**Konenäkö: Tunti- ja kotitehtäviä**

Tavoite: Oppia ja ymmärtää yksityiskohtia konenäköjärjestelmäkokonaisuuden kannalta. Kokeilla luennoilla esitettyjä asioita käytännössä.

Toteutus: Tee (ja mielellään myös palauta) tehtäviä opintojakson edetessä. Tekemisen aikataulutusta ja palauttamista ohjataan Moodlen-palautuslaatikoilla ja niihin kirjatuilla aikatauluilla. Valmistaudu esittelemään tuotoksiasi, keskustelemaan tehtävien mahdollisista hankaluuksista tehtävien tekemisessä sekä oppimistasi asioista. Tehtäviä käsitellään (palatusajankohtaa seuraavilla tunneilla) palautettujen tuotosten sekä palautteiden perusteella.

Arviointi: Tehtävien palautuksia ei arvioida eikä arvostella (ainakaan negatiivisesti). Palautukset eivät vaikuta opintojakson arvosanaan mitenkään. (Opettaja kuitenkin pidättää oikeuden korottaa opiskelijalle tentin tai muun suorituksen perusteella määräytyvää arvosanaa poikkeustapauksissa tehtäväpalautusten perusteella.)

Ohjeita ja vinkkejä:

* Jokaisesta tehtävästä kannattaa tuottaa jonkinlainen selvitys- tai esittelydokumentti tai raportti. Siis myös vaikka tehtävä olisikin käytännön kokeilu tai ohjelmointitehtävä.
* Kokeellinen järjestelmä tulee aina esitellä (yksityiskohtineen ja teknisine tietoineen) jokaisen kokeellisen tehtävän raportissa, vaikka järjestelmä olisikin täysin sama kuin jossakin aiemmassa tehtävässä (omaa aiempaa esittelyä saa tietysti hyödyntää niiltä osin kuin se pätee).
* Kokeellisista tutkimuksista kannattaa aina liittää mukaan kaikki ne tuloskuvat, joista raportissa esitetyt asiat ovat havaittavissa ja / tai joiden perusteella päätelmät on tehty. Mikäli tehtävässä on käytetty joitain lähtöaineistoja (esim. kuvia), tulee nekin liittää palautukseen.
* Jos tehtävä tehty ilman omaa järjestelmää ("teoriatyö"), lähteet on esitettävä ja myös konkreettisia kokeellisia tuloksia kannattaa ottaa mukaan raporttiin (löytyy kyllä netistä)
* Kannattaa palauttaa myös keskeneräisiä ja ei-viimeisen päälle olevia tuotoksia. Niiden avulla voidaan oppia joskus jopa enemmän kuin ”täydellisten”.
* Kirjaa mieluusti raportteihisi myös palautteita kustakin tehtävästä ja arvioita omista tekemisistäsi ja onnistumisistasi.
* Palautusten osalta huomioi lukija: älä esim. palauta kymmeniä erillisiä tiedostoja tai ainakin kerro päädokumentissasi selvästi, mihin mitäkin (oheis)tiedostoa tarvitaan.

**VARSINAISET TEHTÄVÄT**

**Johdanto**

1. Tutustu johonkin (teolliseen) konenäkösovellukseen, tee lyhyt esitelmä linkkeineen, palauta Moodleen ja esittele seuraavalla kerralla muille. Keskity erityisesti konenäköjärjestelmän toteutukseen ja sen tehtävään sovelluksessa. Voit myös yrittää arvailla, miten konenäköjärjestelmä kaikkine yksityiskohtineen mahtaa toimia. (Huom! Tässä sanalla sovellus tarkoitetaan tehtävää, mihin konenäköä käytetään eli sovelletaan, ei siis esim. puhelinsovellusta eli ohjelmistoa.)
2. Oman järjestelmän suunnittelu ja siihen tutustuminen alustavasti:
   1. Kamera: löytyykö teknisiä tietoja, voitko katsoa maisemaa ”kameran läpi” livenä?
   2. Optiikka: varmaankin kiinteä, löytyykö teknisiä tietoja?
   3. Valaisu: löytyykö lamppuja, teknisiä tietoja?
   4. Mekaniikka: löytyykö jotain, mihin esim. kameran tai lampun voi kiinnittää, onnistuisiko jotenkin liikkeen aikaansaaminen?
   5. Ohjelmisto / ohjelmistokirjasto + ohjelmointikieli: valitse, mitä aiot käyttää ([The 11 Most Popular Computer Vision Tools in 2021 | viso.ai](https://viso.ai/computer-vision/the-most-popular-computer-vision-tools/))

Kokeile, saatko jotenkin (helposti) kuvan, kuvia tai videon tietokoneelle niin tiedostoon kuin livenäkin (apuohjelman ja / tai valitsemasi ohjelmointikirjaston avulla). Raportoi kaikki löytösi ja kokeilusi, vaikka et (vielä) ymmärtäisikään esim. jotain teknisten tietojen kohtaa. Palauta Moodleen.

