

Hyvät ja huonot tiedostomuodot paikkatietokuville, ja miksi png ja jpeg kuuluvat niihin huonoihin

Jukka Rahkonen, <http://latuviitta.org>

Viimeksi muutettu 25. elokuuta 2012

Lyhennelmä eli lue edes tämä

Png ja jpeg ovat hyvin yleisesti käytettyjä kuvatiedostomuotoja. Ne sopivat erittäin hyvin mm. verkkosivuilla ja julkaisuissa esitettävillä kuvilla sekä digikamerakuvilla. **Sekä png että jpeg ovat kuitenkin osapuilleen huonoimpia mahdollisia vaihtoehtoja suurille paikkatietokuville** (esimerkiksi 10000x10000 pikseliä tai enemmän), kuten rasterikartoille ja ilmakuville.

Eräs hyvä tiedostomuoto isoille paikkatietokuville on sisäisesti laatoitettu tiff, jolle on laskettu valmiiksi yleistetyt, suurempaa pikselikokoa käyttävät versiot. Muitakin hyviä tiedostomuotoja on.

Pienistä kuvista voi olla järkevää lukea joka ikinen pikseli tietokoneen muistiin ja käsitellä niitä sen jälkeen muistista. Hyvin pakkautuvat ja nopeasti avattavat png-, gif- ja jpeg-kuvat ovat parhaita mahdollisia tällaiseen käyttöön.

Esimerkkitapaus: Maanmittauslaitoksen ortoilmakuvien piirtäminen näytölle

Lähtötilanteena on 12x12 kilometrin kokoinen alue, jonka peittämiseen tarvitaan neljä Maanmittauslaitoksen ortoilmakuvaa. Ortoilmakuvien pikselikoko maastossa on 50 senttimetriä ja kuvakoko 12000x12000 pikseliä. Pakkaamattomana yksi tällainen kuva vie tilaa kovalevyiltä tai muistista 144 megatavua ja kaikkien neljän kuvan pitämiseen muistissa tarvitaan jo 576 MT muistia.

Tarkastellaan kolmea esimerkkitilannetta

A: Neljä kuvaa yhteen

Piirretään koko 12000x12000 metrin alue tietokoneen ruudulle 600x600 pikselin kokoiseen karttaikkunaan. Tulokuvan pikselikoko on $12000/600=20$ metriä. Kuvan lähtöaineistona on koko kuvan 1. esittämä näkymä.

