

RASTERGRAAFIKA

Koostanud: Indrek Zolk

Dokumendi versioon: 4

Kompileerimise kuupäev: 29. detsember 2006. a.



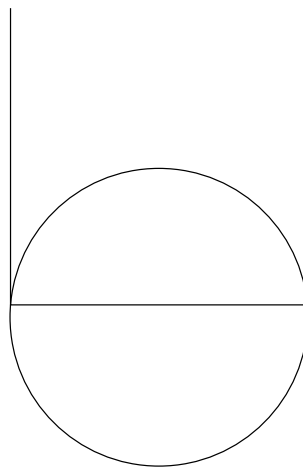
Tartu
2006

Sisukord

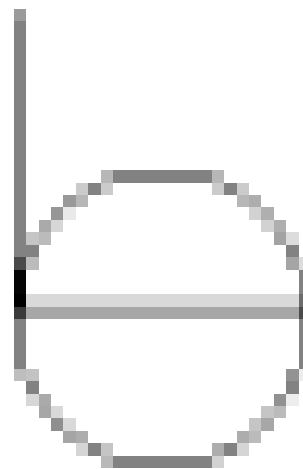
1	Arvutikujutise esitamise viisid	1
2	Värviruumi ehitus	3
2.1	Värvimudelid	3
2.2	Grassmani seadused	5
2.3	Värvirežiimid	6
3	Rastergraafikavormingud	9
3.1	Info pakkimisest	9
3.2	Levinud rastergraafikavorminguid	9
4	Märkimine	12
4.1	Hiirega märkimise vahendid	13
4.2	Märgitud ala teisendamine	13
4.3	Märkimine joonistades	14
4.4	Kontuurid	14
5	Kihid	15
5.1	Kihtide lisamine, kopeerimine, ankurdamine ja eemaldamine	15
5.2	Kihi tuunjus	16
5.3	Kihtide sulandusrežiimid	16
6	Kujutise teisendused	18
6.1	Geomeetrilised teisendused	18
6.2	Optilised teisendused	20
7	Joonistusvahendid	24
	Kordamisküsimused	26

Arvutikujutise esitamise viisid

Kujutisi esitatakse arvutis kahel viisil. Esimene võimalus on vaadelda kujutist koosnevana geomeetristest elementaarobjektidest (punkt, lõik, ellipsi kaar, spline, teksti tähemärk jmt.) ning lubada kasutajal nende parameetreid (asukoht, kuju, joone paksus, värv, täidise värv jne.) muuta. Ühe objekti piires on parameetrid ühetaolised, st. kui tahta joonistada lõiku, millest osa on sinine, osa punane, tuleb tegelikult joonistada kaks lõiku. Taolist objektide kujutamise viisi nimetatakse **vektorgraafikaks**.



vektorgraafika



rastergraafika

Levinud vektorgraafikaprogrammideks on ühelt poolt kujundajatele mõeldud *Adobe Illustrator*, *CorelDraw*, *XFig*¹, *Sodipodi*², teiselt poolt aga joonestajatele orienteeritud *AutoCad*, *ArchiCad*, *MicroStation*, *QCad*³.

Teine võimalus on ristkülikukujulise pildipinna jagamine pisikesteks ruudukesteks – pildipunktideks ehk **piksliteks**⁴. Igal pikslil võib olla oma värvus (ja võib-olla ka läbipaistvus). Kuna pikslid on ruudukujulised, ei esitu kald- ja kõverjooned täpselt. Piisavalt suure lahutusvõime valimisel (st. kui ühe piksli mõõtmed valida piisavalt väikesed) pole säärane moonutus siiski oluliseks probleemiks. Taolist kujutiste esitamise viisi nimetatakse **rastergraafikaks**.

Rastergraafikaprogrammide seas on laiema levikuga *Adobe Photoshop*, *Corel PhotoPaint*,

¹<http://www.xfig.org>

²<http://www.sodipodi.com>

³<http://www.ribbonsoft.com/qcad.html>

⁴ingl. k. *picture element* – pildipunkt

GIMP⁵, ImageMagick⁶, Paint.

On küllalt selge, et jooniste esitamiseks sobib paremini vektorgraafika – juba objektide ümberpaigutamine ja omaduste muutmine on tunduvalt lihtsam, samuti tagab vektorgraafika kõrgema kujutise kvaliteedi (kuna pole vajadust tegelda kujutise lähendamisega piksliruudustikule).

Samas fotode ja joonistuste tarvis on parem valik rastergraafika, juba seetõttu, et tüüpiliselt toimub nende kujutiste arvutisse toomine skaneeriva elemendi abil (skannerid, digitaalkaamerad jne.). Skaneerivad elemendid loevad aga kujutist ridahaaval, jagades rea elementaarpunktideks. Niiviisi tekib loomulikult viisil rasterpilt.

Vektorgraafika teisendamine rastergraafikaks on lihtne ja seda võimalust pakuvad pea kõik vektorgraafikaprogrammid; loomulikult kald- ja kõverjooned, samuti tekstid moonduvad pöördumatult seoses surumisega piksliruudustiku „raamidesse“. Teistpidine operatsioon: tunda pildipunktidest (rastergraafika) lähtuvalt ära lõigud, kaared jne. (vektorgraafika), on arvuti jaoks vaeviline. Seda tegevust nimetatakse **trasseerimiseks**. Tuntud trasseerivateks programmideks on *Adobe StreamLine*, *CorelTrace*, *AutoTrace*⁷ jpt. Näitena esitame programmi *AutoTrace* väljundi, kui selle sisendisse antakse TKUG logo rasterpildina.



rasterkuju



trasseerimise tulemus: vektorkuju

Veebis esitatav graafika on pea sajaprotsendiliselt rastergraafika. Üksikute erandite hulka kuuluvad *Macromedia* plugina poolt näidatavad *flash*-vormingus animatsioonid, PDF-vormingus dokumendid ning uuemal ajal ka vektorgraafikavormingus SVG⁸ esitatud joonised. Käesolevas õppevahendis piirdume rastergraafikaga, püüdes siiski käsitleda mitte ühtki konkreetset programmi, vaid üldpõhimõtteid.

⁵<http://www.gimp.org>

⁶<http://www.imagemagick.org>

⁷<http://autotrace.sourceforge.net>

⁸*Scalable Vector Graphics*

Värviruumi ehitus

Värviruumi käsitlemisel saame eristada

- 1) viisi, kuidas värvustest mõelda (**värvimudel**, *color model*);
- 2) viisi, kuidas värvuseid arvutis esitada (**värvirežiim**, *color mode*).

Tutvume järgnevas levinumate värvimudelite ja -režiimidega.

2.1. Värvimudelid

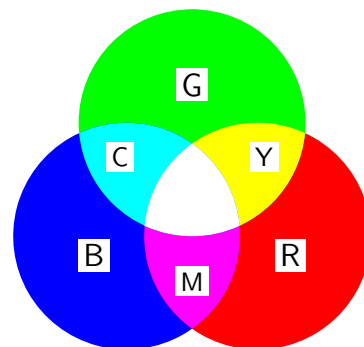
2.1.1 Aditiivne värvimudel

Aditiivse mudeli korral tuleb värvusi ette kujutada kui *prožektorite valgusvihkude liitumise tulemust*. Mudelis kasutatakse kolme põhivärvust: R (punane, *red*, *красный*), G (roheline, *green*, *зелёный*) ja B (sinine, *blue*, *синий*).

- $R + G =$ kollane
- $G + B =$ tsüaan
- $B + R =$ magenta

Kõigi kolme värvuse liitmisel saame valge värvuse (valgusvihu). Näiteks siis ka kollane + sinine = valge jne.

Aditiivset mudelit kasutatakse valgustuses, videotehnikas ja monitoride (TV-ekraanide) puhul. Värvus tekitatakse siin aktiivsel meetodil – ise kiirgamise teel.



2.1.2 Subtraktiivne värvimudel

Subtraktiivse mudeli korral tuleb värvusi ette kujutada kui *trükitud põhivärvuste segunemisel tekkivat peegeldavat pinda*. Kui valge valgus kohtab trükivärvi, neeldub osa värvispektrist trükivärvikihis ja see osa, mis ei neeldu, peegeldub tagasi vaatajale.

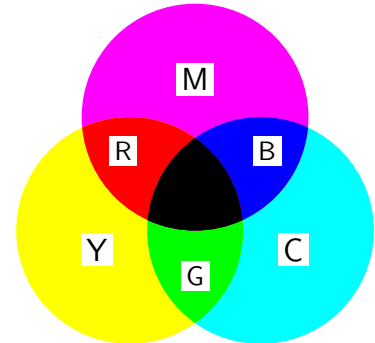
Põhivärvusi on kolm: C (tsüaan, *cyan, голубый*), M (magenta, *magenta, пурпурный*) ja Y (kollane, *yellow, желтый*).

Tsüaaniga kaetud pind neelab pealelangevast valgest valgusest täielikult ära punase valguse, magentaga kaetud pind rohelise ja kollasega kaetud pind sinise valguse. Põhivärvuste segamisel saadakse seega järgmised värvused:

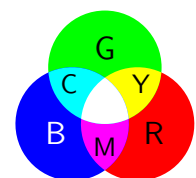
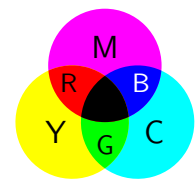
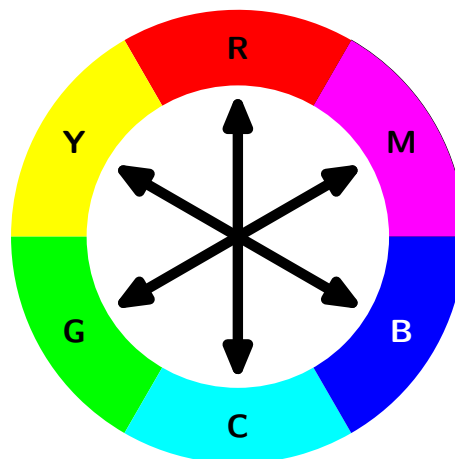
- C + M = sinine (sest neelatakse nii punane kui roheline)
- C + Y = roheline (sest neelatakse nii punane kui sinine)
- M + Y = punane (sest neelatakse nii roheline kui sinine)

Kuna trükivärv ei ole kunagi absoluutselt puhas, annavad need värvid 100%-liselt teineteise peale trükituna tulemuseks määrdunud pruuni. Seetõttu on tõelise musta trükkimiseks ja pildi tumedate osade parandamiseks põhivärvuste komplektile lisatud K (must, *key v. black, чёрный*).