**Kuvanmuodostus: valaisu**

1. Tutustu erilaisiin valaisutoteutuksiin (tutustu ainakin <https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/components/lighting> -sivustoon ja erityisesti sieltä löytyvään ”Interactive lighting advisor” -työkaluun). Katso sitten video sivulta <https://www.youtube.com/watch?v=TTnho9-i6dI>. Mitä mieltä olet sytytystulppaesimerkin kuvista (videon kohta 2:30-3:00) kärkivälin mittaamisen kannalta? Miten toteuttaisit tähän mittaussovellukseen paremman kuvausjärjestelmän (erityisesti valaisun osalta).
2. Kuvaa omalla järjestelmälläsi loisteputkivaloa. Näkyykö vaihtelua, värinää, raitoja tms.? Mikä tämän aiheuttaa? Miten ongelmasta voisi päästä eroon? Miten ilmiö vaikuttaa konenäköjärjestelmän toimintaan vaikkapa laadunvalvonta- tai mittaustehtävässä? (Ellei kuvaaminen onnistu, tee pelkkä kirjallisuuskatsaus + pohdinta.)

**Kuvanmuodostus: kohde**

1. Tutki omalla kuvausjärjestelmälläsi jonkin tai joidenkin kohteen ominaisuuksien (esim. kohteen liike, muodot, pinnan karkeus, heijastus-, läpäisy- ja muut vuorovaikutusominaisuudet, jne.) vaikutusta syntyvään kuvaan. Pohdi havaintojesi merkitystä konenäköjärjestelmän suunnittelun ja toteutuksen kannalta (esim. laadunvalvonta- ja mittaustehtävissä). Älä yritä tutkia kaikkea mahdollista, vaan rajaa tutkimustasi mielenkiintojesi ja laitteistosi suomien mahdollisuuksien mukaan.

**Kuvanmuodostus: optiikka**

1. Tee itsellesi tiivis opetuspaketti (tekstiä omin sanoin, kuvia, linkkejä videoihin jne.), jonka perusteella ymmärrät konenäön optiikkaan liittyvät perustermit, säädöt (polttovälin muuttaminen, tarkennus, aukon säätö) ja vääristymät (ainakin geometrinen vääristymä ja kromaattinen aberraatio). Hyviä lähteitä ovat esim. <https://dl.theimagingsource.com/e7619d02-0528-58bb-a02d-adacd89fc1f8/>, <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/imaging/distortion/> ja <https://en.wikipedia.org/wiki/Chromatic_aberration>, mutta varmasti löytyy paljon muitakin (ja kenties jopa parempia).
2. Kokeile edellisen tehtävän avulla oppimiasi asioita omalla kuvausjärjestelmälläsi. Säätöjä et ehkä voi tehdä, mutta havaitsetko vääristymiä? Miten havaitsemasi asiat vaikuttaisivat konenäköjärjestelmällä tehtäviin mittauksiin?
3. Tutustu telesentriseen optiikkaan (katso ainakin video osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=8xP4lr1ojTo>). Mitä hyviä ja huonoja puolia löydät tai keksit telesentrisen optiikan käytölle konenäkösovelluksissa (verrattuna "tavalliseen" optiikkaan)? Voit pohtia asiaa esim. mittaussovelluksissa (vaikkapa, jos tehtävänä olisi mitata <https://www.youtube.com/watch?v=TTnho9-i6dI> -videossa kohdassa 4:00 näkyvien pullonkorkkien mitat)?