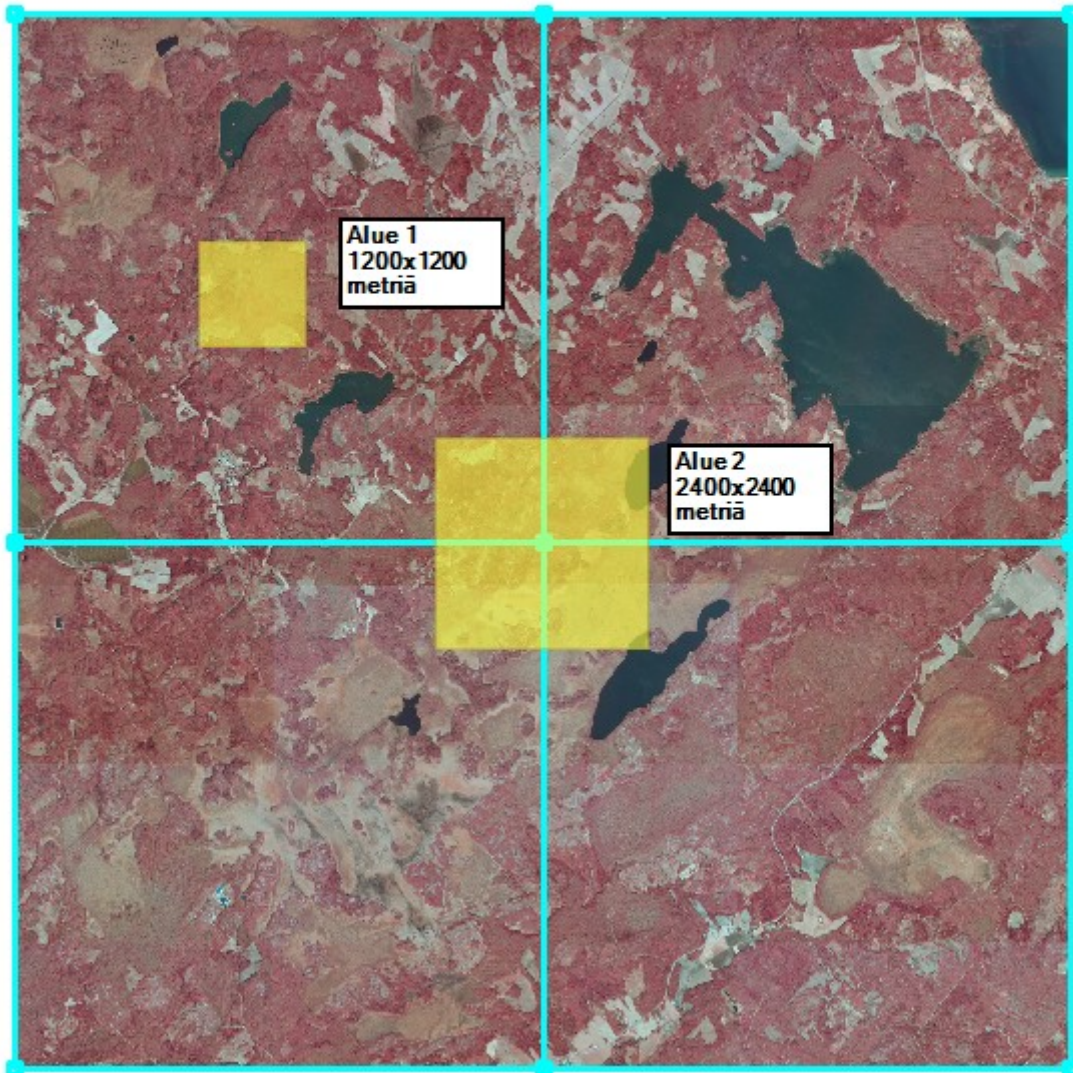
B: Pieni osa yhdestä kuvasta

Piirretään yhden kuvan alueelle osuva 1200x1200 metrin suuruinen alue 600x600 pikselin kokoiseen karttaikkunaan. Tulokuvan pikselikoko $1200/600=2$ metriä. Lähtöaineistona on kuvassa 1. esitetty alue 1.

C: Pieni osa neljän kuvan leikkauskohdasta

Piirretään neljän kuvan alueelle osuva 2400x2400 metrin suuruinen alue 600x600 pikselin kokoiseen karttaikkunaan. Tulokuvan pikselikoko $2400/600=4$ metriä. Lähtöaineistona on kuvassa 1. esitetty alue 2.

Neljä Maanmittauslaitoksen 12000x12000 pikseliä suuruisia ortoilmakuvaa. Pikselikoko 50 cm ja neljän kuvan yhdessä peittämä alue maastossa 12x12 kilometriä.



Kuva 1. Neljän ortoilmakuvan yhdistelmä ja leikattavat alueet

Tutkitaan, mitä tapahtuu, jos lähtökuvat ovat seuraavissa tiedostomuodoissa:

1. Png, gif tai jpeg
2. Tiff, kirjoitettu vaakajuovittain, 12000 pikseliä/juova
3. Tiff, kirjoitettu laatoitettuna, 256x256 pikseliä/laatta
4. Tiff, kirjoitettu laatoitettuna, 256x256 pikseliä/laatta, lisäksi kuvan sisään on laskettu yleistetyt versiot, joilla on seuraavat pikselikoot: 1, 2, 4, 8, 16 ja 32 m

Tapaus 1: Png, gif ja jpeg

Sekä png-, gif- että jpg-pakkausmenetelmät ovat sellaisia, että pakatusta kuvasta on mahdotonta irrottaa pientä aluetta kuvan keskeltä. Molemmat tiedostomuodot on aina purettava kokonaan, ennen kuin yksittäisiin pikseleihin päästään käsiksi.

Tämä merkitsee esimerkkitapauksissa:

A: Neljä png-kuvaa yhteen

Kaikki neljä kuvaa avataan ja niiden pakkaus puretaan. Purkamisen jälkeen käsillä on 24000x24000 pikseliä kuvatietoa, jonka jälkeen puolen metrin pikseleistä lasketaan uudet 20 metrin suuruiset pikselit tulokuvaa varten.

B: Pieni osa yhdestä png-kuvasta

Yksi 12000x12000 pikselin suuruinen kuva avataan ja sen pakkaus puretaan. Purkamisen jälkeen poimitaan 2400x2400 pikseliä, jotka peittävät halutun 1200x1200 metrin alueen maastossa, ja puolen metrin pikseleistä lasketaan uudet 2 metrin suuruiset pikselit tulokuvaa varten.

C: Pieni osa neljän png-kuvan leikkauskohdasta

Kuten tapauksessa A, kaikki neljä kuvaa on avattava ja niiden pakkaus purettava. Purkamisen jälkeen käsillä on 24000x24000 pikseliä kuvatietoa. Näistä pikseleistä valitaan ne 4800x4800 pikseliä, jotka peittävät neljän kuvan alueella osuvan 2400x2400 metrin alueen maastossa. Lopuksi lasketaan puolen metrin pikseleistä uudet 4 metrin suuruiset pikselit tulokuvaa varten.