Subtraktiivne mudel on kasutusel trükitehnikas. Värvus tekitatakse siin passiivsel meetodil – (valgest) langevast valgusvihust sobiva osa neelamise teel.



Värviring Mõlema mudeli värvustest kokku saab moodustada **värviringi**, kus iga värvus on saadav tema kõrval asuvate värvuste liitumise tulemusena mingis mudelis. Taolisel ringil asuvad teineteise vastas **täiendvärvused**. Täiendvärvuste paarideks on seega punane-tsüaan, roheline-magenta ja sinine-kollane. *Täiendvärvuste liitumine aditiivses mudelis toob kaasa valge valgusvihu, liitumine subtraktiivses mudelis aga musta pinna.*



Värviring täiendvärvustega

Täiendvärvuste vahel on kõige silmatorkavam värvuskontrast. Näiteks kui kollasele taustale on tarvis asetada võimalikult silmatorkav tekst, tuleks tekst teha siniseks, et ta kõige paremini eristuks.

2.1.3 HSV värvimudel

Mudelis on värvuse parameetriteks toon (*hue*), küllastumus (*saturation*) ja heledus (*value*). Kuna heledust tähistatakse ka sõnaga *brightness*, on mudeli nimeks tihti hoopis HSB.

Toon iseloomustab, mis värvi vaadeldav värvus on, st. tegemist on nähtava valguse spektri nivooga. Esitatakse kraadides $0^\circ \dots 360^\circ$: kohal 0° seisab punane, kohal 120° roheline ning kohal 240° seisab sinine.

Küllastumus iseloomustab, kui puhta värvusega on tegemist. Täielikult küllastunud värvus vastab täielikult teda määravale toonile. Küllastumuse vähenedes muutub värvus järjest rohkem halliks. Küllastumuse null-nivoool on toon täielikult kadunud, tegemist on mingi halltooniga e. **akromaatilise värvusega**. Küllastumust esitatakse protsentides $0\% \dots 100\%$.

Heledus iseloomustab intensiivsust, millega valgusenergia silma retseptoreid ärritab. Heleduse null-nivoool tajume mistahes värvust mustana, heleduse maksimumnivoool värvust maksimaalselt heledana. Heledust esitatakse protsentides $0\% \dots 100\%$. Akromaatilise värvuse ainus iseloomustav parameeter ongi heledus.

Küsimus Mida aitavad meelde jätta laused: „Peremees ootab kitselt raha, sulane tema liha.“, „Roy G. Biv“, «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан.»?

Vastus. Spektrivärvide järjestust: punane, kollane, oranž, kollane, roheline, sinine, tumesinine, lilla.

2.2. Grassmani seadused

Värviruumi seadused formuleeris saksa matemaatik H. G. Grassman 1853. aastal.

- 1) *Värviruum on kolmemõõtmeline.* Põhivärvusteks võime valida suvalised kolm värvust (või parameetrit) tingimusel, et nad ei ole üksteisest saadavad.
- 2) *Värvusi võib omavahel liita osavärvuste kaupa.* Olgu näiteks antud RGB-mudeli värvused $C_1 = (r_1, g_1, b_1)$ ja $C_2 = (r_2, g_2, b_2)$. Siis $C_1 + C_2 = (r_1 + r_2, g_1 + g_2, b_1 + b_2)$. Sama kehtib ka kõigis teistes mudelites.
- 3) *Värviruum on pidev.* See tähendab, kui üht kolmest osavärvusest muuta pidevalt, aga teised jätta paigale, muutub tulemus pidevalt.

2.3. Värvirežiimid

2.3.1 Must-valge režiim

Must-valget režiimi (*black-and-white*, *черно-белый*) nimetatakse ka 1-bitiseks režiimiks (sest iga piksli olekut saab kirjeldada 1 bitiga). Eksisteerib kaks värvust: must ja valge. Režiimi sobib kasutada kõrge lahutusvõimega mustvalgete jooniste jaoks.

Mustvalgete jooniste kujutamisel madalal lahutusvõimel (näiteks veebis) on sobivam halltoonides või (piisava arvu värvustega paletti kasutav) indekseeritud režiim. Seda põhjusel, et kumerate ja kaldjoonte (tähestiku tähed, püstsest ja rõhtsest erinevad sirgjooned jne) servad näevad madalal lahutusvõimel välja sakilised ning nõuaksid parema väljanägemise saavutamiseks servade pehmendamist. Pehmendamine aga vajab halltoonide olemasolu, mida mustvalge režiim ei võimalda.

2.3.2 Halltoonides režiim

Halltoonides režiimis (*grayscale*, *grayscale*) eksisteerib teatud arv (tavaliselt $2^8 = 256$ – nii on iga piksli olek kirjeldatav 8 bitiga e. 1 baidiga) halltoone mustast valgeni. Lihtne on halltoonides režiimi ette kujutada kui HSV-mudeli rakendust, mille parameetritest on alles jätud ainult heledus (toon ja küllastumus on kõrvaldatud).

Ülesanne. Kui suur on pildi ligikaudne maht baitides, kui valitud on 8-bitine halltoonides režiim, pilt on pakkimata ning pildil on piksleid 500 korda 700? Teada on, et 8 bitti = 1 bait.

Lahendus. Piksleid on pildil $500 \cdot 700 = 350000$. Kuna 1 piksel vastab 8 bitile = 1 baidile, siis on pildi maht 350000 baiti ehk 350 kilobaiti. \square

Halltoonides kujutise kvaliteedi määravad ainult pikslite heledused (toonil ja küllastumusel pole mingit tähtsust, sest halltoonides režiimis neid parameetreid ei eksisteeri). Järelikult on halltoonides režiimis heade tulemuste saamiseks vajalik jälgida, et kasutatav lähtekujutis oleks piisavalt kontrastne.

Tuntakse ka nn. mitmevärvilist halltoonides režiimi (*duotone*), kus üks komponent on küll valge, aga teine (teised) mingi mustast erinev värvus. Kasutatakse jälle ühtlast 8-bitist skaalat valgest selle (nende) värvus(te)ni. Selle režiimi abil saab lihtsasti koostada „punavalgeid“, „sinivalgeid“ jne. kujutisi.

2.3.3 RGB-režiim

Režiim põhineb RGB värvimudelil.

Värvuskoodi mask on #RRGGBB, see tähendab, esimesed kaks kohta on punase nivoo, järgmised kaks roheline ja viimased kaks sinise nivoo jaoks. Koodid kasutavad 16-ndsüsteemi, milles on 16 numbrit, 0 kuni F (numbrid $A = 10, B = 11, \dots, F = 15$).

Teisendusvalem: $xy_{16} = 16 \cdot x + y$

Niiviisi on näiteks värvusel #2A00F3 punase nivoo $2A_{16}$ ehk $16 \cdot 2 + 10 = 41$, roheline nivoo 0 ja sinise nivoo $F3_{16}$ ehk $16 \cdot 15 + 3 = 243$.

Minimaalseks nivooks on 00_{16} , maksimaalseks aga FF_{16} . Vastavad kümnendsüsteemi väärtused tulevad $16 \cdot 0 + 0 = 0$ ja $16 \cdot 15 + 15 = 255$.

Näiteks musta värvuse saame koodiga #000000 (kõik „prožektorid“ välja lülitatud), valge aga koodiga #FFFFFF (kõik sisse lülitatud). Punane on #FF0000 jne, kollane #FFFF00 (st. punase ja roheline aditiivne liitmine) jne.

Ülesanne. Millised on RGB-režiimi värvuskoodiga #34C80D määratud värvuses punase, roheline ja sinise nivood kümnendsüsteemis (st. skaalal 0 kuni 255)?

Lahendus. Punase nivoo on $16 \cdot 3 + 4 = 52$, roheline nivoo $16 \cdot 12 + 8 = 200$ ja sinise nivoo $16 \cdot 0 + 13 = 13$. □

Ülesanne. Milline on RGB-režiimi värvuskoodiga #FFA70C määratud värvuse täiendvärvuse kood?

Lahendus. Kuna #FFA70C punase nivoo on 255, roheline nivoo 167 ja sinise nivoo 12, siis täiendvärvuse punase nivoo on $255 - 255 = 0$, roheline nivoo $255 - 167 = 88$ ja sinise nivoo $255 - 12 = 243$ (kasutasime seda, et värvuse ja täiendvärvuse aditiivne liitmine annab valge värvuse). Järelikult on täiendvärvuse kood #0058F3. □

Taoline värvuskood võimaldab anda igale pikslile

$$256 \cdot 256 \cdot 256 = 256^3 = (2^8)^3 = 2^{24} = 2^4 \cdot (2^{10})^2 \approx 16 \cdot (10^3)^2 = 16 \cdot 10^6$$

erinevat värvust (kasutasime seda, et $2^{10} = 1024 \approx 1000 = 10^3$), seetõttu nimetatakse (8-bitist) RGB režiimi ka 24-bitiseks režiimiks (kuna iga piksli olek on kirjeldatav 24 biti ehk 3 baidiga), 16 miljoni värvi režiimiks või *truecolor*-režiimiks.

Ülesanne. Milline on pildi ligikaudne maht baitides, kui kasutatakse RGB-režiimi, iga kanali jaoks eraldatakse 8 bitti, pilt on pakkimata ja pildil on piksleid 100 korda 150? Teada on, et 8 bitti = 1 bait.

Lahendus. Piksleid on pildil $100 \cdot 150 = 15000$. Kuna 1 piksel sisaldab 3 värvikanalit, millest igaüks vastab 8 bitile = 1 baidile, siis vastab 1 pikslile kokkuvõttes 3 baiti. Pildi maht on niisiis $3 \cdot 15000 = 45000$ baiti ehk 45 kilobaiti. □

2.3.4 CMYK režiim

Režiim põhineb CMYK värvimudelil. Põhivärvuste nivood esitatakse protsentidena.

Kasutatakse värviliste kujutiste trükkimiseks. Silmas tuleb pidada, et CMYK-režiimis olev fail on mahukam (kolme põhivärvuse asemel neli) vastavast RGB-režiimi failist. Seetõttu tasub **värvilahutus** e. teisendus RGB-režiimist CMYK-režiimi viia läbi pärast pilditöötlust.

Iga režiimiteisendus RGB→CMYK ja vastupidi kaotab ning muudab värvusi. Seetõttu tuleb värvilahutus läbi viia ainult üks kord.

