de valores uniformes hacia otra con DN diferentes puede ser observada. Límites de este tipo son conocidos como aristas o bordes agudos (edges). Ellos ocupan un área pequeña y son por lo tanto rasgos de alta frecuencia (high frequency features). Filtros de frecuencia alta (High pass filters) están diseñados para resaltar frecuencias alta y para suprimir frecuencias bajas. La aplicación de un filtro de alta frecuencia tiene el efecto de resaltar límites, bordes agudos entre objetos. Es por esto que los filtros de alta frecuencia son también llamados filtros de optimización de bordes (edge enhancement filter).

Se distinguen dos clases de filtros “high pass” **filtros de gradiente o direccionales y filtros laplacianos o no-direccionales**. Los filtros de gradiente son filtros direccionales y se emplean para mejoramientos específicos de tendencias lineales. Se diseñan de tal manera que resaltan los objetos lineales o bordes orientados en una cierta dirección (p.e. horizontal, vertical o diagonal). En su forma más simple, los filtros calculan la diferencia que existe el DN de un píxel y la de sus vecinos. Matemáticamente pueden verse como el resultado de tomar la primera derivada (de ahí el termino Gradiente). Los filtros Laplacianos no son direccionales porque ellos resaltan rasgos lineales sin importar la dirección que tengan en la imagen. Estos filtros no consideran el gradiente mismo, sino los cambios del gradiente. En su forma más simple, pueden verse como el resultado de tomar la segunda derivada.

Usualmente un filtro es un arreglo 3 x 3 (3 columnas y 3 filas, algunas veces denominado Kernel) de coeficientes o factores multiplicadores (weighting factors). También es posible usar arreglos de matrices de 5 x 5, 7 x 7 o de mayor orden. El filtro puede considerarse como una ventana que se mueve a través de una imagen y tiene en cuenta todos los valores de los DN que estén dentro de la ventana. Cada valor de píxel es multiplicado por el coeficiente correspondiente del filtro. Los 9 valores resultantes se suman y el valor final se divide por la suma de los coeficientes del filtro y este nuevo valor reemplaza el valor original del píxel central. Esta

operación es llamada “**convolución**”(convolution). La figura 6.3 ilustra la convolución (convolution) de una imagen empleando un kernel 3x3.

El material usado para este ejercicio es la banda 4 de la imagen Landsat TM de Cochabamba Bolivia, Tmb4.

Filtros de baja frecuencia (Low pass filters)

Para suprimir los componentes de alta frecuencia en una imagen, se utilizara un filtro estándar de frecuencias bajas (low pass, smoothing filter). En este caso usaremos un filtro “promedio” (average) de tamaño 3x3.



- De la Lista de Operaciones seleccione la operación Filter. Se abrirá la caja de diálogo Filtering
- Seleccione como Input raster Map la imagen Tmb4. En la opción “filter type” seleccione linear filter, y luego el “low pass filter” llamado Avg 3x3. Escriba Tm_average en la opción “Output Raster Map name”. Seleccione la opción Show en la ventana de diálogo.
- Despliegue las imágenes sin filtrar y filtrada una cerca de la otra en dos ventana-diferentes y haga una comparación de tipo visual.

Crear y aplicar un filtro tipo “low pass”

Además de tener filtros pre-definidos, en ILWIS es posible definir, crear y aplicar filtros de acuerdo a la necesidades del usuario. En el ejercicio siguiente crearemos un filtro tipo “low pass” 3x3 utilizando la media ponderada



- Abra la ventana de diálogo Create Filter seleccionado la opción New Filter en la lista de operaciones (operation list).
- Asigne nombre Weigmean al filtro que será creado, asegúrese de que la opción Real Matrix no esta seleccionada.
- Confirme los parámetros sugeridos. La ventana de diálogo Edit Filter será abierta.
- Un filtro vacío será desplegado, utilice los valores presentados en la tabla 6.5 y llene los espacios requeridos .