Tapaus 2: Juovittain kirjoitettu tiff-kuva

Juovittain kirjoitettua tiff-kuvaa (striped) voidaan myös lukea juovittain ja tiedoston keskeltä voidaan poimia juova kerrallaan tietoa ilman, että koko kuvaa on pakko avata. Juova kuitenkin luetaan kokonaisuutena joten kuvan lukemista voidaan rajoittaa vain korkeussuunnassa, mutta ei leveysuunnassa

A: Neljä juovittaista tiff-kuvaa yhteen

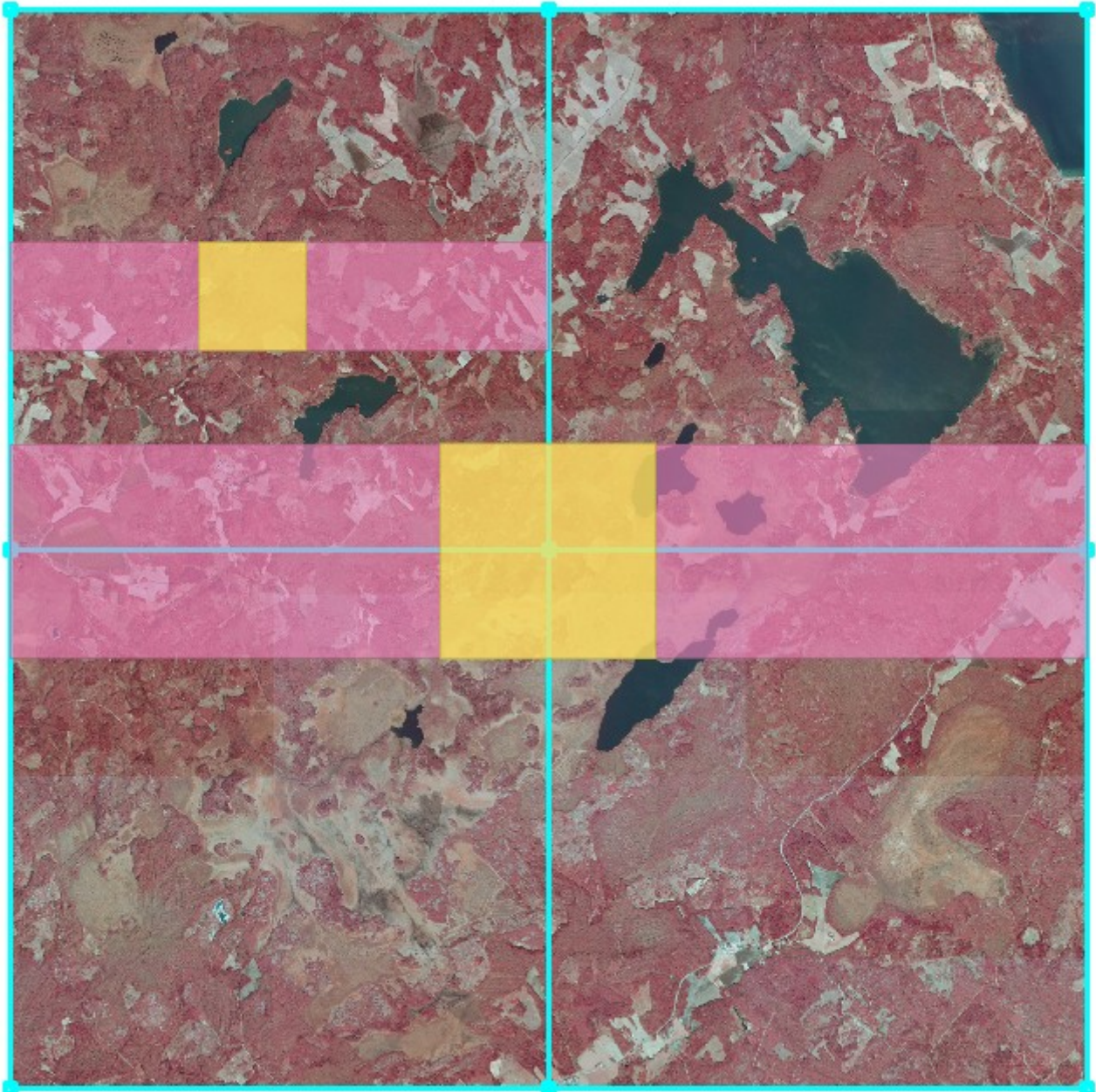
Sama tilanne kuin png- ja jpeg-kuvilla, koska koko neljän kuvan yhdessä peittämä kuva-alue tarvitaan tulokuvalle. Kaikki kuvat siis avataan ja 24000x24000 lähtöpikseliä yleistetään 20 metrin pikselikokoon, jotta saadaan aikaan 600x600 pikselin suuruinen tulokuva.

B: Pieni osa yhdestä juovittaisesta tiff-kuvasta

Alkuperäisestä kuvasta voidaan poimia vain ne 2400 juovaa, jotka tarvitaan tulokuvaa varten. Juovat ulottuvat kuvan laidasta laitaan eli ovat 12000 pikseliä leveitä, joten tiedostosta luetaan tietoa 2400x12000 pikselin verran (kuva 2, ylempi vaaleanpunainen alue). Näistä pikseleistä valitaan edelleen ne 2400x2400 pikseliä, jotka peittävät 1200x1200 metrin alueen maastossa, ja puolen metrin pikseleistä lasketaan uudet 2 metrin suuruiset pikselit tulokuvaa varten.