2.3.5 Muud režiimid

Ei RGB- ega CMYK-režiimi **värviavarus** (*gamut*) ole piisav *kõigi* nähtavate värvuste esitamiseks. Seetõttu on välja töötatud režiim *Pantone*, milles saab esitada ka neid värvusi, mida silm küll näeb, kuid mis ei esine ei RGB- ega CMYK-režiimis.

Suhtumine „ideaalsesse“ nahavärvi (eurooplastel kahvatu asemel kergelt päevitunud jms) on tinginud CMYK-režiimi värvide mõningase muutmise. Nii on tekkinud režiimid *Euroscale* (Euroopa), *Toyo-ink* (Jaapan) ja *SWOP* (USA). Põhjuseks on: esimene, mida trükitud pildil vaadatakse, on inimesed ja nende nähtav ihupind.

2.3.6 Indekseeritud režiim

Pildi indekseerimine (indexing) tähendab seda, et (ruumi kokkuhoiu eesmärgil) koostatakse (kuni 256) erinevast värvusest **palett** (palette, *paletta*) ning kõik muu värvusega piksliid teisendatakse ka mingiks paletivärvuseks. Niiviisi pildi värvuseline koostis tõenäoliselt muutub (kui algselt oli rohkem kui 256 värvust või kui palett pole valitud otstarbekalt), aga iga piksli jaoks kulub ülimalt 8 bitti (1 bait).

Kui indekseerimine üldse läbi viia, siis viimase tegevusena pildi töötlemisel, kuna pärast indekseerimist ei saa enam taastada esialgseid värvusi.

Sujuvad üleminekud võivad otsese indekseerimise käigus muutuda väga järskudeks. Selle vastu aitab **virvtoonimine** (*dithering*), mille jaoks eksisteerib erinevaid algoritme.

On olemas 216 värvusest koosnev palett (nimetusega *web*), millesse indekseeritud pildid peaksid välja nägema ühesugused kõigis veebilehitsejates mistahes platvormil.

Ka must-valgesse režiimi teisendamine on tegelikult indekseerimine, tegemist on kahevärvilise (must, valge) paletiga (nn. 1-bitine palett). Niisiis on must-valge režiim tegelikult indekseeritud režiimi erijuht.

Kaasajal on ülekandekiirused arvutivõrkudes piisavalt suured ning ilmunud piisavalt head pakitud pildivormingud, et indekseerimisest kui kadudega töövahendist võiks täielikult loobuda (välja arvatud veebianimatsioonid).

Rastergraafikavormingud

3.1. Info pakkimisest

Graafiline info, eriti paljude värvustega režiimidel (24-bitised ja kõrgemad), on küllaltki mahukas. Seetõttu on töötatud välja menetlusi info pakkimiseks ja lahtipakkimiseks töö käigus. Praktikas tähendab see, et faili avamisel toimub lahtipakkimine, graafikaprogrammi töö ajal asub kujutis mälus pakkimata kujul ning salvestamisel viiakse läbi kokkupakkimine.

Pakkimine tuleb graafilise info puhul kõne alla nii kadudeta kui kadudega kujul.

Kadudeta pakkimine (lossless compression) tähendab seda, et pildi salvestamisel ja taastamisel saadakse tagasi täpselt selline kujutis nagu oli enne salvestamist.

Kadudega pakkimine (lossy compression) tähendab seda, et pildi salvestamisel saadud tulemus võib erineda originaalist.

Kadudega pakkimine tuleb kõne alla fotode puhul, kus võib teha mõningaid mööndusi kujutise muundumise osas (inimsilm ei suuda sujuva ülemineku korral 16 miljoni värvi kasutamisel lähedasi värvusi niikuinii eristada). Kasutaja saab salvestamisel ise valida muundumise määra; muidugi, mida kõrgem kvaliteet, seda mahukam fail. Siiski ei soovitata kadudega pakkimist kasutada piltide töötlemise ajal ning joonistuste ja jooniste korral üleüldse (st. sobivaks rakenduseks jääb ainult fotode lõppväljund).

Kadudega pakkimise algoritmid annavad mitu korda väiksemad pildifailid kui kadudeta pakkimisel.

3.2. Levinud rastergraafikavorminguid

- **Bitmap – .bmp**

Toetab must-valget, halltoonides ja RGB-režiimi. Ei toeta kihte, läbipaistvust ning ka mitte CMYK-režiimi, seetõttu peetakse seda tänapäeval tegelikult tööks kõlbmatuks. Kasutatakse tavaliselt pakkimata, mõnikord ka kadudeta pakitud kujul.

- **Tagged Image File Format – .tif**

Universaalne vorming pildi kvaliteeti säilitavaks töötuseks; toetavad kõik tarkvarapaketid. Skaneerides on pilt mõistlik salvestada (kadudeta pakkimisega) TIFF-vormingus ning kihtide puudumisel töötada selles kuni lõppväljundi andmiseni. Trükiettevalmistuses levinuim vorming; ükski veebilehitseja seda vormingut ei toeta. Kasutatakse pakkimata, kadudeta või kadudega pakitud (JPEG) kujul.

- **Adobe Photoshop Document – .psd**

Tarvitada siis, kui on vajalik töötada kihtidega. Teistele kasutajatele edasiandmisel peab olema kindel, et neil on tarkvara, mis on võimeline selles vormingus faile lugema. Ükski veebilehitseja seda vormingut ei toeta; tegemist on rastergraafikapaketi *Adobe Photoshop* vaikevorminguga. Kasutatakse kadudeta pakitud kujul.

- **eXperimental Computing Facility – .xcf**

Tarvitada siis, kui on vajalik töötada kihtidega. Teistele kasutajatele edasiandmisel peab olema kindel, et neil on tarkvara, mis on võimeline selles vormingus faile lugema. Ükski veebilehitseja seda vormingut ei toeta; tegemist on rastergraafikapaketi *GIMP*¹ vaikevorminguga. Kasutatakse kadudeta pakitud kujul.

- **Joint Photographic Experts Group – .jpg**

Kasutab ainult kadudega pakkimist. Selles vormingus töötamisel läheks pakkimiskadude tõttu pidevalt infot kaduma. Seetõttu tuleks JPEG-vormingut kasutada ainult lõppväljundi andmisel. Moonutuse määr tuleb valida hoolikalt, pidades silmas lubatud failisuurust ja pildi visuaalset kvaliteeti. Põhiliseks kasutusalaiks fotode esitamine veebis. *Jooniste esitamiseks pakkimiskadude tõttu täiesti sobimatu*. Trükiettevalmistuses tuleb valida väga kõrge kvaliteedimäär või seda vormingut üldse mitte kasutada. Toetab nii RGB- kui CMYK-režiimi; viimase kasutamisel pilt veebilehitsejas ei avane.

- **CompuServe Graphics Interchange Format – .gif**

Toetab ainult halltoonides ja indekseeritud režiimi, värvifotode töötlemiseks seetõttu sobimatu. Kasutatakse põhiliselt veebigraafika jaoks (järskude üleminekutega kujutised) ning pisianimatsioonide tarvis (pildi kihid osutuvad kaadriteks). Staatiliste piltide esitamisel veebis kaaluda tõsiselt PNG-vormingu eeliseid. Kasutatakse kadudeta pakitud kujul.

- **Portable Network Graphics – .png**

Sobib nii töötuseks kui ekraanil nähtavate kujutiste lõppväljundiks. Veebi jaoks eriti sobiv heade läbipaistvuse omaduste tõttu (parem kui GIF-vormingul). Toetab nii halltoonides, RGB- kui ka indekseeritud režiimi. Trükiettevalmistuse lõppväljundiks ei sobi, sest ei toeta CMYK-režiimi. Kasutatakse kadudeta pakitud kujul.

¹<http://www.gimp.org>

- **Encapsulated PostScript – .eps (pildiline PostScript)**

Võimaldab ka vektorkujul infot talletada, st. ei ole tegelikult rastervorming. Universaalne vorming kujutiste ülekandeks ühest programmist ja süsteemist teise. Lõppväljundina kasutatakse trükiettevalmistuses ja kvaliteetdokumentide esitamiseks veebis (lehekülje kujundus fikseerub). Lugemiseks vajalik täiendav programm (*ghostview, GSView* vmt.)

- **Portable Document Format – .pdf**

Võimaldab ka vektorkujul infot talletada, st. ei ole tegelikult rastervorming. Universaalne vorming kujutiste ülekandeks ühest programmist ja süsteemist teise. Lõppväljundina kasutatakse trükiettevalmistuses ja kvaliteetdokumentide esitamiseks veebis (lehekülje kujundus fikseerub). Lugemiseks vajalik täiendav programm (*Acrobat Reader, xpdf, ghostview, GSView* vmt.)

Ülesanne Koosta ja täida rastergraafikavormingute tabel, milles on järgmised veerud: vorming, faililaiend, kasutusala, pakkimistüüp, värvirežiim, kihtide toetus, läbipaistvuse toetus. Siit puuduva info leiad internetist otsimootorite abil või mõnes rastergraafikaprogrammis katsetamise teel.

Märkimine

Märkimiseks (select) nimetatakse teatud pikslite väljavalimist selleks, et järgnevat töötussammu viia läbi ainult väljavalitud pikslitega. Väljavalitud pikslite kogumit nimetatakse **märkealaks** (selection).

Märkimisel on oluline silmas pidada, kuidas märgitud alal olevat pildiosa edaspidi kasutatakse. Mõnikord sobib märkeala edasi kasutada järsu servaga, tavaliselt tuleb aga servad **voorderdada** (*feather*).







voorderdamata voorderdatud

Piisab mõne- või mõnekümne pikslisest voorderdisest, et ebatäpsest märkimisest tingitud konarused vähemärgatavaks muuta.

Leidub ka muid (mittevoorderdavaid) vahendeid märkejoone silumiseks. Kuigi need ka parandavad ebatäpsest märkimisest tingitud vigu, jätavad nad märkeala serva siiski järsuks.



Hulgateoreetilised **märkimisrežiimid** on:



-  asendusrežiim – eelneva märkimise eemaldamine ning uue märkimise tekitamine;
-  ühendirežiim – eelneva märkimise ja uue märkimise hulgateoreetiline ühend (teisisõnu, uus märkimine liidetakse olemasolevaga), tihti saadav tõsteklahvi **[Shift]** abil;
-  vaherežiim – eelneva märkimise ja uue märkimise hulgateoreetiline vahe (teisisõnu, olemasolevast märkimisest lahutatakse uus märkimine maha), tihti saadav juhtklahvi **[Ctrl]** abil;
-  ühisosarežiim – eelneva märkimise ja uue märkimise hulgateoreetiline ühisosa (teisisõnu, alles jäetakse olemasoleva märkimise ja uue märkimise ühine osa), tihti saadav tõste- ja juhtklahvi **[Shift]** + **[Ctrl]** samaaegsel vajutamisel.