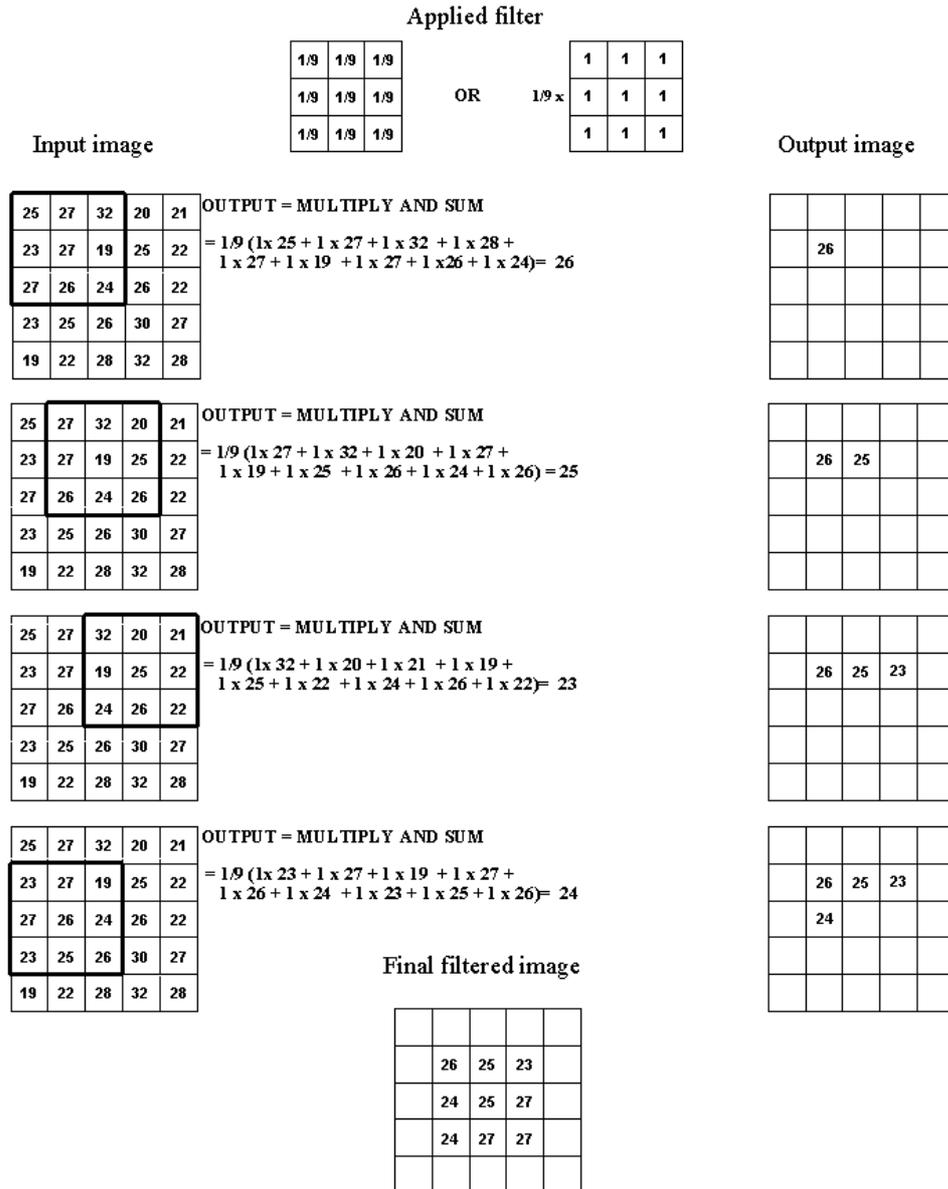


Figure 6.3: Convolution, using a 3*3 filter with all coefficients equal to 1/9

Tabla 6.5: Valores para el filtro Weigmean

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 |
| 2 | 4 | 2 |
| 1 | 2 | 1 |



- Acepte el valor “Gain” sugerido, y confirme los parámetros de entrada, cierre, si es necesario, las ventanas de diálogo abiertas.
- Cual es la función del valor “Gain” ?
- Filtre la imagen Tmb4 usando el filtro que acaba de crear. Seleccione el filtro Weigmean de la lista de filtros. El dominio para el mapa de salida es Image. Seleccione la opción Show, y escriba Weigmean como Output map name.
- Compare la nueva imagen con la generada usando el filtro de suavizado estándar (smoothing filter).