C: Pieni osa neljän juovittaisen tiff-kuvan leikkauskohdasta

Jokaisesta neljästä kuvasta avataan leveysuunnassa laidasta laitaan ulottuva kaistale, mutta korkeussuunnassa tarvitsee avata vain todella tarvittavat raidat (kuva 2, alempi vaaleanpunainen alue). Tästä valinnasta poimitaan sitten ne 4800x4800 pikseliä, jotka peittävät halutun 2400x2400 metrin alueen maastossa. Lopuksi lasketaan puolen metrin pikseleistä uudet 4 metrin suuruiset pikselit tulokuvaa varten



Kuva 2. Juovittain kirjoitetusta tiff-kuvasta voidaan poimia kuvadataa juova kerrallaan, mutta juovat luetaan laidasta laitaan. Vaaleanpunaisella merkittyjen alueiden pikselit on luettu turhaan, koska vain keltaiset alueet kiinnostavat.

Tapaus 3. Sisäisesti laatoitettu tiff-kuva

Tiff-kuvasta, johon kuvatieto on tallennettu laattamaisina paloina, voidaan poimia tietoa laatta kerrallaan avaamatta koko kuvaa. Tämä merkitsee esimerkkitapauksissa:

A: Neljä laatoitettua tiff-kuvaa yhteen

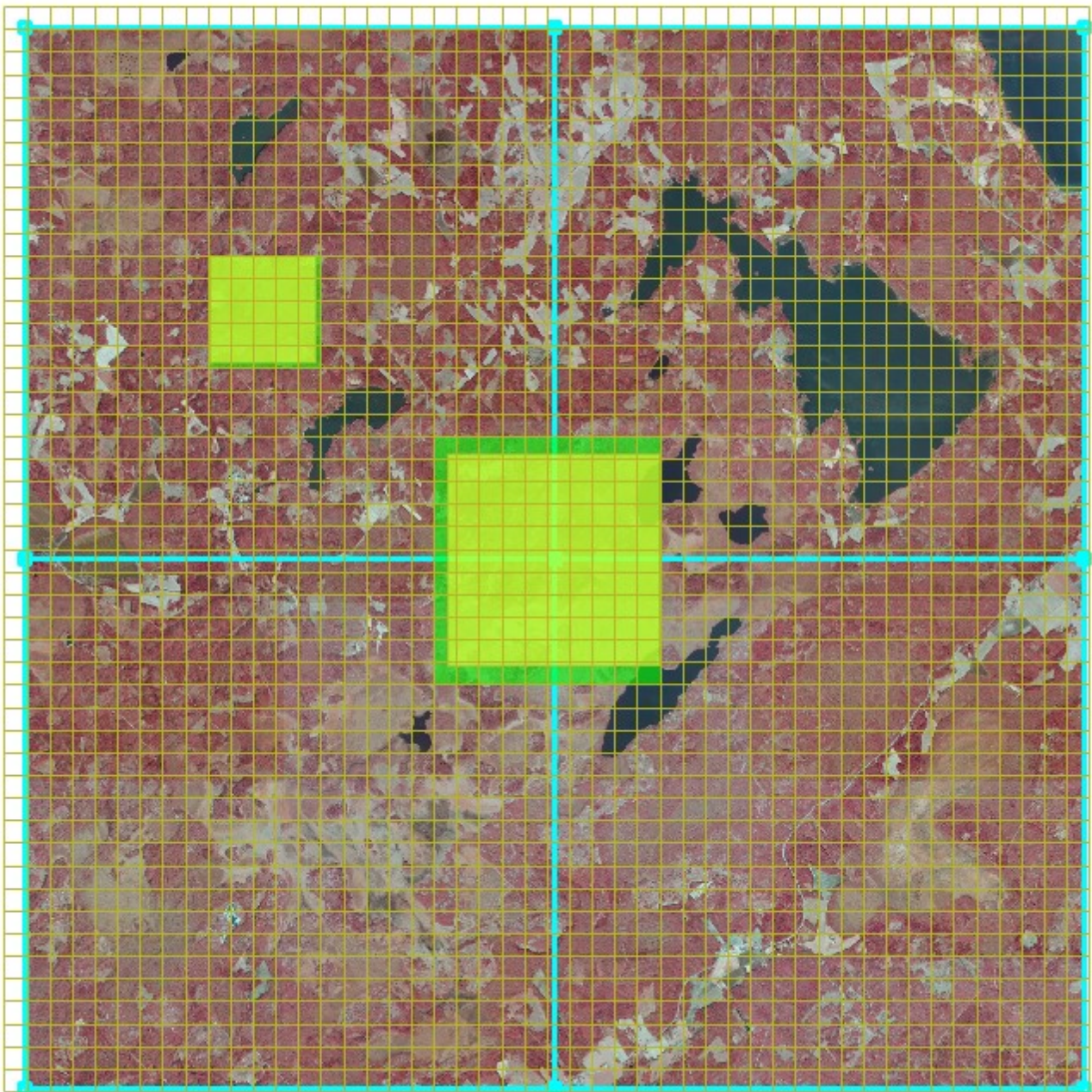
Sama tilanne kuin aikaisemminkin. Kaikki kuvat avataan ja pikselit yleistetään 20 metrin kokoisiksi tuloskuvaa varten.