Kõik rastergraafikaprogrammid sisaldavad valikuid *märgi kõik* (*select all*), *tühista märkimine*

(*deselect* või *select none*) ning *inverteeri märkimine* (*invert selection*). Viimane tähendab märkimise muutmist vastupidiseks – see, mis enne oli märgitud, muutub mittemärgituks ja see, mis mittemärgitud, muutub märgituks.

4.1. Hiirega märkimise vahendid

Märkimine **kujundi järgi** (*marquee*) võimaldab märkida kas ristkülikukujulise  või elliptikukujulise  pinnaosa. Tavaliselt on olemas võimalus märkida ruutu või ringjoont (st. korrapärasest erijuhtu). Korrapärase kujundi saamine toimub tüüpiliselt juhtklahvi **Ctrl** või tõsteklahvi **Shift** allhoidmise abil.

Märkimine **rajajoone järgi** (*lasso*) võimaldab märkida vaba käega  (hiirega tuleb ümbritseda märgitav piirkond) või „magnetilisel“  viisil (hiirega ümbritsemisel üritab programm tajuda, kust võiks kulgeda pildil kujutatava eseme rajajoon)¹. Seada saab, kui kaugelt (arvatava) rajajoone servast võiks märkejoon paikneda.

Märkimine **lähisvärvi järgi** (*magic wand*, „võlukepp“ ) võimaldab hiireklõpsuga märkida **sidusaid piirkondi** (*contiguous regions*), milles pikslite värvused on lähedased klikatava piksli värvusega.

Seada saab läve (*threshold*), millest alates loetakse kahe piksli värvust omavahel lähedaseks.


Lähisvärvi järgi märkimine töötab paljudel juhtudel tunduvalt halvemini kui rajajoone järgi märkimine, ent võimaldab palju väiksema vaevaga märkimist läbi viia. Hästi töötab ta ühtlase värviga alade märkimisel.

Märkimine **samavärvi järgi** (*select by color*) võimaldab hiireklõpsuga märkida *kõik antud värvusega pikslid*. Tüüpiliseks kasutusala on näiteks joonisel kogu tausta märkimine. Pärast tausta märkimise inverteerimist saame aga märkealasse kõik joonise objektid (st. taustast erineva värvusega pikslid).

4.2. Märgitud ala teisendamine

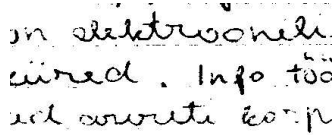
Vooderdamisest oli juttu ülalpool. Lisaks sellele on võimalik ala märkimist

- 1) kasvatada (*expand, grow*);
- 2) kahandada (*contract, shrink*); saab seada, kas vähendatakse ka pildi välisäärest või jäetakse välisäär paika;

¹Paketis *GIMP* nimetatakse seda vahendit „intelligentsed käärid“ 

3) ääristada (*border*) – eelneva märkimise äärest antud laiusega märkimine.

Näiteks ühevärvilise joonise objektide „paksendamiseks“ on levinud võte: märkida kõik joonise objektid (märkida taust samavärvi järgi ning inverteerida), kasvatada märkeala mõne piksli võrra ning täita märkeala joonise esiplaani värvusega.

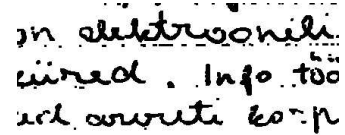


on elektroonili
cired . Info töö
ad arvuti koost

Algne kujutis (1-bitises paletis)



Märgitud valge, märkimine inverteeritud (märkimaks musta) ja seejärel märkeala kasvatatud 1 piksli võrra



on elektroonili
cired . Info töö
ad arvuti koost

Märkeala täidetud (*fill*) musta värvusega

4.3. Märkimine joonistades

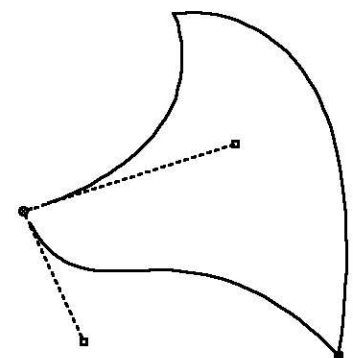
On võimalik redigeerida märkimist joonistusvahendite abil. Selleks tuleb märkimine muuta kanaliks (*selection to channel*), valida saadud kanal (kasulik on ülejäänud värvikanalid välja lülitada) ning joonistada. Kasutada võib kõiki joonistusvahendeid (sh. järsu servaga ja pehme servaga pliiatseid ja pintsliit jne.) Tumedad alad osutuvad hiljem (*channel to selection* valimise järel) äramärgituks.

4.4. Kontuurid

Kontuuride (*path*) mõte on võimaldada märkeala rajajoont võimalikult täpselt muuta ning vajadusel salvestada. On olemas vahendid teisendusteks märkeala → kontuur ja kontuur → märkeala.

Põhivahendid tööks on muidugi **tippude** (*anchor points*) lisamine, eemaldamine ja tipu asukoha muutmine kontuuris. Tippudevahelise rajajoone kõveruse seadmiseks tuleb klikata tipu peal, siis ilmuvad pidemed kõveruse muutmiseks.

Kontuur koosneb tegelikult **Bézier' kõveratest** (*Bézier curves*), st. kuupparabooli tükkidest. Bézier' kõverate meetod võeti kasutusele 1970. aastatel arvutijooniste juures (CAD²-vahendid), tänapäevaks on ta tarvitusel ka rastergraafikas, arvutikirjade (*font*) loomisel jne.



Kontuur koos kõveruse muutmise pidemetega

²computer-aided design – arvuti abil projekteerimine

Kihid

Rastergraafikale on omane, et kujutise paigutamisel pildile ta fikseerub pildi pinnale, kaotades selle alt kõik eelneva ning tema ümberpaigutamine on seetõttu võimatu ettevõtmine.

Taolisest probleemist ülesaamiseks on võimalik kasutada **kihte** (*layer*¹). Pilt oleks justkui mitmekorruseline, kusjuures osad „korrused“ võivad olla mõnedes kohtades läbipaistvad.

Kihtide **ühendamine** (*merge*) on pöördumatu operatsioon: tulemust ei saa põhimõtteliselt uuesti lahutada eraldi kihtideks (kui ennistamine [*undo*] kõrvale jätta), sest alumistel „korrustel“ olevad pikslid on pärast ühendamist pealmiste poolt jäädavalt üle kirjutatud. Kõigi kihtide ühendamine (*flatten*) viiakse vaikimisi alati läbi, kui pilt salvestatakse mingis kihte mittetoetavas vormingus.

5.1. Kihtide lisamine, kopeerimine, ankurdamine ja eemaldamine

Kihi lisamisel küsitakse, mis värvusega kiht täita. Valida saab tavaliselt esiplaani- ja taustavärvuse, valge värvuse ning läbipaistvuse vahel. Silmas tuleb pidada, et läbipaistvale kihile joonistamiseks peab läbipaistvuse lukustamine olema välja lülitatud.

Kihtide kopeerimine on oluline töövõtte animatsioonide loomiseks – mingi eseme või selle osa liikumapanekuks tehakse viimasest kihist (kaadrist) koopia ning muudetakse veidi, siis tehakse jälle koopia ja muudetakse jälle jne.

Ankurdamine² (*anchoring*) on vajalik siis, kui pildile on midagi kopeeritud. Nimelt, mõned rastergraafikaprogrammid ei kopeeri tulemust mingile kindlale kihile, vaid tekitavad uue (pseudo)kihi (nn. *floating selection*). Valida saab, kas ankurdada loodud kiht pealmisele kihile või jättagi uueks kihiks.

¹Mõnedes raster- ja vektorgraafikaprogrammides kasutatakse ka mõistet *drawable*, samuti on seda eesti keelde tõlgitud kui **kilet**.

²Paketis *Adobe Photoshop* viiakse ankurdamine läbi automaatselt.

5.2. Kihi tuunjus

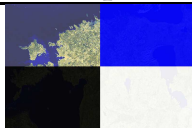
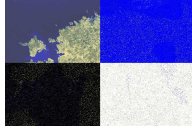
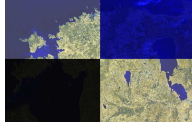


Võimalik on seada kihi läbipaistmatust ehk **tuunjust** (*opacity*). Selle abil saab luua poolläbipaistvatest kujutistest koosnevaid pilte. Tuunjus 100% tähendab, et kiht ei paista üldse läbi (kustukummi vahend teeb siin korrektiive), 0% tähendab, et kiht paistab täiesti läbi ja pikslite värvusi pole nähagi.


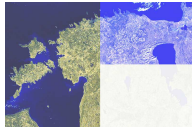
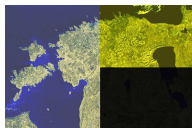
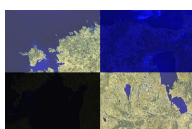
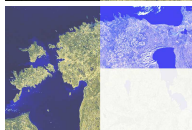
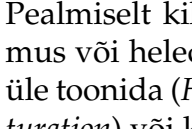
Esiolgu pole võimalik muuta tausta tuunjust (see on algul maksimaalne), muutmiseks tuleb taustale lisada alfa-kanal (*add alpha channel*). Nüüd saavad ka taustakihi pikslid olla läbipaistvad. (Kihi teatud piirkondi saame ise muuta läbipaistvaks kustukummi abil.)

5.3. Kihtide sulandusrežiimid

Iga kihi jaoks saab määrata **sulandusrežiimi** (*blending mode*), mil viisil sulandatakse selle kihi ja temast allpoolasuvate kihtide pikslid kokku, et moodustada nähtav kujutis.

Esitame režiimid järgmises tabelis, kus näidiseks on toodud kahekihiline pilt: alumisel kihil Eesti kontuur, pealmisel kihil sinine, läbipaistev, must ja valge veerand. Pealmise kihi tuunjus on valitud 90%.