High pass filters

En la pagina siguiente (figura 6.4) se presenta un ejemplo de un filtro de Laplace 3*3. El producto (suma) del filtro aplicado es cero. Un “gain factor” para corregir el efecto de los coeficiente del filtro es por lo tanto no necesario. Cuando este tipo de filtros es aplicado, los valores resultantes pueden ser positivos y negativos. Es por esta razón que ILWIS asigna un dominio valor al mapa calculado.

Para resaltar los componentes de alta frecuencia en una imagen, se utilizara un filtro “high pass” estándar. El filtro que se aplicara es una matriz 3x3, que se encarga de mejorar la visualización de bordes o objetos lineales (edge enhancement filter), con un valor central de 16, ocho valores aledaños de -1 y un “gain factor” de 0.125.



- Abra la ventana de diálogo **Filtering** seleccionado la opción **Filter** en la lista de operaciones (operation list)..
- Seleccione el mapa Tmb4 en la opción **Input Raster Map**, seleccione “linear filter”, Edgesenh. Asigne el nombre Edge en la opción **Output Raster Map**. El dominio debe ser **Value** (valores negativos son posibles!). Acepte el valor sugerido para las opciones value range y precision. Seleccione la opción **Show**. Click **OK**. La ventana **Display Options** sera abierta.
- Use una representación **Gray** y acepte los otros sugeridos para el despliegue de la imagen
- Despliegue la imagen filtrada y la no filtrada una junto a la otra y realice una comparación visual.

Applied filter

| | | |
|----|----|----|
| 0 | -1 | 0 |
| -1 | 4 | -1 |
| 0 | -1 | 0 |

Input image

Output image

| | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|
| 25 | 117 | 120 | 121 | 121 |
| 23 | 27 | 119 | 119 | 122 |
| 27 | 26 | 24 | 120 | 122 |
| 23 | 25 | 26 | 30 | 121 |
| 19 | 22 | 28 | 32 | 28 |

OUTPUT = MULTIPLY AND SUM
 $= (-1 \times 117 + -1 \times 23 + 4 \times 27 + -1 \times 119 + -1 \times 26) = -177$

| | | | | |
|--|------|--|--|--|
| | | | | |
| | -177 | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|
| 25 | 117 | 120 | 121 | 121 |
| 23 | 27 | 119 | 119 | 122 |
| 27 | 26 | 24 | 120 | 122 |
| 23 | 25 | 26 | 30 | 121 |
| 19 | 22 | 28 | 32 | 28 |

OUTPUT = MULTIPLY AND SUM
 $= (-1 \times 120 + -1 \times 27 + 4 \times 119 + -1 \times 119 + -1 \times 24) = 186$

| | | | | |
|--|------|-----|--|--|
| | | | | |
| | -177 | 186 | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|
| 25 | 117 | 120 | 121 | 121 |
| 23 | 27 | 119 | 119 | 122 |
| 27 | 26 | 24 | 120 | 122 |
| 23 | 25 | 26 | 30 | 121 |
| 19 | 22 | 28 | 32 | 28 |

OUTPUT = MULTIPLY AND SUM
 $= (-1 \times 121 + -1 \times 119 + 4 \times 119 + -1 \times 122 + -1 \times 120) = -6$

| | | | | |
|--|------|-----|----|--|
| | | | | |
| | -177 | 186 | -6 | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|
| 25 | 117 | 120 | 121 | 121 |
| 23 | 27 | 119 | 119 | 122 |
| 27 | 26 | 24 | 120 | 122 |
| 23 | 25 | 26 | 30 | 121 |
| 19 | 22 | 28 | 32 | 28 |

OUTPUT = MULTIPLY AND SUM
 $= (-1 \times 27 + -1 \times 27 + 4 \times 26 + -1 \times 24 + -1 \times 25) = 1$

| | | | | |
|--|------|-----|----|--|
| | | | | |
| | -177 | 186 | -6 | |
| | 1 | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Final filtered image

| | | | | |
|--|------|------|------|--|
| | | | | |
| | -177 | 186 | -6 | |
| | 1 | -195 | 185 | |
| | 3 | -3 | -179 | |
| | | | | |

Figure 6.4: Convolution, using a 3*3 Laplacian filter

Crear y aplicar un filtro tipo Laplace

Un filtro “high pass” 3x3 tipo Laplace (the Laplace Plus filter) será creado y aplicado a la imagen.