B: Pieni osa yhdestä laatoitetusta tiff-kuvasta

Yhdestä kuvasta poimitaan vain ne laatat, joiden sisältä löytyy ne 2400x2400 pikseliä, jotka tarvitaan halutun 1200x1200 metrin suuruisen alueen peittämiseen. Esimerkitapauksessa laattoja avataan 100 kpl ja niihin sisältyy yhteensä 2560x2560 pikseliä. Lopulta puolen metrin pikseleistä lasketaan uudet 2 metrin suuruiset pikselit 600x600 pikselin suuruista tuloskuvaa varten.

C: Pieni osa neljän laatoitetun tiff-kuvan leikkauskohdasta

Jokaisesta neljästä kuvasta avataan vain ne laatat jotka tarvitaan. Tässä esimerkissä laattoja valitaan 440 kpl. Niihin sisältyy 5120x5632 pikseliä, joista tuloskuvat tekemistä varten 4800x4800 pikseliä. Ne yleistetään 4 metrin pikselikokoon.



Kuva 3. Laatoitetusta tiff-kuvasta voidaan poimia tietoa laatta kerrallaan, mikä vähentää turhien pikseleiden lukemista. Kuvassa vihreinä näkyvien alueiden pikselit on luettu turhaan keltaisten alueiden kattamiseksi. Vertaa turhan alueen suuruutta kuvaan 2.

Tapaus 4. Sisäisesti laatoitettu tiff-kuva, jonka sisältää yleistetyt versiot

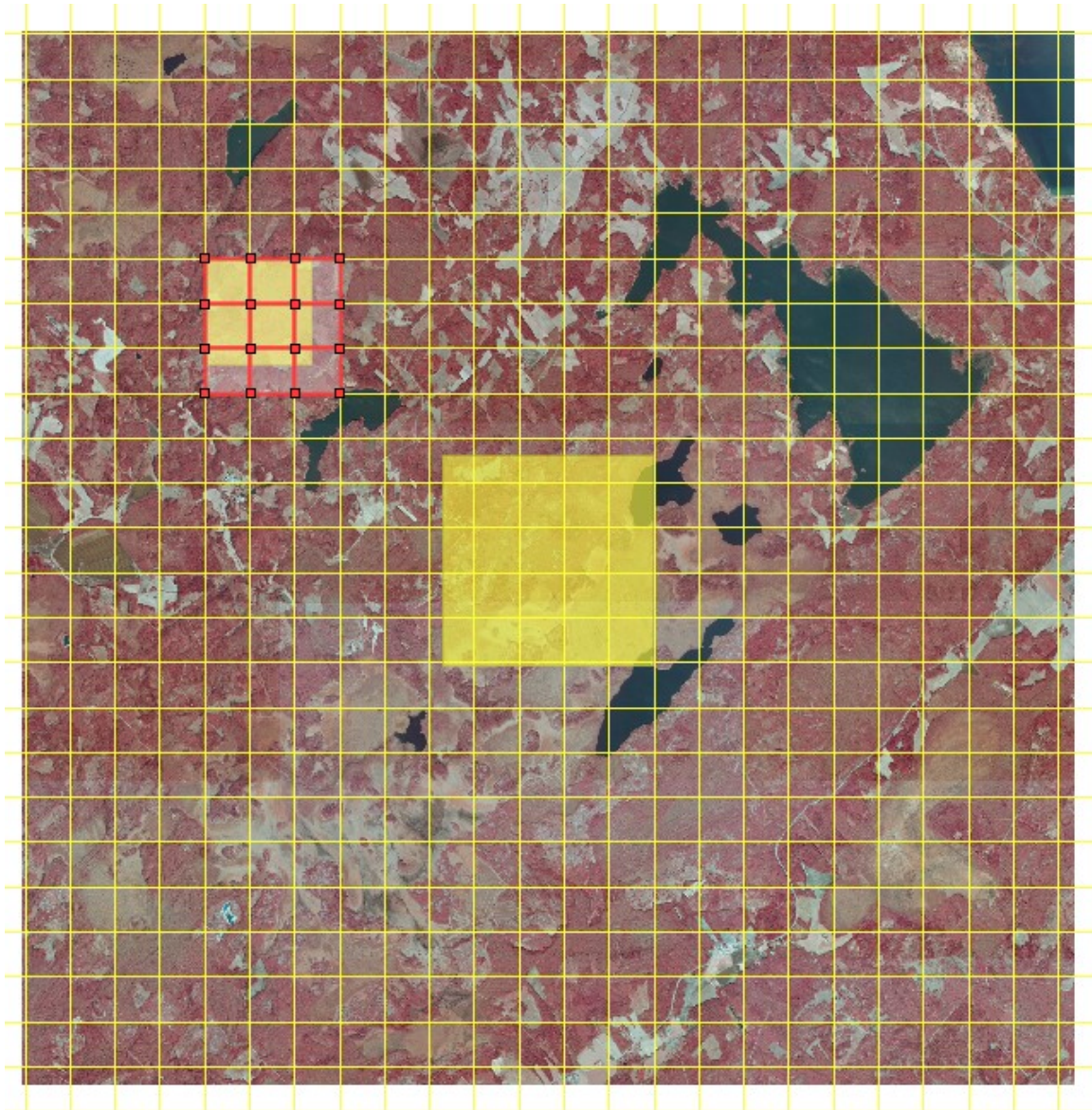
Kuten edellisessä esimerkissä, tiff-kuvasta voidaan poimia vain tarvittavat laatat, mutta tämän lisäksi voidaan suoraan kuvatiedostosta ottaa lähinnä tarvittavaa lopullista pikselikokoa olevat yleistetyt kuvapikselit.