Nimetus	Näidispilt	Kirjeldus
<i>Normal</i>		Pealmise kihi pikslid nähtavad, taustapikslid mitte.
<i>Dissolve</i>		Pealmise kihi pikslitest mõned on täiesti läbipaistvad ja mõned täiesti läbipaistmatud (juhuslikult määratuna). Pealmise kihi tuunjus võiks erineda 100%-st.
<i>Multiply</i>		Režiimi toime on kihtide kui lüümikute üksteise peale asetamine. Valged alad on läbipaistvad, tumedad alad muudavad tulemuse veel tumedamaks. Tulemus on tumedam kui kumbki kiht eraldi.
<i>Screen</i>		Režiimi toime on kihtide projitseerimine ekraanile üksteise peale. Mustad alad heledust juurde ei anna, heledad alad muudavad tulemuse veel heledamaks. Tulemus on heledam kui kumbki kiht eraldi.
<i>Overlay</i>		Kui alumine piksel on tume, saadakse selle piksli tulemus nagu režiimis <i>Multiply</i> . Kui alumine piksel on hele, saadakse selle piksli tulemus nagu režiimis <i>Screen</i> . Tulemus sõltub põhiliselt alumisest kihist ja on üsna etteaimamatu.

<i>Difference</i>		Režiim kasutab väärtuste erinevusi. Must piksel mõjub siin läbipaistvana, valge kutsub esile negatiivi võtmise. Identsete kihtide korral tulemus must.
<i>Addition</i>		Režiim liidab mõlema kihi piksli väärtused kokku. Tulemus pole tumedam kui kumbki kiht eraldi.
<i>Subtraction</i>		Režiim lahutab alumise kihi väärtustest pealmise kihi väärtused. Kui alumine piksel on igal kanalil heledam kui peamine, on toime sama, mis režiimil <i>Difference</i> . Igal juhul pole tulemus heledam kui alumine kiht.
<i>Darken</i>		Režiim valib kõigil kanalitel väärtustest väiksema. Toimelt sarnaneb režiimiga <i>Multiply</i> .
<i>Lighten</i>		Režiim valib kõigil kanalitel väärtustest suurema. Toimelt sarnaneb režiimiga <i>Screen</i> .
<i>Hue, Saturation, Color, Value</i>		Pealmiselt kihilt valitakse vastavalt toon, küllastumus, toon ja küllastumus või heledus ning alumiselt kihilt ülejäänud väärtused. Nii saab pilte üle toonida (<i>Hue, Color</i>), muuta teatud aladel hallimaks või erksamaks (<i>Saturation</i>) või korrigeerida liiga heledaid/tumeda alasid pildil (<i>Value</i>).

Sulandatud piksli väärtus arvutatakse iga režiimi korral erinevalt, lähtudes RGB-režiimi lähteväärtustest (r_1, g_1, b_1) (alumine piksel) ja (r_2, g_2, b_2) (peamine piksel). Mõni sulandusrežiim kasutab HSV-mudeli väärtusi (h_1, s_1, v_1) (alumine) ja (h_2, s_2, v_2) (peamine). Tulemuse väärtustesse toovad korrektsiivse tuunjus ja kustukummi vahend.

Nimetus	Tulemuse väärtus
<i>Normal</i>	(r_2, g_2, b_2)
<i>Multiply</i>	$\left(\frac{r_1 \cdot r_2}{255}, \frac{g_1 \cdot g_2}{255}, \frac{b_1 \cdot b_2}{255} \right)$
<i>Screen</i>	$\left(r_1 + r_2 - \frac{r_1 \cdot r_2}{255}, g_1 + g_2 - \frac{g_1 \cdot g_2}{255}, b_1 + b_2 - \frac{b_1 \cdot b_2}{255} \right)$
<i>Difference</i>	$(r_2 - r_1 , g_2 - g_1 , b_2 - b_1)$
<i>Addition</i>	$(\min(r_1 + r_2, 255), \min(g_1 + g_2, 255), \min(b_1 + b_2, 255))$
<i>Subtraction</i>	$(\max(r_1 - r_2, 0), \max(g_1 - g_2, 0), \max(b_1 - b_2, 0))$
<i>Darken</i>	$(\min(r_1, r_2), \min(g_1, g_2), \min(b_1, b_2))$
<i>Lighten</i>	$(\max(r_1, r_2), \max(g_1, g_2), \max(b_1, b_2))$
<i>Hue</i>	(h_2, s_1, v_1)
<i>Saturation</i>	(h_1, s_2, v_1)
<i>Color</i>	(h_2, s_2, v_1)
<i>Value</i>	(h_1, s_1, v_2)

Kujutise teisendused

6.1. Geomeetrilised teisendused

6.1.1 Pööre, peegeldus, skaleerimine, kallutamine, perspektiivi muutmine, nihe

Geomeetrilised teisendused (*transformation*) on: **pööre** (*rotation*), **peegeldus** (*flip*), **skaleerimine** (*scaling*), **kallutamine** (*shearing*), **perspektiivi muutmine** (*perspective*), **nihe** (*shift, translation*).

Pildiosa teisendamiseks tuleb ta kõigepealt ära märkida. Kui teisendatakse kogu pilti, pole märkimine tavaliselt vajalik.

Ainsad teisendused, mis ei moonuta kujutise pikselkuju (ning on seetõttu alati tagasivõetavad), on pööre täisnurga võrra, peegeldus rõht- või püstsuunas ning nihe (omaette kihil).

Kõigi ülejäänud teisenduste korral saame teisenduse ja pöördteisenduse järjekorras rakendamisel moonutuse. Näiteks pöörame kujutist 1 kraadi võrra, siis veel 1 kraadi võrra ja seejärel -2 kraadi võrra ning näeme, et kujutis on moondunud võrreldes lähtekujutisega.

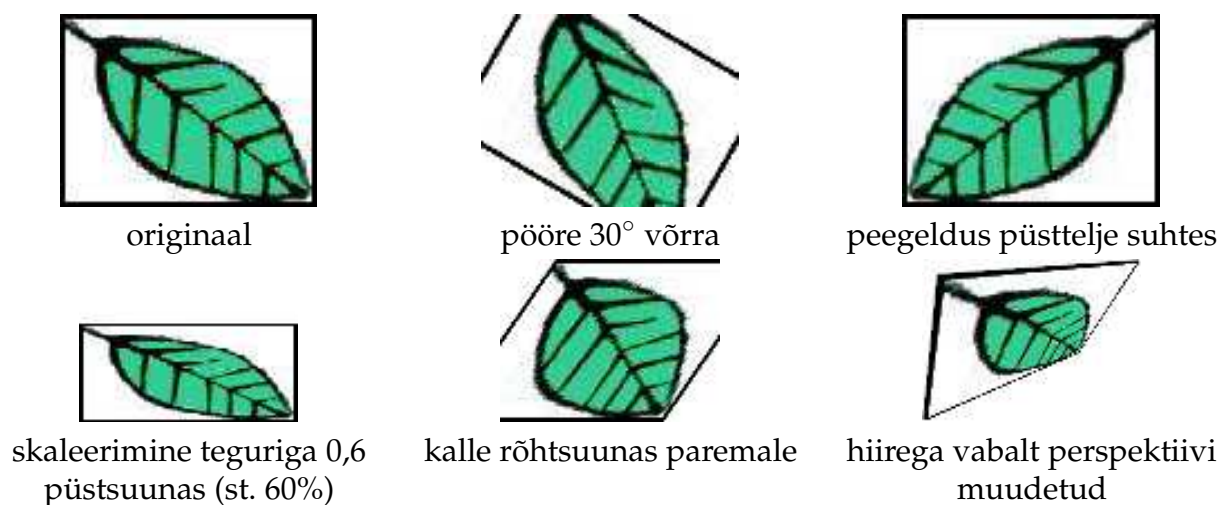
Moonutuse põhjus on see, et pikslid on ruudukujulised ja joondatud paralleelselt pildi servadega, teisendus aga ei pruugi säilitada ruutusid või ei pruugi säilitada joondust paralleelselt pildi servadega.

Moonutus on väiksem pööretel 15° , 30° jne. $15^\circ \cdot n$, kus n on täisarv – sest nende nurkade täisarvkordne on täisnurk.


Moonutuste leevendamiseks kasutatakse mõnikord hägustamist (*blurring, smoothing*), see aga muudab järsud üleminekud sujuvaks, mis ei pruugi olla soovitatav.

Omaette probleem on veel teisendatava kujutise osaline jäämine pildi servadest välja. Seda õnnestub muidugi vältida pildiala suurendamise abil.

Osades programmides tuleb valida pöörde suund (päripäeva e. *clockwise, CW*, või vastupäeva e. *counter-clockwise, CCW*), mõnikord aga tuleb vastupäeva pöörde saamiseks valida negatiivne nurk. Juhtklahvi **Ctrl** või tõsteklahvi **Shift** allhoidmine võimaldab tavaliselt saavutada nurkasid 15° , 30° jne. $15^\circ \cdot n$, kus n on täisarv.



Mõnes programmis on kõik taolised teisendused läbi viidavad nõ. vabakäe meetodil hiirega (*free transform*), mõnes programmis tuleb iga teisendus üksikult ära näidata. Vabakäe meetodil teisendamiseks tuleb tihti kasutada juhtklahvi **Ctrl** või tõsteklahvi **Shift** erinevate teisenduste saamiseks.

Nihet märgib kõikides programmides püst- ja rõhtsuunalisest noolest koosnev rist 

6.1.2 Lahutusvõime

Arvulist suurust, mis näitab, mitu pikslit mahub pikkusühikule, nimetatakse **lahutusvõimeks** ehk resolutsiooniks (*resolution*). Teisiti öeldes, lahutusvõime annab pikslile mõõtmed, sidudes ta reaalse maailma pikkusühikutega.

Lahutusvõimet mõõdetakse ühikutes dpi (*dots per inch*, punkti tollile), mõnikord ka dpcm (*dots per centimetre*).

Näiteks kui pildi lahutusvõime on 300 dpi ja pildi pikslite arv on 600×900 pikslit, on pildi mõõtmed 2 korda 3 tolli (ehk ligikaudu 5 korda 7,5 sentimeetrit). Toodud arutelu abil pole raske tuletada valemit

$$\text{mõõde} = \frac{\text{pikslite arv}}{\text{lahutusvõime}}$$

Niiviisi peab tegema vahet: kas pilti skaleeritakse (st. muudetakse pikslite arvu – pikslid jäävad „sama suureks“) või muudetakse lahutusvõimet (ehk sisuliselt pildi mõõtmeid – pikslid „suurenevad“ või „vähenevad“, aga nende arv jääb samaks).

Ülesanne. Pildi lahutusvõime on 300 dpi ning piksleid rõht- ja püstsuunas vastavalt 4500 korda 3000. Mitu sentimeetrit on pildi laius ja kõrgus?

