

**Metsandusteaduskonna  
magistrantide ja doktorantide  
teaduslikud tööd**

TARTU 2003

## **Virnatäiuse koefitsiendi hindamine digitaalkaamera piltidelt klassifitseerimistehnika abil**

**Mait Lang, Jüri Jänes**

**Lang M., Jänes J. 2003.** Estimation of the wood solid volume coefficient from CCD camera images by the maximum likelihood classification. – Transactions of the Faculty of Forestry, Estonian Agricultural University, 36, 107–115.

**Abstract.** The maximum likelihood classification of regular CCD camera images was used to estimate solid volume coefficients for woodpiles. Additionally, the line sampling technique was tested on the images to provide a simple tool to replace field work. The results showed that the most complicated issue in image classification is shaded log tops. Distinguishing the brown bark from the coloured wood is sometimes problematic. Based on ten images, the  $R^2$  between the maxlike classification and line sampling was 91.2%.

**Key words:** CCD camera images, solid volume coefficient, line sampling.

**Authors' address:** Faculty of Forestry, Estonian Agricultural University, Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Estonia.

### **Sissejuhatus**

Paberi- ja küttepuitu hinnatakse tavaliselt virna kõrguse, pikkuse, nottide pikkuse ning virnatäiuse koefitsiendi abil. Virna mõõtmeid on lihtne suhteliselt väikese veaga hinnata mõõdulati või -lindi abil. Virnatäiuse koefitsiendina kasutatakse tavaliselt mingeid keskmisi puuliigist ning nottide pikkusest sõltuvaid väärtusi. Suurte puidukoguste korral mõjutab süstemaatiliselt tegelikust väärtusest erineva tabuleeritud virnatäiuse koefitsiendi kasutamine ka puidu eest saadavat rahasummat. Näiteks kui müüakse  $1000 \text{ m}^3$  paberipuitu hinnaga  $250 \text{ kr m}^{-3}$ , siis 10%-line virnatäiuse koefitsiendi viga tähendab rahaliselt  $\pm 25\,000 \text{ kr}$ . Seetõttu on oluline, et virnatäiuse koefitsient oleks korrektselt hinnatud.

Virnatäiuse koefitsienti on võimalik hinnata näiteks joonproovi abil (Jänes, Lang, 2003). Siiski on vaja suhteliselt pikka vaatlusjoont, et saada usaldusväärset keskmist. Virnatäiuse koefitsiendi hindamiseks on pakutud välja raamil liikuv fotodetektor (Marjomaa, 1991) ning Soome paberivabrikutes saadakse hinnanguid kolmemõõtmelise laserskanneriga tehtud koormapiltide analüüsimisel (Sairanen, 1993). Siiski ei sobi sellised tehnilised lahendused välitingimustes kasutamiseks.

Ränimaatriksil põhinevad digitaalkaamerad võimaldavad saada üsna hea ruumilise lahutusvõimega värvilist pilti. Pilditöötlust on võimalik suhteli-

selt lihtsalt teha näiteks IDRISI32 (IDRISI32 ...) või mõne vabavara paketi, näiteks MultiSpec (MultiSpec ...), abil. Digitaalkaamera on sülearvutiga lihtsalt ühendatav ning seega peaks olema võimalik saada sobivate pilditöötlusprotseduuride kasutamisel piisavalt head hinnangud virnatäiuse koefitsiendile.

Töö eesmärgiks oli uurida võimalusi tavalise digitaalkaameraga tehtud piltidelt virnatäiuse koefitsiendi hindamiseks. Selleks kasutati programmis IDRISI32 olevat õpetava valimi alusel töötavat suurima tõepära järgi klassifitseerimise meetodit MAXLIKE. Klassifitseerimise headuse hindamiseks digiteeriti seitsmel pildil kontrollalad. Lisaks analüüsiti kümnet pilti, mille jaoks oli olemas joonproovide abil saadud virnatäiuse koefitsiendi hinnang (Jänes, Lang, 2003).

