hyväksymispäivä arvosana

arvostelija

# Koneoppiminen merkintunnistuksessa

Tuomo Salmenkivi

Helsinki 12.3.2018

HELSINGIN YLIOPISTO
Tietojenkäsittelytieteen osasto

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

| Tiedekunta — Fakultet — Faculty | Laitos — Institution — Department |
|---|---|
| Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta | Tietojenkäsittelytieteen osasto |

Tekijä — Författare — Author

Tuomo Salmenkivi

Työn nimi — Arbetets titel — Title

Koneoppiminen merkintunnistuksessa

Oppiaine — Läroämne — Subject

Tietojenkäsittelytiede

| Työn laji — Arbetets art — Level | Aika — Datum — Month and year | Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages |
|---|---|---|
| | 12.3.2018 | 6 sivua + 0 liitesivua |

Tiivistelmä — Referat — Abstract

Avainsanat — Nyckelord — Keywords

merkintunnistus, koneoppiminen

Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited

Muita tietoja — övriga uppgifter — Additional information

# Sisältö

# 1 Johdanto

Merkintunnistusta käytetään muuttamaan skannattujen ja usein tieto- tai kirjoituskoneella kirjoitettujen dokumenttien sisältö tietokoneen luettavaan merkistöön. Tämä mahdollistaa tekstin muokkaamisen, lukemisen ja säilömisen huomattavasti aiempaa tehokkaammalla tavalla. Tällaiselle toiminnalle on huomattavasti kysyntää niin kaupallisessa kuin epäkaupallisessakin toiminnassa. Staattisten ennalta määritetyssä muodossa olevien dokumenttien tunnistaminen on tutkimusalueena varsin pitkällä.

Hyvin suuri osa arkipäiväisesti informaatiosta ei kuitenkaan ilmene dokumenteissa vaan esimerkiksi liikkeiden julkisivuissa, tiekylteissä tai yleisesti ottaen tilanteissa, joita ei voida esittää ennalta määritetyssä muodossa. Useat tavallisimmat optiset merkintunnistusratkaisut eivät toimi tällaisissa luonnollisissa ympäristöissä hyvin, sillä nämä ratkaisut vaativat tyypillisesti toimiakseen mielellään ennalta määritellyn, mutta ainakin hyvin selkeän, tasaisen ja mahdollisimman meluttoman ympäristön.

Vaihtoehtoisia ratkaisuja perinteisemmille merkintunnistusratkaisulle on viime aikoina pyritty etsimään koneoppimisen kautta. Tällaisissa ratkaisuissa on tyypillisesti käytössä neuroverkkoja, jotka automaattisesti päivittävät tietokantaansa uusilla lisäyksillä dataa ja käyttää tätä arvioimaan merkkien arvoja.

Keskityn tässä tutkielmassa käsittelemään aluksi optisen tekstintunnistuksen käyttöä ja ongelmia yleisellä tasolla. Seuraavissa kappaleissa käsittelen optisen merkkitunnistuksen sovelluksia koneoppimisessa. Käyn myös sivuuttaen läpi myös sanantunnistusta sekä perinteemmän "tyhmän"järjestelmän osalta, että myös koneoppimista enemmän hyödyntävän älykkään tunnistamisen osalta.

# 2 Merkintunnistus yleisesti

## 2.1 Merkintunnistuksen historiaa

Varsinainen tekstintunnistustamisen tutkimus sellaisenaan kun se tänä päivänä tunnetaan alkoi 1950-luvulla tarpeesta tunnistaa tekstiä pankkisekeissä. Alustavassa sekkien merkintunnistuksessa käytettiin apuna rautaoksidia sisältävää mustetta, jolloin erityisen lukulaitteen lukupää kykeni tunnistamaan merkit niiden magneettisuuden perusteella. Tätä kutsittiin MICR-teknologiaksi (Magnetic Ink Character Recognition). MICR-teknologiassa käytettiin tyypillisesti kirjaisimia E-13B sekä CMC-7. Vakiokirjaisimien käyttäminen oli etenkin varhaisvaiheen merkintunnistuksessa äärimmäisen tärkeää, sillä kirjaisimen pitäminen standardina paransi tarkkuutta ja sitä kautta luotettavuutta sekä MICR- että myöhemmin myös OCR-teknologioissa.[1]

Varsinainen OCR-teknologia yleistyi vasta 1960-luvulla jota varten kehitettiin omat erityiset kirjaisimet, OCR-A sekä OCR-B.