Lahendus. Pidades silmas, et 1 toll (in) = 2,54 cm, saame antud valemist

$$\text{laius} = \frac{4500}{300} = 15 \text{ in} = 37,5 \text{ cm}, \quad \text{kõrgus} = \frac{3000}{300} = 10 \text{ in} = 25 \text{ cm}. \quad \square$$


Kaasaegsed laiatarbe skannerid suudavad pildi skaneerida resolutsioonidel kuni ligikaudu 2400 või 4800 dpi-ni. Lihtsamateks töödeks piisab siiski lahutusvõimest 300 või 600 dpi. Ka näiteks laiatarbe laserprinterite väljatrüki lahutusvõime ei ületa 1200 dpi. Ekraanil vaatamiseks piisab aga skaneerimisest hoopiski madalal lahutusvõimel (sõltuvalt režiimist on ekraani lahutusvõimeks 70–80 dpi). Muidugi, kui soovitakse pilti edasi suuremaks skaleerida, tuleb ka skaneerimise lahutusvõime valida kõrgem.

Töötada tuleb vähemalt sellisel lahutusvõimel, milles antakse väljund. Näiteks kui kujutist kavatsetakse trükkida 600 dpi laserprinteril, peaks ka töötamise ajal olema kujutise lahutusvõimeks 600 dpi.

Tuleb veel märkida, et ei skaleerimisel ega lahutusvõime muutmisel pole midagi ühist pildi vaatesuurusega (kõikvõimalikud *View* ja *Zoom* alt saadavad valikud). Vaatesuurus on seadistatav ainult kasutaja mugavuse huvides pilditöötlusel ja seda enamasti isegi ei salvestata pildiga kaasa.

6.1.3 Pildiala suuruse muutmine, pügamine

Pildiala suuruse (*canvas size*) muutmise korral jääb kihtide suurus muutmata ning näiteks pildiala suurendamisel jääb lisanduv pind läbipaistvaks. Vähendamisel jääb osa kihtidest tõenäoliselt pildi serva taha ning pärastisel pildiala suurendamisel ilmub jälle nähtavale.

Pügamisel e. kärpimisel (*crop*)  lõigatakse kõik kihid pildi äärega tasa ning pärast ei saa enam mingi vahendiga serva taha jäänut taastada.

6.2. Optilised teisendused

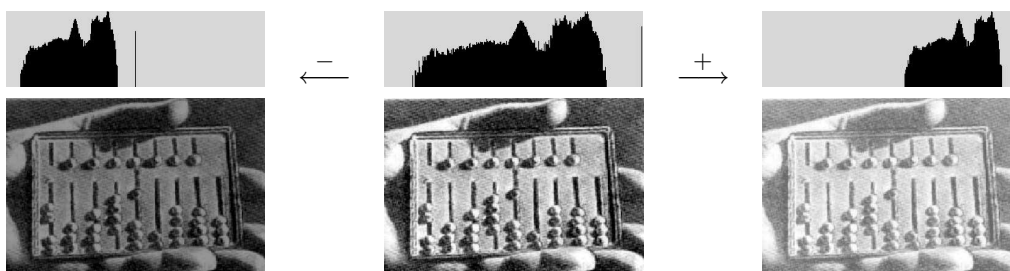
6.2.1 Histogramm

Rastergraafikas nimetatakse **histogrammiks** (*histogram*) erineva heledusega pikslite arvude tulpdigrammi.

Histogrammi saab vaadelda kanalite (R, G ja B) kaupa, aga põhiliselt on tarvis siiski üldheleduse (*value* ehk *brightness*) histogrammi.

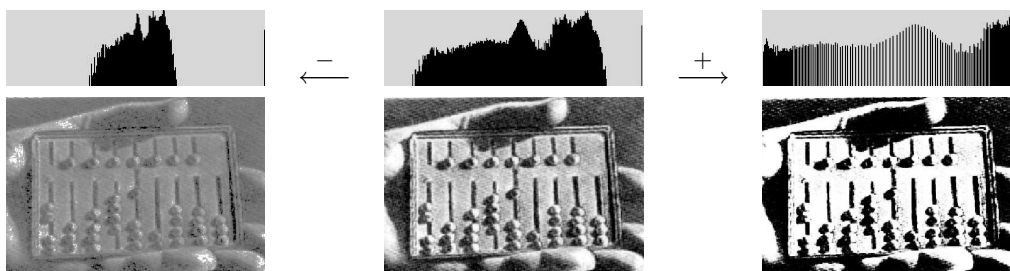
6.2.2 Heleduse muutmine

Histogrammi surutakse heleda või tumeda otsa poole kokku:



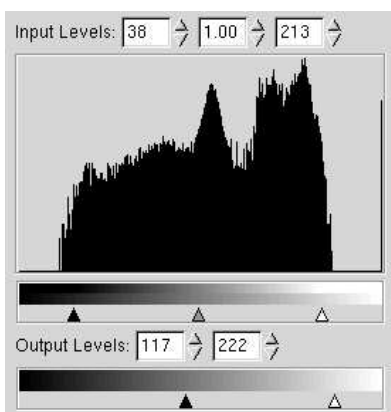
6.2.3 Kontrasti muutmine

Kontrasti suurendamine vähendab keskmise heledusintensiivsusega pikslite arvu ning samal ajal suurendab suure ja väikese intensiivsusega pikslite arvu. Sisuliselt venitab kontrasti suurendamine histogrammi laiali. Kontrasti vähendamine surub histogrammi kokku keskmise intensiivsusega pikslite piirkonda.



6.2.4 Nivood (*Levels*)

Nivoode abil saab histogrammi kuju ise muuta. Näiteks:

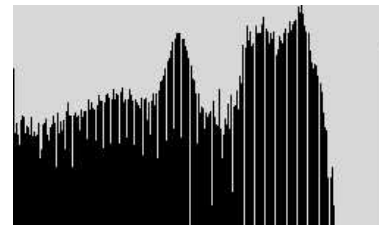


Vasakul oleval histogrammiga tehakse järgmine teisendus: heledusnivoost 38 saab heledusnivoo 117, nivoost 213 saab nivoo 222. Sisemus ja ääred venitatakse ühtlaselt 117 ja 222 vahele laiali. Tulemuseks saadakse paremal olev histogramm.

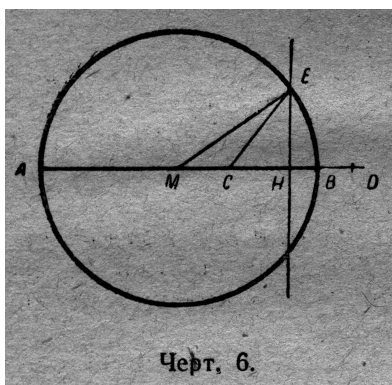


Selge on, et kui sisendi äärmiste märkijate vahe on suurem kui väljundi äärmiste märkijate vahe, siis teisendus vähendab kontrastsust, vastupidisel juhul suurendab kontrastsust.

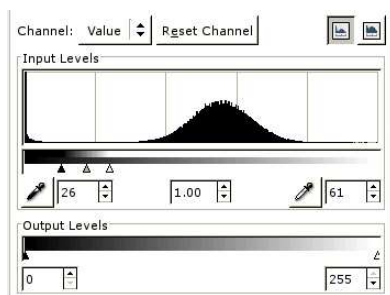
Fotodel soovitatakse seada sisendi vasakpoolseks märkijaks (must täpp) vasakult esimene olulise kõrgusega tulp ja parempoolseks märkijaks (valge täpp) paremalt esimene olulise kõrgusega tulp. Väljundis seatakse märkijad nivooodele 0 ja 255. Niiviisi saadakse tulemuseks kujutis, kus esineb igasuguste heledustega piksleid. Sel viisil saab kõige paremini fotodel kontrastivigu siluda. Ka automaatnivooode vahend (*auto levels*) teeb sedasama (vt. paremal meie näitest lähtuvalt saadud „parim“ histogramm).



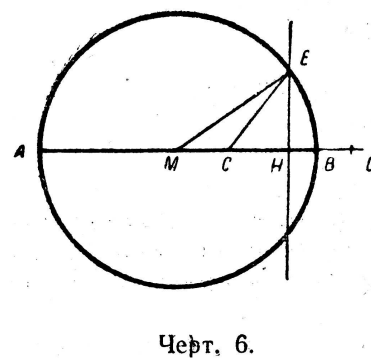
Nivooode vahendiga saab ka skaneeritud mustvalgeid kujutisi korrastada. Tüüpiline on skaneerida halltoonides kujutis ning nivooode vahendi abil lahutada must ja valge. Mahu kokkuvõtte eesmärgil tasub siin pilt indekseerida must-valge paletiga ilma virvtoonimiseta.



halltoonides skaneeritud
joonis



nivooode vahend: kõik
tumedad alad viiakse
mustaks ja kõik heledamad
alad valgeks



saadud tulemus

6.2.5 Hue-Saturation

Hue võimaldab nihutada pikslite tooni spektriringil HSV mudelis. Näiteks nihutame tooni 120° paremale. Punasest (0°) saab roheline (120°), rohelisest aga sinine (240°). Sinine muutub omakorda punaseks ($360^\circ=0^\circ$).

Saturation võimaldab vähendada või suurendada kõigi pikslite küllastumust. Nii saab pilte muuta erksamaks või hallimaks.

6.2.6 Värvitasakaal

Värvitasakaalu (*color balance*) seadmise abil saab muuta värvuste omavahelisi suhteid pildil. Näiteks sinise lisamisel suurendatakse pikslite sinise kanali väärtusi ning samal ajal vähendatakse punase ja roheline väärtusi.

Heleduse järgi liigitatakse pikslid kolme gruppi: *shadows*, *midtone*s ja *highlights* ning igal grupil on võimalik värvitasakaalu eraldi seada. Valik *preserve luminosity* jätab värvitasakaalu muutmisel piksli heleduse samaks.

6.2.7 Värvikõverad

Värvikõverate (*curves*, *кривы*) diagrammi rõhtteljel on kujutatud piksli sisendväärtus (heleduse või R, G, B kanali mõttes) ja püstteljel see, millise väljundväärtusega see asendada. Vaikimisi on seadistus $y = x$, st. jätta kõik väärtused paigale. Kui muuta seadistuseks horisontaalne sirge $y = C$, siis muutuvad kõigi pikslite väärtused sellel kanalil väärtuseks C (näiteks kui heledusega nii toimida, muutub kogu pildi pind ühtlaseks halliks).

Ülalt alla langev sirge $y = -x + 255$ muudab kõigi pikslite väärtused vastupidiseks, st. asendab kõik värvused nende täiendvärvustega. Kõigi kanalitega nii toimides saadakse esialgse pildi negatiiv.