**Kuvanmuodostus: kamera**

1. Tutustu "rolling shutter" -tyyppiseen sulkimeen (katso ainakin video osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=dNVtMmLlnoE>). Kokeile oman järjestelmäsi toimintaa tämän ilmiön osalta. Miten rolling shutter -tyyppisen laitteiston käyttö vaikuttaa konenäköjärjestelmän toimintaan esim. jonkinlaisessa mittaustehtävässä?
2. Pohdi matriisi- ja viivakameroiden perusominaisuuksia (siis hyviä ja huonoja puolia toisiinsa verrattuna) konenäkösovelluksissa, noin yleisesti. Miten toteuttaisit <https://www.youtube.com/watch?v=TTnho9-i6dI> -videossa kohdassa 5:20 näkyvästä purkin kuvauksen, kun tehtävänä olisi tunnistaa teksti purkin kyljestä? Pohdi esittämäsi toteutuksen hyviä ja huonoja puolia (miksi valitsit viivakameran etkä matriisikameraa tai päinvastoin). Katsopa myös pilleripurkin kuvaa videon kohdassa 6:00. Miten mahtaisi viivakoodin luku ja viivakoodin alla olevan tekstin tunnistus onnistua?

**Kuvanmuodostus: kuvien tallennus**

1. Kokeile kuvien tallennusta eri tiedostoformaateissa (ja eri pakkaus- tai laatuasetuksilla). Voit käyttää omaa järjestelmääsi ja sen tuottamia kuvia, ihan muita kuvia, tehdä vain kirjallisuuskatsauksen tai vaikka kaikkien näiden yhdistelmän.

**Kuvanmuodostus, kuvankäsittely ja kuva-analyysi**

1. Ota järjestelmälläsi värikuva sinua kiinnostavasta kohteesta. Tee ohjelmakoodi, jolla
   1. näytät alkuperäisen värikuvan
   2. näytät kunkin alkuperäisen värikuvan kentän erikseen (punainen, vihreä ja sininen)
   3. teet kuvastasi harmaasävykuvan ja näytät sen
   4. kynnystät harmaasävykuvan kolmella tavalla (”pienempi kuin”, ”suurempi kuin” ja ”välissä”) ja näytät nämä binäärikuvat
   5. teet jollekin binäärikuvista reunanhaun (dilaatiota ja / tai eroosiota hyödyntäen) ja näytät tuloksena saamasi ”reunakuvan”
2. Kolikkotehtävä I: Toteuta kuvausjärjestelmä Suomessa käytettävien kolikoiden tunnistamiseen ja kuva-alueella näkyvän rahamäärän laskemiseen. Tee tässä tehtävässä vasta kuvamuodostuksen ja kuvankäsittelyn kokeiluja (kynnystys, reunanhaku). Eli valmistaudu seuraaviin tehtäviin, mutta älä vielä yritäkään tunnistaa kolikoita ja rahamäärää.
3. Kolikkotehtävä II: Harjoittele aluepohjaista analyysiä. Laske kohteiden massakeskipisteet, pikselipinta-alat, tulosta tietoja sekä päätelmiä. Saatko jo kolikot tunnistettua ja rahamäärän laskettua? Entä jos kolikot ovat kiinni toisissaan? Tai jos jostakin kolikosta näkyy vain osa (oletus on, että ainakaan tämä ei vielä onnistu)?
4. Kolikkotehtävä III: Harjoittele reunapohjaista analyysiä. Laske kohteiden reunapistejoukkojen perusteella piiri, säde / halkaisija, keskipiste, ympyrämäisyys, yksittäisten reunapisteiden poikkeamat ympyrän kaaresta jne. Tulosta tietoja sekä päätelmiä. Minkälaiset eri tilanteet nyt onnistuu / ei onnistu kolikoiden tunnistamisen ja rahamäärän laskemisen osalta?
5. Kolikkotehtävä IV: Pohdi, miten kolikoiden tunnistamisen voisi tehdä digitaalisen hahmontunnistuksen perusteiden mukaisesti (opetuskuvat, opetus, mittauskuvat, luokittelu). Kokeile lyhyesti.

**Kalibroinnin ja mittaamisen perusperiaatteet: Tasomaiset kappaleet**

1. Kolikkotehtävä V: Toteuta järjestelmä Suomessa käytettävien kolikoiden tunnistamiseen ja laadunvalvontaan siten, että kolikoiden läpimitat, ympyrämäisyys ja muut tunnusluvut ratkaistaan millimetreissä. Mittauksen tulisi toimia koko kuva-alueella. Tutki järjestelmäsi toistettavuutta ja tarkkuutta.
2. Kamerajärjestelmän kalibroinnin kokeilu. Kalibrointikuvion voi joko tulostaa tai kuvata suoraan näytöltä.