## 2.2 Merkintunnistuksen pääpiirteet

Merkintunnistuken tarkoituksena on siirtää dataa tietokoneen ulkopuolisesta maailmasta muotoon, jossa sitä voidaan tutkia, editoida ja säilöä tehokkaasti.Esimerkiksi hakusanojen käyttö tiedon etsimisessä suuresta määrästä dataa jota tietokone ei osaa käsitellä on ilman merkintunnistusta mahdotonta.

### 2.2.1 Tiedoston siirtäminen koneelle

Ensimmäinen vaihe tekstin saamisessa tietokoneen käsiteltävään merkistömuotoon on dokumentin siirtäminen tietokoneen muistiin. Nykyään digitaalisilla kameroilla kuvatiedosto saadaan kuvanottohetkellä automaattisesti digitaaliseen muotoon ja se voidaan myöhemmin ladata helposti kovalevylle tai flash-muistiin, mutta merkintunnistuksen alkuaikoina pakollinen ensimmäinen vaihe oli dokumentin skannaaminen. Ennen yleiskäytössä olevan skannerin yleistymistä, merkintunnistusta kehittävien tahojen ongelmana oli skannerilaitteiden kehitys, mutta yleisskannerien yleistyttyä ei tämä ollut enää suuri ongelma.

Ensimmäisen vaiheen jälkeen koneella on nyt käytössään digitaalisessa muodossa oleva kuvatiedosto. Kuvatiedosto ei vielä itsessään sisällä mitään tietoa merkeistä tai kuvassa olevasta kirjoituksesta vaan pelkästään pikseleistä, niiden väreistä ja sijainneista suhteessa kuvaan. Mikäli teksti on kirjoitus- tai tietokoneella ja samalla fontilla kirjoitettua on tässä vaiheessa tekstin tunnistaminen nykyteknologialla kohtalaisen helppoa. Vaikeudet alkavat siinä vaiheessa kun haluamme tutkia käsinkirjoitettua tai poikkeuksellisessa ympäristössä olevaa tekstiä. Ulkomaailmasta otetussa valokuvassa on niin paljon häiriötekijöitä, että tekstin löytäminen on vaikeaa ja käsinkirjoitetussa tekstissä merkkien tarkkuus suhteessa vertailuarvoihin heittää niin paljon, että tekstin tulkitseminen on haastavaa.