Värvikõverad on seni vaadelduist kõige täpsem ja üldisem optilise teisenduse vahend, ja seda põhjusel, et kõvera abil saab põhimõtteliselt igale võimalikule sisendväärtusele vastavusse seada oma väljundväärtuse (erinevalt eelnevatest vahenditest, kus teisendus viidi läbi „pimedalt“, kõigi pikslite korral ühtmoodi).














Värvikõverate abil saab korrigeerida punasilmsust fotodel. Silma vikerkest tuleb märkida mingi vahendiga („võlukepp“, *lasso* või ellipsi märkimise vahend) ning värvikõverate abil korrigeerida märkeala värvusi.

Punasilmsus Punasilmsus tekib välguga pildistamisel ja seda põhjusel, et välklambist lähtuvale intensiivsele valgusimpulsile ei jõua silmaava piisavalt kiiresti reageerida. Välklambi valgus jõuab seega veresooni sisaldava võrkkestani ning peegeldub sealt objektiivi tagasi, enne kui silmaava piisavalt väikeseks muutub. Kuna pimedas on silmaava suurem, on ka punasilmsuse efekt pimedas tugevam. Samuti on silmaava lihaste reaktsiooniaeg oluliselt pikem joobeseisundis inimesel.

Punasilmsust saab pildistamise ajal vältida välklambi ja objektiivi asetamisega teineteisest eemale – siis ei paista välklambi valgus otse võrkkestale. Abi on ka silmaava järkjärgulisest „harjutamisest“ ereda valgusega, mis sunnib silmaava piisavalt kokku tõmbuma juba enne välklambi tegelikku sähvatust.

Joonistusvahendid

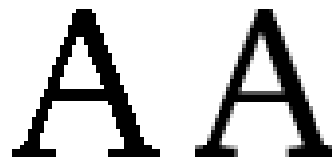
Joonistusvahenditeks on:

-  pliiats (*pencil*),
-  pintsel (*paintbrush*),
-  aerosool (*airbrush*),
-  kustukumm (*eraser*),
-  täitmine (*paint bucket*),
-  gradient (*gradient*),
-  muster (*pattern*),
-  teksti asetamine (*text*),
-  kloonimine (*clone*),
-  hägustamine (*blur*),
-  teravustamine (*sharpen*),
-  määrimine (*smudge*),
-  niisutamine (*sponge*),
-  helestamine (*dodge*),
-  tumendamine (*burn*).

Täpsustusi vahendite töö kohta:

- 1) Pliiatsi ja pintsli erinevuseks on, et pliiatsi poolt moodustatud joone serv on järsk, pintsli aga pehmendatud.
- 2) Aerosooli pihustamise intensiivsus võib sõltuda sellest, kui kaua ollakse hiirega sama kohta peal.
- 3) Kustukumm muudab piksleid läbipaistvamaks (*transparent*).
- 4) Täitmine („värvipott“) värvib ära klikatava piksliga lähedase värvusega sidusa piirkonna.

5) *Anti-aliasing* (silumine, tasandamine) on mõiste, millega tähistatakse rasterpildidel tähekujude (või ka muude kujutiste) äärejoonte pehmemdamist halltoonidega. Vasakul on tähekuju ilma antialiaseta, paremal antialiasega.



- 6) Kloonimise jaoks tuleb kõigepealt klikata *baaspunktil* ning siis hiire nuppu all hoides joonistada. Mõnes programmis on baaspunktil klikkamiseks vaja all hoida juhtklahvi **Ctrl**.
- 7) Hägustamise ja määrimise vahendid erinevad selle poolest, et hägustamine kujutab endast lihtsalt lähedaste pikslite värvuste ühtlustamist, kuna aga määrimine („sõrm“) üritab imiteerida märja värvi sõrmega segamist lõuendil.
- 8) Niisutamine vähendab või suurendab pikslite küllastumust, st. muudab värvust hallimaks või erksamaks.

Fotode retušeerimise algoritm

- 1) Püga (*crop*) foto õigesse suurusse ja vali sobiv värvirežiim (*color mode*).
- 2) Uuri histogrammi (*histogram*). Vajadusel korrigeeri pilti nivooode (*levels*) ja värvikõverate (*curves*) abil.
- 3) Kui fotol esineb murdejooni või plekke ja nad paiknevad ühtlasel pinnal, siis eemalda need kloonimisvahendi (*clone*) abil või mujalt pinda juurde kopeerides ja kihid uuesti kokku ühendades (*copy* → *paste* → *flatten image*).
- 4) Vajadusel ühtlusta ettevaatlikult järske üleminekuid määrimise (*smudge*) abil. Võib-olla läheb tarvis ka hägustamist (*blur*).
- 5) Kui tarvis, siis teravusta (*sharpen*) foto.

Kordamisküsimused

Kontrolltöö teoreetilise osa küsimused tulevad kõik kordamisküsimuste hulgast. Arvuliste või värviliste andmetega ülesannetel võivad lähteandmed olla kontrolltöös muudetud.

- 1) Selgita mõisteid *rastergraafika* ja *vektorgraafika*.
- 2) Mida tähendavad värvimudelite lühendid RGB, CMYK, HSV?
- 3) Mitu põhivärvust või parameetrit määravad värvuse üheselt? Millele tuginedes see arv?
- 4) Peep märkas, et arvuti kineskoopmonitor oli rikkis: kõik valged pinnad olid kollaseks muutunud. Milline/millised kolmest värvusest (punane, roheline, sinine) oli riknenud?
- 5) Milliste objektide värvuse tekitamiseks kasutatakse aditiivset mudelit?
- 6) Millised värvused on RGB-mudelis põhivärvusteks? Mis saadakse nende segamisel aditiivse mudeli korral? (kõik kombinatsioonid)
- 7) Kuidas saada subtraktiivse mudeli korral musta värvust?
- 8) Mis on põhivärvusteks subtraktiivses mudelis CMY? Aga CMYK? Miks on neljas värvus lisatud ja kas ta poleks saadav kolmest eelnevast?
- 9) Milliste objektide värvuse tekitamiseks kasutatakse subtraktiivset mudelit?
- 10) Mis on kollase täiendvärvus RGB ja CMY-mudelite värviringil? Punase täiendvärvus?
- 11) Tsüaanile taustale on vaja asetada võimalikult silmatorkavad objektid. Mis värvusega peaksid need objektid olema? Põhjenda.
- 12) Loetle spektrivärvused järjekorras alates punasest.
- 13) Mis on põhiparameetriteks HSV mudelis?
- 14) Mida tähendavad väljendid *hue*, *saturation* ja *brightness*?
- 15) Milline (millised) HSV mudeli parameetrid on määratavad *akromaatiliste värvuste* puhul? Mida tähendab „akromaatiline värvus“?
- 16) Millistes ühikutes ja piirides määratakse värvitooni HSV mudelis? Aga küllastumust? Heledust?
- 17) Millise tooniga on tegemist, kui tooni nivooks on 0 kraadi? 120 kraadi? 240 kraadi?
- 18) Milline küllastumuse nivoo vastab halltoonile ja millise nivoo korral on värvitoon maksimaalne?

- 19) Milline erinevus on must-valgel (1-bitisel) ja halltoonides (8-bitisel) režiimil?
- 20) Miks on isegi must-valgete jooniste esitamiseks tihti kasulik valida halltoonides värvirežiim?
- 21) Kui suur on pildi ligikaudne maht baitides, kui valitud on 8-bitine halltoonides režiim, pilt on pakkimata ning pildil on piksleid 500 korda 700?
- 22) Mitu erinevat halltooni on kasutada 8-bitise halltoonides värvirežiimi korral?
- 23) Kuidas nimetatakse värvirežiimi, mis „mustvalge“ foto asemel võimaldab moodustada „punavalge“ foto?
- 24) Mõnikord juhtub, et värvilise kujutise viimisel värvilisest režiimist üle halltoonides režiimi muutuvad erinevad värvused ühesuguseks halliks. Milline parameeter oli neil erinevatel värvustel ühesugune (toon, küllastumus, heledus)?
- 25) Mis värvusega on tegemist, kui tema RGB-režiimi kood on #FF00FF?
- 26) Mis värvusega on tegemist, kui tema RGB-režiimi kood on #FFFFFF?
- 27) Mis värvusega on tegemist, kui tema RGB-režiimi kood on #000000?
- 28) Millised on RGB-režiimi värvuskoodiga #34C80D määratud värvuses punase, roheline ja sinise nivood kümnendsüsteemis (st. skaalal 0 kuni 255)?
- 29) Millised on RGB-režiimi värvuskoodiga #18F20A määratud värvuses punase, roheline ja sinise nivood kümnendsüsteemis (st. skaalal 0 kuni 255)?
- 30) Milline on värvuse kood RGB-režiimis, kui temas on punase nivoo 187, roheline nivoo 16 ja sinise nivoo 28?
- 31) Milline on värvuse kood RGB-režiimis, kui temas on punase nivoo 235, roheline nivoo 32 ja sinise nivoo 45?
- 32) Milline on värvuse #C4FD15 täiendvärvuse RGB-kood?
- 33) Milline on pildi ligikaudne maht baitides, kui kasutatakse RGB-režiimi, iga kanali jaoks eraldatakse 8 bitti, pilt on pakkimata ja pildil on piksleid 100 korda 150?
- 34) Mitu erinevat värvust saab esitada RGB-režiimis, kui iga kanali jaoks eraldatakse 8 bitti? Põhjenda vastust arvutusega.
- 35) Miks tohib teisenduse RGB-režiimist CMYK-režiimi läbi viia vaid üks kord pildi töötlemise lõpus?
- 36) Nimeta üks põhjus, miks on RGB ja CMYK-režiimide kõrval kasutusele võetud *Pantone*, *Euroscale*, *Toyo-ink*, *SWOP* jpt. värvirežiimid?
- 37) Mida tähendab väljend *pildi indekseerimisel koostatakse palett*?
- 38) Mis põhjusel on kasutusele võetud *virvtoonimine*? Mida see mõiste tähendab?
- 39) Tõlgi eesti keelde mõiste *dithering*. Millal seda tegevust kasutatakse?