A: Neljä laatoitettua tiff-kuvaa yhteen

Kaikki kuvat on luettava tulokuvaa varten. Koska tulostiedoston pikselikooksi tulee 20 m, niin alkuperäisistä kuvista voidaan poimia lähinnä pienemmän pikselikoon versio, eli 16 m pikselit. Tällä pikselikoolla yksi kokonainen MML-ortokuva on vain 375x375 pikselin suuruinen.

B: Pieni osa yhdestä laatoitetusta tiff-kuvasta

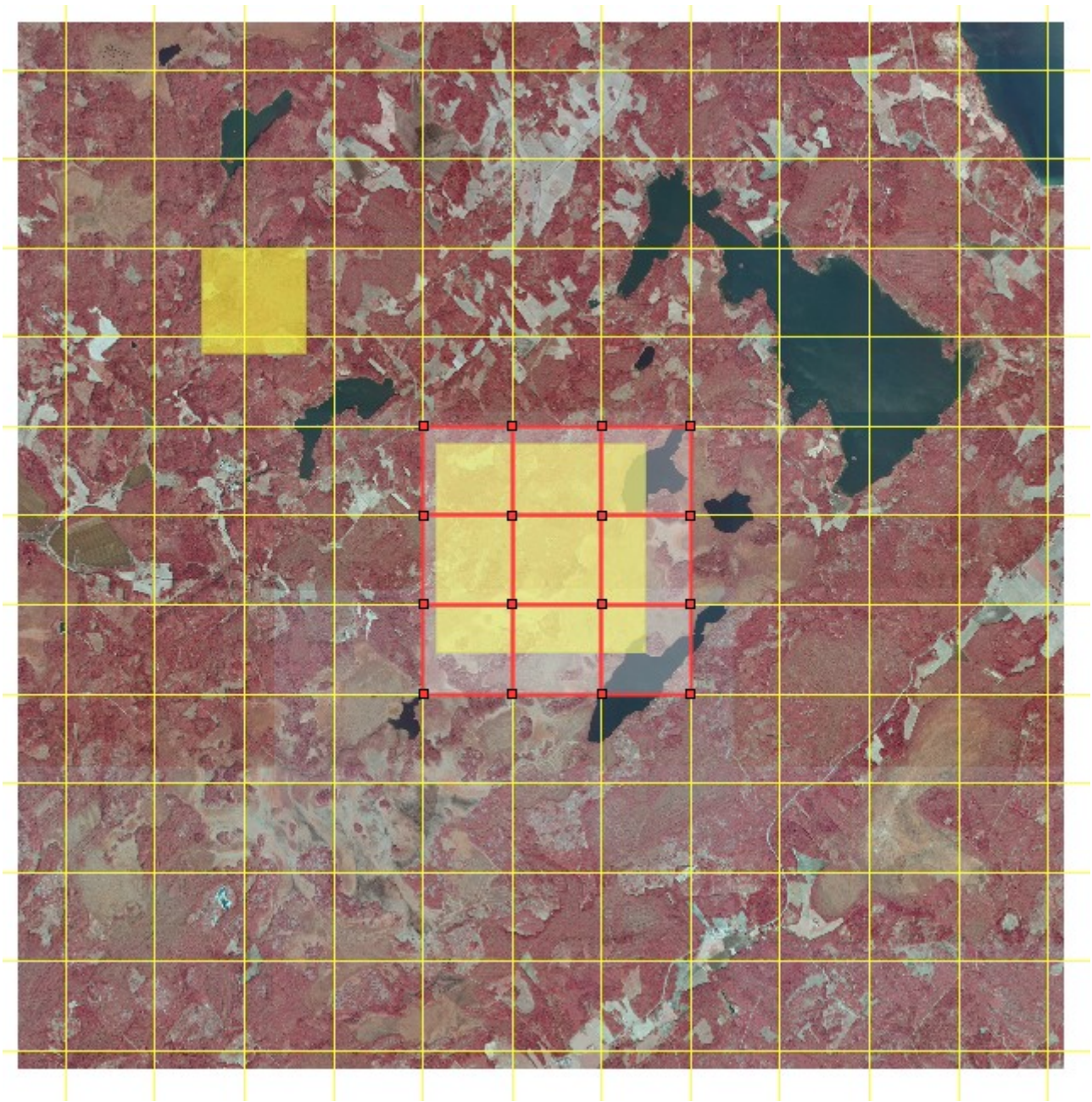
Tuloskuvan pikselikooksi tulee 2 metriä. Lähtökuvasta poimitaan siis 2 metrin resoluution versiosta tuloskuvan leikkaamiseen tarvittavat laatat. 256x256 pikselin laattoja tarvitaan 9 kappaletta (kuva 4.)