- Abra la ventana de diálogo **Create Filter** seleccionando la opción **New Filter** en la lista de operaciones (operation list).
- Asigne nombre `laplace_plus` al filtro que será creado, asegúrese de que la opción **Real Matrix** no esta seleccionada.
- Confirme los parámetros sugeridos. La ventana de diálogo **Edit Filter** será abierta.
- Un filtro vacío será desplegado, utilice los valores presentados en la tabla 6.6 y llene los espacios requeridos .

Tabla 6.6: Valores para el filtro Laplace_Plus

| | | |
|----|----|----|
| 0 | -1 | 0 |
| -1 | 5 | -1 |
| 0 | -1 | 0 |



- Acepte el valor “Gain” sugerido, y confirme los parámetros de entrada, cierre, si es necesario, las ventanas de diálogo abiertas.

Cual es la función del valor “gain” en este caso?



- Filtre la imagen `Tmb4` usando el filtro creado previamente. Use los valores sugeridos para la opción `value range` y `step size`. El dominio es `value`.
- Filtre la imagen `Tmb4` usando un filtro estándar Laplace. Use el dominio `Value` y los valores sugeridos para las opciones `value range` y `precisión`.
- Compare las imágenes resultantes, despliéguelas usando una representación `gray`.

Filtros direccionales

Un filtro direccional se usa para resaltar tendencias lineales en una dirección específica. Son diseñados para mejorar bordes que siguen cierta dirección. Para mejorar lineamientos que van de Norte-Sur pueden emplearse un filtro de gradiente `-X`.



- Cree un filtro direccional con los valores indicados en la tabla 6.7. Utilice el mismo procedimiento indicado en los ejemplos anteriores.

Tabla 6.7: Valores para el filtro direccional

| | | |
|---|---|----|
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |



- Filtre la imagen Tm4 usando el filtro direccional previamente creado.
- Cree el mismo tipo de filtro direccional, pero ahora para mejorar los lineamientos en la dirección Este-Oeste y también filtre la imagen Tmb4.
- Despliegue la imagen original Tmb4 y las dos imágenes filtradas.

Explique las diferencias entre las imágenes generadas!

Resumen: Optimización de imágenes (Image enhancement)

- Optimización del Contraste (contrast enhancement). También llamado optimización global, transforma los datos originales usando las estadísticas calculadas en toda la imagen.
- Las técnicas para mejorar el contraste son: “**linear stretching**” y “**histogram equalization**”. Para mejorar rangos específicos de datos que muestren ciertos tipos de cobertura terrestre se puede aplicar la técnica denominada “**piece-wise linear stretching**”.
- “Linear stretching” es el método más simple para el mejoramiento del contraste. Un valor bajo del histograma original se asigna al extremo inferior (negro) y un valor alto se asigna al extremo superior (blanco). Los valores intermedios son distribuidos linealmente.
- La técnica de “histogram equalization” emplea una transformación no lineal. En este método los valores de los DN se redistribuyen con base en la frecuencia con que ocurren en el histograma. Diferentes tonalidades de gris se asignan a los DN que ocurren con mayor frecuencia en el histograma.
- “Spatial enhancement” (optimización espacial), son procedimientos que modifican un valor de pixel en una imagen, basándose en los valores de los píxeles que son sus vecinos más inmediatos (mejoramiento local).
- Los filtros “low pass” (de baja frecuencia) son diseñados para resaltar rasgos con frecuencias bajas y suprimir los componentes de frecuencias altas de una imagen. Los filtros “high pass” (de frecuencia alta) hacen justamente lo contrario.
- Se puede distinguir dos clases de filtros “high pass”: filtros de gradiente (gradient) o direccionales (directionals) y filtros Laplacianos o no direccionales. Los filtros

direccionales se emplean para optimizar la visualización de tendencias lineales específicas.