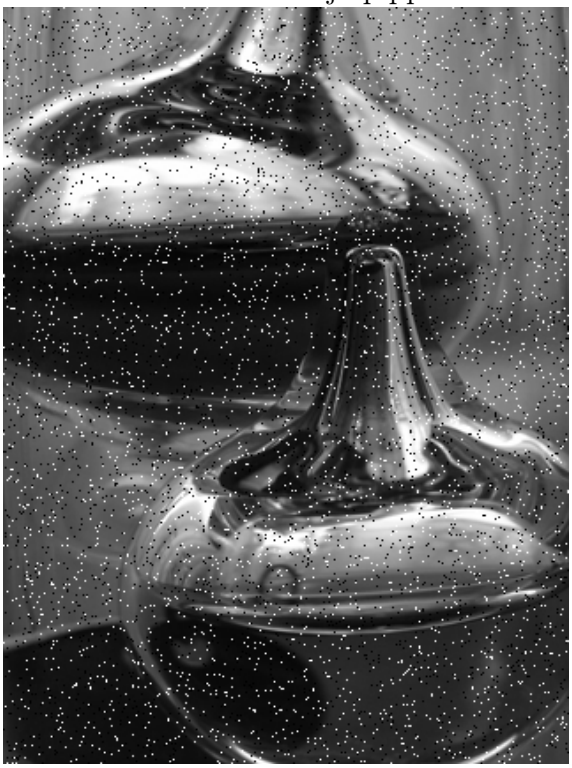
### 2.2.2 Tiedoston esiprosessointi

Nykyisissä merkintunnistusjärjestelmissä on usein erilaisia esiprosessointivaiheita, joiden tarkoituksena on parantaa merkintunnistuksen tarkkuutta. Tällaisia prosesseja ovat esimerkiksi skannatun dokumentin suoruuden korjaaminen, kuvassa esiintyvän metelin poistaminen tai kuvasuuhteen ja skaalan normalisointi. Myös eräs tyypillinen vaihe merkintunnistuksessa on kuvan siirtäminen harmaaväriskaala- tai värikuvasta mustavalkoiseksi, jolloin valkoinen tausta voidaan erottaa mustasta tekstistä. Tällöin ohjelmiston tarvitsee analysoida pelkästään mustaa osaa ja prosessi helpottuu. Kuvan muuttaminen binäärikuvaksi, jossa on siis vain kaksi väriä, onkin usealle merkintunnistusjärjestelmälle välttämätön vaihe, sillä suuri osa kaupallisista merkintunnistusjärjestelmistä toimii vain binäärikuvilla. [2]

Metelin poistaminen on esiprosessoinnin vaihe, jossa kuvasta pyritään poistamaan häiriötä kuvasta. Meteli voi olla joko sattumanvaraista epäjohdonmukaista häiriötä tai se voi olla kuvauslaitteesta tai muokkausalgoritmeista johtuvaa aiheuttamaa joh-

donmukaista häiriötä. Eräs tyypillinen meteli mitä kuvista löytyy on niin kutsuttu suola ja pippuri- melu.

Kuva 1: Esimerkki suola ja pippuri-melusta.



Tällä tarkoitetaan häiriöitä, jotka ilmenevät täysin ympäristöstään riippumattomina valkoisina tai mustina pikseleinä. Tyypillisesti tällaista häiriötä on vain pienessä määrässä kuvan pikseleitä. Toinen useasti esiintyvä häiriön tyyppi on Gaussian-meteli. Gaussian-metelissä kaikki kuvan pikselit ovat muuttuneet oikeasta väristään. Yleensä Gaussian-melussa muutos on huomattavan pientä.

Molempien esimerkkinä käyttämieni melujen hoitamisessa pitää punnita hyötyjä ja haittoja. Ensimmäinen olennainen tekijä ongelmien hoidossa on käytettävissä oleva prosessointiteho. Digitaalikameralla on käytössä huomattavan pieni prosessori verrattuna esimerkiksi tietokoneella tehtyyn kuva-analyysiin. On pohdittava tapauskohtaisesti, milloin mikäkin korjaustoimenpide on kannattava ja milloin ei. Toinen olennainen tekijä on päättäminen siitä, voidaanko kuvan yksityskohtien tarkkuutta uhrata, jotta saadaan suurempi määrä melua pois.

Eräs toinen esiprosessoinnin toimi on tekstin jakaminen alueisiin. Tällä tarkoitetaan eksplisiittistä tekstin jakamista esimerkiksi kappaleisiin tai lainauksiin. Tämän avulla erilaisia osia tekstistä voidaan analysoida tehokkaammin, sillä alueilla saatetaan tietää olevan tietynlaisia ominaisuuksia, jotka vaikeuttaisivat muuten merkkien tai sanojen tunnistusta alueen sisällä. Alueisiin jaon ensimmäinen osa on melun prosessointi pois kuvasta[4]. Tässä vaiheessa tulee olla tarkkana, sillä pilkut ja pisteet saatetaan tulkita meteliksi. Tämän estämiseksi vaihe on tehtävä varoen. Seuraa-