Kuva 4. Alueen peittäminen yhdeksällä 256x256 pikselin suuruisella laattalla, joiden pikselikoko on 2 metriä.

C: Pieni osa neljän laatoitetun tiff-kuvan leikkauskohdasta

Tuloskuvan pikselikooksi tulee 4 metriä. Neljästä lähtökuvasta poimitaan siis tarvittavat laatat valmiiksi 4 metrin pikselikoossa. Laattoja tarvitaan 9 kappaletta (kuva 5).



Kuva 5. Alueen peittäminen yhdeksällä 256x256 pikselin suuruisella laattalla, joiden pikselikoko on 4 metriä.

Lasketaan pikseleitä

Alla esitetään tiedostomuodoittain ja esimerkkitapauksittain, kuinka monta kuvapikseliä tietokoneohjelma joutuu avaamaan ja käsittelemään, jotta se saa tehdyksi 600x600 pikselin suuruisen tuloskuvan. Tulokuvaa kirjoitetaan siis 360000 pikseliä

Png, gif ja jpeg -tulokuvaan tarvitaan 360 tuhatta pikseliä

- A 576 miljoonaa käsiteltyä pikseliä
- B 144 miljoonaa käsiteltyä pikseliä
- C 576 miljoonaa käsiteltyä pikseliä

Juovittainen tiff -tulokuvaan tarvitaan 360 tuhatta pikseliä

- A 576 miljoonaa käsiteltyä pikseliä
- B 28,8 miljoonaa käsiteltyä pikseliä
- C 115,2 miljoonaa käsiteltyä pikseliä

Laatoitettu tiff -tulokuvaan tarvitaan 360 tuhatta pikseliä

- A 576 miljoonaa käsiteltyä pikseliä
- B 6,55 miljoonaa käsiteltyä pikseliä
- C 26,2 miljoonaa käsiteltyä pikseliä

Laatoitettu tiff joka sisältää yleistetyt, suurempien pikselikokojen tasot -tulokuvaan tarvitaan 360 tuhatta pikseliä

- A 563 tuhatta käsiteltyä pikseliä
- B 590 tuhatta käsiteltyä pikseliä
- C 590 tuhatta käsiteltyä pikseliä

Muita vaihtoehtoja

Ison kuvan jakaminen pieniin, nopeasti saavutettaviin palasiin ja valmiiksi sopivaan pikselikokoon tehtyjen versioiden tarjoaminen on niin ilmiselvä ratkaisu paikkatietokuvien käyttämiseen, että sama asia on toteutettu moneen kertaan useilla eri nimillä. ERDAS Imaginen .img -tiedostomuoto kuuluu tähän joukkoon, samoin kuin Bentley'n itiff-tiedostomuoto. Myös Ozi Explorerin kuvatiedostomuoto .ozf on samaa perhettä. Yleistetyistä tasoista voidaan käyttää nimiä ”overlay layer” tai ”pyramid layer” tai ”reduced resolution set” ja ne on voitu kirjoittaa kuvatiedoston sisään tai omaan erilliseen kuvatiedostoon, jolla on yleensä sama tiedostonimen alkuosa kuin tarkalla aineistolla, mutta eri tarkenne, kuten .ovr tai .rrd, mutta aina on kyse samasta yksinkertaisesta tavoitteesta: Heti mulle oikeat pikselit oikean kokoisena eikä yhtään enempää. Valmiiksi leikattuja kartanpaloja tarjoavat laattakuvapalvelut toteuttavat samaa ideaa (Tile Map Service TMS, Web Map Tile Service WMTS, Karttapaiikka, OpenStreetMap, Google maps), kuten myös rasterit tietokannassa -ratkaisut (Oracle Georaster, PostGIS Raster, Rasterlite).

Yleistettyjen tasojen lisääminen kasvattaa levytilan tarvetta noin 30 prosentilla, koska täyden resoluution kuvan lisäksi levyille on tallennettava tavalla tai toisella myös suurempien pikseleiden tasot. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa allokkeisiin (wavelet) perustuvien kuvatiedostomuotojen kanssa (JPEG2000, ECW, MrSID ym.). Niiden bittivirta on nimittäin edistynyt, mikä merkitsee sitä, että täyden tarkkuuden kuvadataan sisältyy myös alempien resoluutioiden kuvadata. Bittivirta voidaan katkaista keskeltä, jolloin siihen mennessä luetusta datasta voidaan rakentaa kuva suurista pikseleistä. Kun bittejä luetaan lisää, niin tietoa tulee lisää ja datasta voidaan muodostaa kuva pienemmistä pikseleistä. Yleistettyjen tasojen sisällyttäminen JPEG2000-tiedostoon ei siis maksa mitään, koska ne sisältyvät joka tapauksessa parhaimman tarkkuuden kuvadataan.