- Los filtros Laplacianos son filtros no-direccionales porque ellos permiten resaltar características lineales en la imagen orientadas en cualquier dirección.
- Un filtro (usualmente también llamado Kernel) es un arreglo 3 x 3 de coeficientes o factores de ponderación..
- El valor de cada píxel es multiplicado por el correspondiente coeficiente en el filtro. Los 9 valores obtenidos se suman y el valor resultante se divide por la suma de los coeficientes del filtro. El nuevo valor reemplaza el valor original del píxel que corresponde al centro del filtro. Esta operación se llama **convolución (convolution)**..

6.3 Visualizing multi-band images

In this section, the objective is to understand the concept of color composites and to be able to create different color composites.

The spectral information stored in the separate bands can be integrated by combining them into a color composite. Many combinations of bands are possible. The spectral information is combined by displaying each individual band in one of the three primary colors: Red, Green and Blue.

A specific combination of bands used to create a color composite image is the so-called *False Color Composite* (FCC). In a FCC, the red color is assigned to the near-infrared band, the green color to the red visible band and the blue color to the green visible band. The green vegetation will appear reddish, the water bluish and the (bare) soil in shades of brown and gray. For SPOT multi-spectral imagery, the bands 1, 2 and 3 are displayed respectively in blue, green and red. A combination used very often for TM imagery is the one that displays in red, green and blue the respective bands 5, 4 and 3. Other band combinations are also possible. Some combinations give a color output that resembles natural colors: water is displayed as blue, (bare) soil as red and vegetation as green. Hence this combination leads to a so-called *Pseudo Natural Color composite*.

Bands of different images (from different imaging systems or different dates), or layers created by band rationing or principal component analysis, can also be combined using the color composite technique. An example could be the multi-temporal combination of vegetation indices for different dates, or the combination of 2 SPOT XS bands with a SPOT PAN band, (giving in one color image the spectral information of the XS bands combined with the higher spatial resolution of the panchromatic band).

6.3.1 Color composites

Color composites are created and displayed on the screen, by combining the spectral values of three individual bands. Each band is displayed using one of the primary colors. In figure 6.5 the color cube is represented and the primary additive (red, green and blue) and subtractive colors (yellow, magenta, cyan) are given. A combination of pixels with high DN values for the individual bands results in a light color. Combining pixels with low DN values produces a dark color. Each point inside the cube produces a different color, depending on the specific contribution of red, green and blue it contains.

In ILWIS 2.0 the relationship between the pixel values of multi band images and colors, assigned to each pixel, is stored in the *Representation*. A *Representation* stores the values for *red*, *green*, and *blue*. The value for each color represents the relative intensity, ranges from 0 to 255. The three intensities together define the ultimate color, i.e. if the intensity of red = 255, green = 0 and blue = 0, the resulting color is bright red. Next to this, the domain assigned to color composites is the *picture* domain, as the relationship with the original data has disappeared.

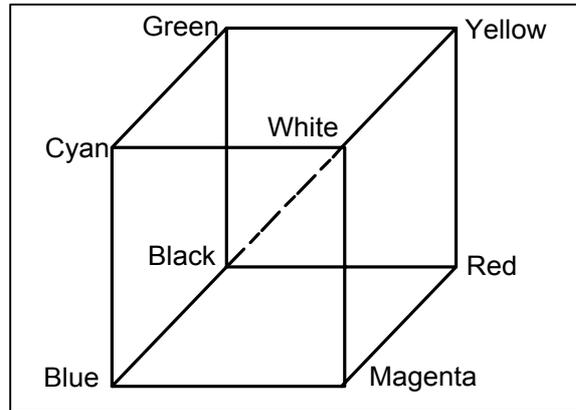


Figure 6.5: Color cube

The pixel values from the three input images are used to set values for corresponding pixels in the composite. One input band gives the values for Red, another the values for Green and the third for Blue (figure 6.6). The number of colors used can be defined. A maximum of about 200 colors are available because 56 colors are reserved for Windows and ILWIS itself.