va vaihe on kuvan muuttaminen binäärimuotoon. Tämä tarkoittaa siis sitä, että jokainen pikseli on joko täysin valkoinen tai täysin musta. Seuraavaksi kuvasta etsitään toisiinsa kiinnityneet mustat pikselit. Nämä ovat kuvan "symbolit". Jokaiselle symbolille lasketaan pinta-ala ja keskipiste. Seuraavaksi etsitään symbolin n lähintä naapurisymbolia. O'Gorman[4] ehdottaa, että n olisi vähintään neljä, sillä tyypillisesti neljänneksi kauimpana oleva symboli on eri rivillä tutkittavasta symbolista. Lopuksi tutkitaan vierekkäisten symboliparien keskipisteiden etäisyyttä, jonka perusteella voidaan päätellä dokumentin vinous. Mikäli dokumentti huomataan vinoksi, korjataan sen kulmaa ja palataan symbolien luontivaiheeseen. Mikäli dokumentti vastaavasti oli hyväksyttävän suorassa, voidaan päätellä mitkä symbolit ovat kiinnittyneitä toisiinsa samoissa linjoissa ja mitkä pystysuunnassa. Näin dokumentista voidaan havaita rivit, kappaleet tai otsikot.

### 2.2.3 Hahmotunnistus

Seuraava vaihe vaihtelee riippuen merkintunnistusjärjestelmän implementaatiosta. Kun tarkastellaan dokumentteja, joissa kirjaisin on etukäteen tiedossa, voidaan yksinkertaisesti verrata jokaista merkkiä etukäteen tiedossa oleviin saman kirjaisimen merkkeihin. Tämä toimii siten, että verrataan tarkasteltavan merkin pikselien sijainteja jo tiedossa olevien merkkien pikseleiden sijainteihin. Kun saadaan osuma yhteensopivuudesta, tiedetään merkin olevan sama. Tämä vaihe ei kuitenkaan ole aina oikea tapa edetä. Esimerkiksi tilanteessa, jossa ei etukäteen tiedetä kirjaisinta, jota dokumentissa käytetään, saattaa tunnistusvaiheessa tulla ongelmia, sillä kirjaimet saattavat poiketa huomattavasti toisistaan eri kirjaisimissa.

### 2.2.4 Ominaisuuksien tunnistaminen

Tällaiseen tilanteeseen eräs kehitetty ratkaisu on ominaisuuksien tunnistaminen. Kun tunnistetaan merkin ominaisuuksia koko merkin sijaan ei merkin kirjaisimella ole välttämättä merkitystä. Esimkeriksi ison a-kirjaimen ominaisuuksina on käytännössä poikkeuksetta kaksi pystysuuntaista viivaa, jotka alkavat omista alakulmistaan ja kohtaavat keskellä sekä horisontaalinen viiva noin keskellä merkkiä joka yhdistää pystysuuntaiset viivat. Nyt kun etsimme tekstistä merkkejä, jotka täyttävät nämä ominaisuudet voimme suurella todennäköisyydellä löytää isot a-kirjaimet.

Kuva 2: Yksinkertaistettu esimerkki ison a-kirjaimen ominaisuuksista.


[3]

### 2.2.5 Luokittelu

Ominaisuuksien tunnistaminen hajottaa merkit pienemmiksi osiksi, kuten esimerkiksi viivoiksi, viivojen suunniksitai niiden kohtauspisteiksi. Merkkien jakaminen tällaisiin pienempiin osiin parantaa laskentatehoa sillä se pienentää merkkien dimensioita, joita tulee verrata. Näitä ominaisuuksia verrataan jo olemassa olevaan vektorirepresentaatioon merkistä, joka sisältää merkin yksinkertaistetut ominaisuudet.

# Lähteet

1 S. Mori, C. Y. Suen and K. Yamamoto. *"Historical review of OCR research and development,"* in Proceedings of the IEEE, vol. 80, no. 7, pp. 1029-1058, Jul 1992.

2 M. Sezgin and B. Sankur. *Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation.* Journal of Electronic Imaging 13(1), 146?165 (January 2004)

3 Optical character recognition (OCR)
`http://www.explainthatstuff.com/how-ocr-works.html`

4 L. O'Gorman, *"The document spectrum for page layout analysis,"* in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15, no. 11, pp. 1162-1173, Nov 1993.