- 40) Miks on mõttekas kasutada pakkivaid rastergraafikavorminguid?
- 41) Tõlgi eesti keelde ja selgita tähendust: *lossless compression*, *lossy compression*.
- 42) Mis erinevus on kadudega ja kadudeta pakkimise vahel?
- 43) On otsustatud, et pildid antakse pärast töötlust üle rastergraafikavormingus, mis kasutab kadudega pakkimist. Millal peaks sellesse vormingusse lülituma (võimalikud variandid: algusest peale; kui enamus tööst on tehtud; viimase tegevusena) ja miks nii?
- 44) Loetle vähemalt viis rastergraafikavormingut koos võimalike pakkimistüüpidega.
- 45) Milline (millised) rastergraafikavormingud võimaldavad ainult kadudega pakkimist? Millist tüüpi kujutiste (fotod või joonised) jaoks see (need) seetõttu ei sobi?
- 46) Milline rastergraafikavorming võimaldab kasutada ainult indekseeritud ja halltoonides režiime? Mis on sel vormingul veel erilist võrreldes teiste rastergraafikavormingutega?
- 47) Milline rastergraafikavorming tuleks valida, kui soovitakse töötada erinevate rastergraafikapakettidega (*Adobe Photoshop*, *Corel PhotoPaint*, *GIMP* jne.) ühe ja sama pildi kallal? Kihtide toetus pole vajalik.
- 48) Mis puudused on rastergraafikavormingul *Bitmap*, et teda ei tasu eriti millekski kasutada?
- 49) Millised rastergraafikavormingud võimaldavad töötada kihtidega?
- 50) Milline (millised) rastergraafikavormingud sobivad fotode esitamiseks veebis? Jooniste esitamiseks veebis?
- 51) Millise (milliste) rastergraafikavormingutega saab esitada pisianimatsioone?
- 52) Millised rastergraafikavormingud sobivad trükiettevalmistuseks? Millist värvirežiimi selle jaoks vorming üldse toetama peab?
- 53) Mida tähendab eesti keeles väljend *feathering* ja millist tegevust selle all mõeldakse?
- 54) Nimeta vähemalt kolm hulgateoreetilist märkimisrežiimi koos kirjeldusega.
- 55) Kui pildil on midagi märgitud ja lisaks sellele on tarvis midagi veel märkida, millist märkimisrežiimi kasutad?
- 56) Kui pildil on midagi märgitud ja selle küljest tahad osa märkimist eemaldada, millist märkimisrežiimi kasutad?
- 57) Millise ingliskeelse terminiga tähistatakse märkimise muutmist vastupidiseks?
- 58) Soovid märkida ringi. Millise vahendi valid? Mida teha, et ellipsi asemel tõesti ringi märkitaks?
- 59) Millist märkimist võimaldab vahend *magnetic lasso*? Mille poolest erineb ta vahendist *lasso*?
- 60) Millised eelised ja puudused on lähisvärvi järgi märkimisel, võrreldes rajajoone järgi märkimisega?

- 61) Mustvalgel pildil on jooned kitsad ja katkendlikud. Kuidas saavutada selline märkeala, mille mustaga täitmise järel saaksime paksemad jooned?
- 62) Märkeala saab muuta kontuuriks ja vastupidi. Mille jaoks seda tarvis on?
- 63) Mida saab muuta kontuuride pidemetest?
- 64) Kuidas nimetatakse joonetükke, millest kontuur koosneb?
- 65) Mille jaoks on kihid rastergraafikas vajalikud?
- 66) Ühendasin kihid, salvestasin faili ja väljusin programmist. Kas kihte saab uuesti eraldada? Kui, siis kuidas, kui mitte, siis miks mitte?
- 67) Rastergraafikaprogrammidega luuakse mõnikord animatsioone. Mis roll siin kihtidel täita on?
- 68) Mida tähendab väljend *kihi tuunjus on 25%*?
- 69) Tõlgi inglise keelde ja selgita mõistet *tuunjus*.
- 70) Nimeta vähemalt kolm kihtide liitmise režiimi.
- 71) Olgu pildil kaks kihti ja kumbki neist pole läbipaistev. Mida peab pealmise kihiga ette võtma, et *dissolve*-režiimi kasutamine nähtav oleks?
- 72) Olgu piksli värvuskood pealmisel kihil #23ABC0 ja alumisel kihil on #FF10D9. Mis on tumedat eelistava režiimi korral tulemuse värvuskood?
- 73) Olgu piksli värvuskood pealmisel kihil #72A109 ja alumisel kihil on #00AAE9. Mis on heledat eelistava režiimi korral tulemuse värvuskood?
- 74) Viidi läbi järgmised teisendused: pööre 90 kraadi võrra päripäeva, peegeldus rõhttelje suhtes, pööre 90 kraadi võrra vastupäeva ja peegeldus rõhttelje suhtes. Kas tulemus on moondunud võrreldes esialgsega? Pöörde alguspunkt on pildi keskel.
- 75) Viidi läbi järgmised teisendused: pööre 90 kraadi võrra päripäeva, pööre 30 kraadi võrra vastupäeva ja pööre 60 kraadi võrra vastupäeva. Kas tulemus on moondunud võrreldes esialgsega? Pöörde alguspunkt on pildi keskel.
- 76) Viidi läbi järgmised teisendused: skaleerimine 50% võrra püstsuunas ja skaleerimine 200% võrra püstsuunas. Kas tulemus on moondunud võrreldes esialgsega?
- 77) Viidi läbi järgmised teisendused: kalle püstsuunas alla 50 piksli võrra ja kalle püstsuunas üles 50 piksli võrra. Kas tulemus on moondunud võrreldes esialgsega?
- 78) Viidi läbi järgmised teisendused: pööre 0,5 kraadi võrra päripäeva ja pööre 0,5 kraadi võrra vastupäeva. Kas tulemus on moondunud võrreldes esialgsega? Pöörde alguspunkt on pildi keskel.
- 79) Mis põhjustab moonutusi geomeetrilistel teisendustel?
- 80) Millised geomeetrilised teisendused on moonutusvabad?

- 81) Millised on nurgad, mille alla pöörates on moonutus väiksem?
- 82) Tõlgi eesti keelde mõisted *flipping, rotating, scaling, shift*.
- 83) Kirjuta lahti ja selgita lühendit dpi.
- 84) Defineeri pildi *lahutusvõime*.
- 85) Pilti skaleeriti 2 korda suuremaks nii rõht- kui püstsuunas. Kuidas peaks muutma lahutusvõimet, et pildi mõõtmed jääksid sama suureks?
- 86) Pildi lahutusvõime on 300 dpi ning pildil on piksleid 4500 korda 3000. Mitu sentimeetrit on pildi laius ja kõrgus?
- 87) Pildi lahutusvõime on 1200 dpi, pildi laius on 2,5 cm ja kõrgus on 4 cm. Kui palju piksleid on pildi rõht- ja püstserval?
- 88) Pildi laius on 10 cm ja kõrgus 15 cm. Kui suur tohib olla lahutusvõime, et pildi lühemal äärel poleks rohkem kui 1000 pikslit?
- 89) Kui on antud lahutusvõime ja pikslite arv pildi serval, kuidas arvutada pildi serva piksust?
- 90) Pildi laius on 5 cm ja kõrgus 10 cm ning pildifaili lahutusvõime on 300 dpi. Milline on pildi ligikaudne maht baitides, kui kasutatakse RGB-režiimi, iga kanali jaoks eraldatakse 8 bitti ning pilt on pakkimata? *Näpunäide: arvuta välja kõigepealt pikslite arv rõht- ja püstserval ning sellest lähtuvalt pildi pikslite koguarv.*
- 91) Kui on antud lahutusvõime, kuidas arvutada ühe piksli mõõtmeid?
- 92) On teada, et raamatusse minev foto trükitakse trükikojas lahutusvõimel 2400 dpi kilele. Millisel lahutusvõimel peab fotot autor (kujundaja vmt.) töötleva?
- 93) Valiti View->Zoom in 400% mingis rastergraafikaprogrammis. Kuidas muutus pildi lahutusvõime?
- 94) Kujutist pöörati ja juhtus, et osa sellest jäi pildi serva taha. Mida ette võtta, et see nähtavale ilmuks? (Tagasipööramine ei tule kõne alla.)
- 95) Mingi osa pildist tundub olulisem ja Sa soovid seda tükki pildist välja lõigata (ülejäanu pildist hävigu). Millist vahendit kasutad?
- 96) Tõlgi eesti keelde mõisted *canvas size* ja *cropping* ning selgita, kuidas neid kasutatakse.
- 97) Histogramm koosneb kõigil kanalitel (R, G ja B) ainult ühest kõrgest tulbast nivoo 255 juures. Milline on pilt?
- 98) Sõnasta histogrammi definitsioon rastergraafikas.
- 99) Kui pildil on palju heledaid alasid ja need kõik värvitakse mustaks, kuidas muutub histogramm?
- 100) Pildi kõigi pikslite värvused asendati täiendvärvustega. Kuidas muutus histogramm?

- 101) Kuidas mõjutab heleduse suurendamine histogrammi?
- 102) Kuidas mõjutab kontrastsuse vähendamine histogrammi?
- 103) Mida võib arvata foto kontrastsuse kohta, kui selle histogrammi tulbad on kuhugi ühte kohta kokku kogunenud?
- 104) Mida võib arvata foto kontrastsuse kohta, kui selle histogrammi tulbad on ühtlaselt jaotunud üle kogu diapasooni 0...255?
- 105) Kuidas mõjutab kontrastsuse suurendamine histogrammi?
- 106) Kirjelda, kuidas nivooade vahendiga histogrammi tulpasid laiali venitada.
- 107) Kirjelda, kuidas nivooade vahendiga histogrammi tulpasid kokku suruda.
- 108) Milliseks peaks foto histogrammi muutma (ükskõik, kas käsitsi või automaatvahendiga)? Miks just selline on hea histogramm?
- 109) Kui värvikõverate vahendil seadistada heledusintensiivsuse kõveraks 45 kraadi all laskuv sirge võrrandiga $y = -x + 255$, mis juhtub pildiga?
- 110) Mida väljendavad värvikõverate diagrammi rõht- ja püsttelg?
- 111) Kui värvikõverate diagrammis seada heledusintensiivsuse kõveraks horisontaalsirge $y = 0$, mis juhtub pildiga?
- 112) Kui värvikõverate diagrammis seada heledusintensiivsuse kõveraks horisontaalsirge $y = 255$, mis juhtub pildiga?
- 113) Millal ja miks tekib pildistamisel punasilmsus?
- 114) Kuidas vältida pildistamisel tekkivat punasilmsust?
- 115) Nimeta vähemalt viis joonistusvahendit ja kirjelda nende tööd.
- 116) Mida teeb kustutus-kumm pildi pikslitega?
- 117) Mida tähendab (teksti asetamisel) mõiste *anti-aliasing*?
- 118) Kirjelda, kuidas toimub pildiosa kloonimine.
- 119) Mida teeb niisutusvahend (*sponge*) pildi pikslitega?