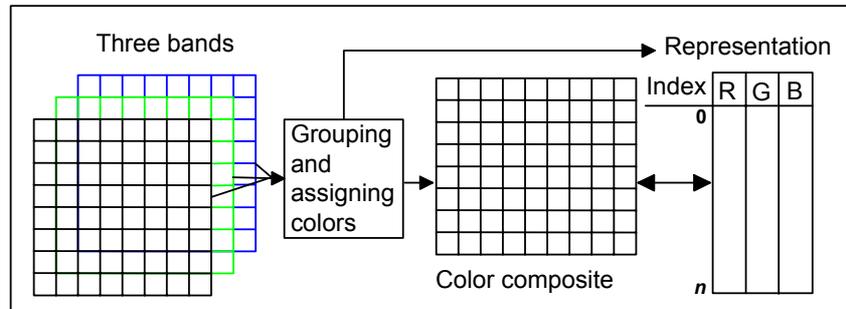


Figure 6.6: The link between a color composite, the source images and the representation. n is the number of colors (maximum 200)

Using ILWIS, color composites can be created using different methods: *24 bit*, *standard* and *dynamic*, and for the first two methods different stretching functions can be applied. Below, the dynamic and standard options are further elaborated.

By default ILWIS calculates dynamic color composites by combining 3 images using the *Heckbert* algorithm. This algorithm is based on the differences in the values of pixels in the three input images. All pixels of the three images are plotted in the color cube. The cube is then divided into two parts of equal volume. The amount of pixels in each of the two parts is counted. After that, the box that contains the largest

amount of pixels is again split into two. Again, the number of pixels is determined for all volumes, and the one containing the largest number of pixels is split. This process continues until the specified number of boxes (colors) is reached. The result of this procedure is that dense clusters of pixels (areas within the cube with relatively large number of pixels) are assigned more colors than the less dense clusters. This enhances the contrast within large, relatively homogenous areas. Finally, colors are determined according to the center of each box within the color cube. If one is interested in the image as a whole, i.e. a composite in which the input range is spread equally over an output range, the Dynamic option yields the best composite. On the other hand, if specific intervals of the input bands are of importance, the Standard option which applies a linear stretching function, can be used.

To create a standard color composite, all pixels of the three images are plotted in the color cube, using the chosen color assignment for the red, green and blue bands. The scaling of the axes of the cube is determined using the range of values of the input bands, which are linearly divided into six classes having equal length. Since this is done using three bands, the number of possible combinations is $6 \times 6 \times 6 = 216$, which is the maximum number of smaller cubes. Each of these cubes is assigned a color according to its position in the color cube. All pixel values that fall within one of these cubes will be given the color assigned to the center of that cube. The color assignment is stored in the color composite Representation.

False and pseudo natural color composites

In the exercises below, both a false color composite and a pseudo natural color composite, will be created using Landsat TM bands. For the creation of the false color composite, three TM bands have to be selected. Enter the corresponding TM bands for the spectral ranges indicated in table 6.8.

Table 6.8: Spectral ranges for selected TM bands

| Spectral range | TM band number |
|----------------|----------------|
| Near infrared | |
| Visible Red | |
| Visible Green | |

To create a Pseudo Natural Color composite using three TM bands, which bands have to be selected? Note down the color assignment in table 6.9.

Table 6.9: Color assignments

| Color | TM band |
|-------|---------|
| Red | |
| Green | |
| Blue | |

In this exercise, a color composite image is created using TM band 4, 3 and 2. The red is assigned to the near infra red band, green to the red and blue to the green visible bands. The created color composite image should give a better visual impression of the imaged surface compared to the use of a single band image.



- Double-click the **ColorComp** operation in the Operations-list.
- Accept the defaults for the **Method** and **Colors**.
- Select the images **Tmb4** for **Red band**, **Tmb3** for **Green band** and **Tmb2** for **Blue band**.
- Click the check box **Show**.
- Type **Tmcc432** in the text box **Output Raster Map** and click **OK**.
- Click **OK** in the **Display - Options** dialog box.
- Repeat the above described procedures and create a pseudo natural color composite, according to the color assignment given in table 6.9 and call the output image **Pseudo**.
- Display both color composites. Add the polygon map **Landuse** to the map windows (display only the boundaries in the black).

Explain the color differences between the two displayed images?



- Close all open map windows when you have finished the exercises.

Summary: Visualizing multi-band images

- The spectral information stored in the separate bands can be integrated by combining them into a color composite. Many combinations of bands are possible. The spectral information is combined by displaying each individual band in one of the three primary colors: Red, green and blue.
- In a False Color Composite (FCC), the red color is assigned to the near-infrared band, the green color to the red visible band and the blue color to the green visible band.