**Kalibroinnin ja mittaamisen perusperiaatteet: Kolmiulotteinen mittaaminen ja 3D-rekonstruointi**

1. Stereokuvauksen normaalitapaus: Kokeile omalla järjestelmälläsi 3D-koordinaattien ja -mittojen määritystä käyttäen stereokuvauksen normaalitapauksen mukaista kuvausjärjestelyä. Voit katsoa vinkkejä esim. sivun <https://foto.aalto.fi/opetus/300/luennot/5/5.html> kohdasta Esimerkki: ”TKK”.
2. Parallaksikuvan (etäisyyskuva, disparity map) tuottaminen stereokuvaparista. Testaa ensin käyttäen OpenCV / Matlab / Octave – oppaissa olevia valmiita kuvia ja koodeja ja selvitä itsellesi, mistä on kyse. Kokeile sitten vielä, mikäli mahdollista, omilla kuvillasi.

**LISÄTEHTÄVÄT**

1. Kolikoiden tunnistaminen liukuhihnalla. Tee konenäköjärjestelmä, joka
   1. vahtii, tapahtuuko näkymässä jotakin merkittävää muutosta, ja jos tapahtuu, käynnistää kuvankäsittelyn ja analysoinnin
   2. tunnistaa näkymässä olevat kolikot ja laskee rahamäärän.

Testaa ja dokumentoi sekä järjestelmäsi perusteellisesti kaikilta osin. (”Liukuhihnan” voi toteuttaa vaikka teippaamalla A4-papereita toisiinsa. Aloita siten, että konenäköjärjestelmäsi näkee ensin vain valkoisen paperin. Sitten vedät liukuhihnaasi siten, että kolikoita tulee kameran näkemälle alueelle. Lisää sopiva viive muutoksen havainnoista siihen, että otetaan varsinainen mittauskuva ja kolikoiden tunnistusalgoritmi käynnistyy, jotta ehdit vetää kaikki kolikot näkymään.)

1. Pelikorttien tunnistaminen: Toteuta konenäköjärjestelmä, joka tunnistaa tavallisista pelikorteista yhdestä maasta kortit 2-9. Käytä joko aluepohjaista tai reunojen hakuun perustuvaa menetelmää, joita on esitelty oppitunneilla. (Voit toki myös lisäksi kokeilla jotakin valmista hahmontunnistuskirjastoa, mutta se ei ole tehtävän pakollista osuutta.). Muista raportoida perusteellisesti myös kuvausjärjestelmäsi ja järjestelysi.
2. Laajenna edellisen tehtävän toteutustasi siten, että se tunnistaa kaikkien maiden kaikki kortit.
3. Toteuta konenäköjärjestelmä, joka mittaa jonkin yksinkertaisen kappaleen (esim. tulitikkurasia, kynä tms.) mitat, sijainnin ja asennon jollakin kohdemaailman tasolla. Mitoita kuva-alue siten, että se on ainakin kaksinkertainen kappaleseen nähden. Tutki toimivuutta ja esim. mittojen toistuvuutta eri kohdissa kuva-aluetta.
4. Harvan pistepilven tuottaminen: Kokeile käyttäen omia kuviasi 3D-koordinaattien määritystä yksittäisille pisteille. Saatuasi 3D-koordinaatit, ratkaise niiden perusteella vielä joitakin 3D-mittoja. Tarkista mittaamalla sama mitta mittanauhalla.
5. Tiheän pistepilven tuottaminen: Kokeile etäisyyskuvan tuottamista omien kuviesi osalta. Internetistä löytyy esimerkkejä ns. parallaksikuvan (disparity map) kuvan tuottamiseen, mutta tässä tehtävässä tavoitteena on saada todelliset fyysiset etäisyydet kustakin kuvapikselistä kohdepisteeseen.
6. Luo edellisen tehtävän pohjalta 3D-malli kuvaamastasi näkymästä (eli 3D-koordinaatit kaikille tiheän pistepilven pisteille ja pisteiden väritys kuvan sävyarvojen perusteella).
7. (3D-rekonstruointi varjoa hyödyntäen: Tutustu ajatukseen ja tee jokin vastaavantyyppinen oma kokeilu, <http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/ICCV98/index.html>.)