## Materjal ja meetodika

### *Kaamera*

Piltide tegemiseks kasutati digitaalkaameraid Nikon Coolpix 885 (Nikon ..., 2000) ja Olympos (Olympos ..., 2000). Mõlemal kaameral on CCD maatriksi suuruseks 3,21 miljonit efektiivset pikslit. Kasutaja saab valida erinevate ruumiliste lahutusvõimete vahel. Kõnealuse töö jaoks kasutati suurimat võimalikku lahutusvõimet 2048×1536 pikslit (Nikon ..., 2000). Pildid salvestati JPEG formaadis. Kuigi JPEG puhul on võrreldes TIFF vorminguga teatav kvaliteedi kadu, peeti olulisemaks väiksemat pildifaili mahtu (u 1,5 Mb) kaamerasiseseks salvestamiseks.

### *Pildistamine, valgustustingimused ja puuliigid*

Et töö eesmärgiks oli hinnata meetodika põhimõttelist kasutuskõllikkust, siis prooviti valida erineva puuliigi materjale ning erinevaid valgustustingimusi. Põhilisteks valgustatuse kategooriateks olid: otsene pealelangev päikesekiirgus, hajusa valgustatusega virna varjus olev külg päikesepaistega ja hajus valgustatus pilves ilmaga. Pildistamisel kasutati alati kaamerasse sisseehitatud välklampi. Piltide kirjeldused on tabelis 1.

Virnale kinnitati ka pikkuse etalon ( $1 \times 0,02 \times 0,02$  m), mille otspunktide koordinaatide järgi sai arvutada pildi ruumilise lahutusvõime valemi (1) abil. Piksli suurus ulatus piltidel 1,8–3,6 millimeetrini sõltuvalt kasutatud avast ning pildistamise kaugusest.

$$R = \frac{L_{etalon} \cos\left(\text{ATAN}\left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\right)\right)}{x_2 - x_1}, \quad (1)$$

kus/where  $L_{etalon}$  on etaloni pikkus / *reference length* (m);  $x_1, y_1$  – etaloni vasakpoolse otsa koordinaadid / *reference left end coordinates*;  $x_2, y_2$  – etaloni parempoolse otsa koordinaadid / *reference right end coordinates*.

Tabel 1. Piltide kirjeldused  
 Table 1. Description of images

Pilt <i>Image</i>	Kirjeldus <i>Description</i>	Ilm <i>Weather</i>	Valgustatus <i>Illumination</i>
1236	Kvaliteetne kuusepaberipuit <i>Spruce pulpwood</i>	selge/clear	hajus/diffuse
1238	Kvaliteetne männipaberipuit <i>Pine pulpwood</i>	selge/clear	hajus/diffuse
1246	Seismajäänud männipaberipuu. Notiotsad tumenenud / <i>Old pine pulpwood. Logtops darkened</i>	selge/clear	otsene/direct
1256	Värske metsamädanikuga kuusepabe- ripuu / <i>Fresh spruce pulpwood with rot</i>	selge/clear	otsene/direct
1257	Kvaliteetne kuusepaberipuu <i>Spruce pulpwood</i>	selge/clear	otsene/direct
1260	Kvaliteetne halvasti laotud kasepa- beripuu / <i>Incorrectly stacked birch pulpwood</i>	selge/clear	otsene/direct
KsVirn	Kvaliteetne kasepaberipuu metsas <i>Birch pulpwood in forest</i>	pilves õhtul <i>overcast in the evening</i>	hajus/diffuse
1	Kvaliteetne kasepaberipuu vagunis <i>Birch pulpwood in railway carriage</i>	vahelduv <i>intermittent</i>	otsene/direct
2	Kvaliteetne kasepaberipuu vagunis <i>Birch pulpwood in railway carriage</i>	selge/clear	otsene/direct
3	Kvaliteetne kasepaberipuu autokoormas <i>Birch pulpwood on truck</i>	vahelduv <i>intermittent</i>	poolvarjud <i>half-shadows</i>
4	Kvaliteetsed haavapakud <i>Aspen logs</i>	selge/clear	hajus /diffuse
5	Lehtpuu segavirn / <i>Mixed decidous pulpwood stack</i>	selge/clear	hajus/diffuse
6	Kvaliteetne okaspuupaberipuu <i>Coniferous pulpwood</i>	vahelduv <i>intermittent</i>	otsene/direct
7	Kvaliteetne kasepaberipuu <i>Birch pulpwood</i>	selge/clear	hajus/diffuse
8	Kvaliteetne kasepaberipuu <i>Birch pulpwood</i>	selge/clear	otsene/direct
9	Kvaliteetne kasepaberipuu <i>Birch pulpwood</i>	selge/clear	otsene/direct
10	Värske ja seismajäänud okaspuupaberi- puu virn / <i>Fresh and old coniferous pulpwood stack</i>	pilves <i>overcast</i>	hajus/diffuse