(Tämä onnellinen tilanne pitää toki paikkansa vain teoriassa. Resoluutiotasojen löytämiseksi JPEG2000-bittivirrasta sinne täytyy sijoittaa muutamia bittejä lukuohjeeksi, ja jos ne puuttuvat, niin yleistettyjen tasojen käyttäminen ei ole mahdollista. Toisaalta monet JPEG2000-tiedostoja lukevat ohjelmat eivät osaa käyttää yleistettyjä tasoja, vaikka ne olisikin tiedostoon merkitty. Jotkin

niistä rakentavat omat yleistetyt tasot samalla kun JPEG2000-kuva avataan ensimmäisen kerran ja tallentavat ne sivutiedostoon esimerkiksi tiff-muodossa – tårta på tårta.)

Nopeammin, paremmin ja halvemmalla?

Paikka png ja jpeg (kuten myös gif) ovat toivottomia tiedostomuotoja, niin niiden käyttämissä pakkausmenetelmissä ei ole mitään vikaa. Tiffin väitetään usein olevan pakkaamaton tiedostomuoto, mistä syystä tiff-kuvat ovat suuria. Tämä ei pidä paikkaansa. Tiff on vain käärepaperi, ja sen sisälle laitettu kuvadata voi aivan mainiosti olla pakattua. Pakkausvaihtoehtoja on useita, esimerkiksi gif:ssä käytetty LZW, png:n käyttämä ”deflate” tai jpeg-pakkaus. Tiff-tiedosto on mahdollista saada pakkausta käyttämällä aivan yhtä pieneksi kuin gif, png tai jpeg-tiedostokin. Usein se on kannattavaa paitsi levytilan säästämiseksi niin myös nopeuden vuoksi. Joskun nimittäin levyltä lukeminen voi olla hitain vaihe kuvan käsittelyssä, ja silloin pakatut kuvat voivat toimia kokonaisuudessaan nopeammin kuin pakkaamattomat, vaikka prosessori joutuukin työskentelemään enemmän.

Kaikille optimaalista kuvatiedostomuotoa ei ole olemassa. Siksi on syytä varautua siihen, että missä tahansa muodossa kuvia saakaan käsiinsä, niin joka tapauksessa ne on muunnettava joksikin muuksi. Siitä syystä ei ole syytä moittia Maanmittauslaitosta, joka on laittanut tarjolle kuva-aineistoja sekä oikein suurina png-kuvina että juovittain kirjoitettuin tiffeinä. Kumpikaan niistä ei sovi suoraan tehokkaaseen paikkatietokäyttöön, mutta ne ovat niin yleisesti tuettuja muotoja, että käyttäjä pystyy muuntamaan ne joksikin paremmaksi. Esimerkiksi laatoitetut, sisäisesti jpeg-pakkausta käyttävät tiff-kuvat, jotka monilla ohjelmille toimisivat tehokkaasti sellaisenaan, ovat hyvin monille muille ohjelmille täysin käyttökelvottomia.

Myös ohjelmistoissa on eroa. On kuvankäsittelyohjelmia, jotka purkavat kuvan aina kokonaan tietokoneen työmuistiin, vaikka kuvatiedostomuoto tekisi mahdolliseksi muunkinlaisen toiminnan. Toisaalta on olemassa ohjelmia, jotka osaavat lukea pakkaamattomasta, juovittain kirjoitetusta tiff-kuvasta mittakaavan mukaan vain tarvittavat pikselit, esimerkiksi joka kymmenennen pikselin joka kymmenenneltä juovalta, ja siten selviävät pienellä muistin käytöllä, vaikka kuvista puuttuisikin yleistetyt tasot. Esimerkiksi kotimainen Topos-paikkatieto-ohjelmisto 1980-luvulta on tällainen. Kannattaa testata ja etsiä itselleen sopivan ohjelman ja tiedostomuodon yhdistelmä.

Kuinka tehdään nopea ja pienikokoinen GeoTIFF GDAL:lla

Seuraavassa esitetään komennot, joilla voidaan muuntaa Maanmittauslaitoksen JPEG2000-ilmakuva hyvin pakatuksi ja nopeasti toimivaksi GeoTIFF-kuvaksi, jos käytävissä ei satu olemaan ohjelmaa, joka pystyy käyttämään JPEG2000-tiedostomuotoa tehokkaasti

```
gdal_translate -of GTiff -co PHOTOMETRIC=YCBCR -co tiled=yes
-co COMPRESS=JPEG input.jp2 output.tif
gdaladdo --config COMPRESS_OVERVIEW JPEG --config PHOTOMETRIC_OVERVIEW YCBCR
output.tif 2 4 8 16 32 6
```

Näillä komennoilla tehdään puolestaan nopea ja pieni GeoTIFF Maanmittauslaitoksen png-muotoisista rasterikartoista

```
gdal_translate -of GTiff -a_srs epsg:3067 -co tiled=yes --co COMPRESS=DEFLATE
input.png output.tif
gdaladdo --config COMPRESS_OVERVIEW DEFLATE output.tif 2 4 8 16 32 64
```