*Pilditöötlus ja klassifitseerimine*

Digitaaalsed värvipildid võeti programmis GIMP lahti kolmeks värvisignaalks: siniseks, rohelseks ja punaseks. Saadud failid imporditi IDRISI32-te moodulite TIFIdris ja BIPIdris abil. Pildi suurimateks X- ja Y-koordinaatideks sai veergude ja ridade arv. Mooduli WINDOW abil lõigati piltidest välja virna-alad.

Iga pildi infosisaldust uuriti esmalt kõige lihtsamat klassifitseerimis-meetodit CLUSTER kasutades. CLUSTERi abil klassifitseeriti kõik pildid esmalt kaheksaks kuni kümneks spektraalselt homogeenseks alaks, et hinnata objektide eristatavust. Originaalpiltidega võrdlemisel leiti, millised peaks olema vajalikud ja eristatavad spektraalsed klassid (tabel 2).

Tabel 2. Virnades eristatavad objektid

Table 2. Distinguishable objects in wood piles

Element <i>Object</i>	Eristuvad spektraalsed klassid <i>Distinguishable spectral classes</i>
Notiotsad <i>Log tops</i>	hele kollakasvalge; punakaspruun; mäda; varjutatud <i>bright yellowish-white; bright red-brown; rotten; shady</i>
Koor/ <i>Bark</i>	pruun; hall; hallikasroheline; valge, must <i>brown; grey; greyish-green, white, black</i>
Tühi ruum <i>Empty space</i>	must; valge (ülelööök) <i>black; bright white (flashover)</i>
Lumi/ <i>Snow</i>	valge/ <i>white</i>
Etalon/ <i>Reference</i>	helesinine / <i>bright blue</i>
Okkad/ <i>Needles</i>	roheline/ <i>green</i>
Märkevärv <i>Marker paint</i>	punane; must <i>red; black</i>

Notiotste ja muude objektide eristamiseks kasutati moodulit MAXLIKE. MAXLIKE on õpetava valimi alusel töötav klassifitseerimis-algoritm. Õpetuspiirkonnad digiteeriti ekraanil ning mooduli MAKESIG abil koostati pildilt eristatavate klasside spektraalsed signatuurid (heleduste ja värvide näidised). Kui pärast klassifitseerimist selgus, et algpildiga võrreldes on nähtavalt objekte, näiteks koort ning pruunikaid notiotsi, segi aetud, siis lisati konfliktsetele aladele õpetuspiirkondi ning tehti uued signatuurid ja klassifikatsioon.

Virnatäiuse koefitsiendi arvutamisel jäeti välja etaloniks ja rohelisteks okasteks klassifitseeritud pikslid.

*Klassifikatsiooni headuse hindamine*

Seitsme pildi jaoks koostati õige klassifikatsiooni pildid. Klasse oli kaks: notiots ja muu. Selleks digiteeriti programmis MapInfo (MapInfo 2000) notiotsad võimalusel ellipsi abil või siis hulknurksete polügoonidena. Saadud

