

Sosiaalinen verkostoanalyysi opetuksessa – verkkoympäristöstä luokkahuoneeseen

Antti Knutas

TkT, tutkijatohtori
Lappeenrannan teknillinen yliopisto
antti.knutas@lut.fi

Jari Porras

TkT, professori
Lappeenrannan teknillinen yliopisto
jari.porras@lut.fi



VERTAISARVIOITU
KOLLEGIALT GRANSKAD
PEER-REVIEWED
www.tsv.fi/tunnus

Tiivistelmä

Ryhmätyö- ja vertaisopiskelua voi tutkia sosiaalisella verkostoanalyysillä. Tämä mahdollistaa opiskelijoiden ryhmätoiminnan automaattisen kvantitatiivisen analyysin digitaalisissa oppimisympäristöissä, mutta luokkahuoneympäristössä tapahtuvan opiskelun analysoinnissa ja tiedonkeruussa on huomattavia haasteita. Artikkelissa luodaan katsaus verkostoanalyysin taustalla olevaan teoriaan ja tiedonkeruun menetel-

miin sekä pohditaan esineiden internetin ja älylaitteiden mahdollisuuksia tulevaisuuden tiedonkeräyksessä. Artikkelissa esitetään lisäksi esimerkitapaus verkostoanalyysin soveltamisesta opiskelijoiden yhteistoiminnan analyysiin.

Avainsanat: *Digitaaliset oppimisympäristöt, oppimisanalytiikka, sosiaalinen verkostoanalyysi, vertaisoppiminen*

Social network analysis in education – from online environments to classrooms

Abstract

Group and peer learning can be studied with social network analysis. This enables the automatic quantitative analysis of student collaboration in digital learning environments. However, there are significant challenges in data collection and analysis of

classroom environments. The article gives first brief overview of the theory of social network analysis and data collection methods, and then presents concepts of how to apply the future possibilities of Internet of Things and smart devices in data collection. Additionally, a case study of applying social network analysis in the analysis of student collaboration is presented.

Keywords: *Digital learning environments, learning analytics, social network analysis, peer learning*

Johdanto

Yliopistokoulutus on parin viime vuosikymmenen aikana kokenut suuren murroksen (Peterson, 2005; Romero, 2015; Vest, 2008). Opetusmenetelmiä on kehitetty muuttuneiden ja uusien oppimistavoitteiden (Council, 2013; Irvine, Code, & Richards, 2013; Jyrkiäinen, 2017; Tucker, 2003), resurssien uudelleenjaon aiheuttamien paineiden (Tirronen, 2015) sekä uusien trendien vuoksi yhä monimuotoisempaan suuntaan (Beetham & Sharpe, 2013; Council, 2013; Erstad, 2012; Huba & Freed, 2000; Lombardi, 2007; Terenzini & Pascarella, 1998). Tavoitteesta riippumatta verkkoa hyödynnetään yhä enemmän osana opetusta tai opetus on siirretty täysin verkon välityksellä tapahtuvaksi (Beetham & Sharpe, 2013; Bishop & Verleger, 2013; Roehl, Reddy, & Shannon, 2013). Osa kursseista voidaan jo suorittaa erilaisilla massiivisilla avoimilla verkkokursseilla (MOOC), ja linkki opettajan ja oppilaan välillä hämärtyy (Guàrdia, Maina, & Sangrà, 2013; McAuley, Stewart,

Siemens, & Cormier, 2010). Erilaiset verkkoalustat tarjoavat monipuolisia välineitä oppimisen tai ainakin tehtävien suorituksen tarkkailuun, ja siten verkkoalustat ovat osoittaneet arvonsa osana opetusta. Samalla luokkahuoneessa tapahtuvalle luento-opetukselle on tullut vaihtoehtoja (Rautiainen, 2016; Razzak, 2016; Rusko, 2008).

Oppimisen ja opiskelijoiden toiminnan siirtyessä verkkoon opiskelijoiden toimintaa on yhä vaikeampi hahmottaa. Perinteisessä luokkahuoneessa opettaja voi seurata ryhmien toimintaa aistinvaraisesti ja osallistua keskusteluun yksinkertaisesti liikkumalla luokassa. Verkossa toimivien oppimisalustojen viestiketjujen, yksityisviestien ja ryhmätöiden yhdistelmien tulkitseminen on työlästä varsinkin suurilla verkkokursseilla, joilla voi olla satoja osallistujia (Sinha, 2014). Tämä pätee sekä jatkuvaan toiminnan arviointiin että oppimistutkimukseen.

Toisaalta verkkoalustat tarjoavat monipuolisia datan keräämiseen ja analysointiin tarkoitettuja työkaluja (Schwendimann ym., 2017). Datasta voidaan nähdä, koska ja millä intensiteetillä tehtäviä

on tehty, kuinka paljon aikaa opiskelija on verkkoympäristössä tehtävien tekemiseen käyttänyt ja mahdollisesti kenen kanssa opiskelija on tehtäviä tehnyt. Erityisesti oppilaiden välinen kanssakäyminen, joka on luokkahuoneessa helposti ihmisen havaittavissa mutta vaikeasti digitaalisesti tallennettavissa, vaatii omia analyysimenetelmiään. Tämä pätee erityisesti ammatilliseen oppimiseen, joka on ajallisesti ja paikallisesti vaihtelevampaa sekä muodoltaan verkostomaisempaa kuin perinteisessä luokkahuoneopiskelussa (Jokinen, Lähteenmäki, & Nokelainen, 2009; Pohjonen, 2001).

Oppimisprosessin ja opiskelijoiden toiminnan kvantitatiivista analyysiä opetuksen kehittämiseksi kuvataan termillä oppimisanalytiikka (Ihantola ym., 2015; Shum & Ferguson, 2012). Sosiaalinen verkostoanalyysi on yksi oppimisanalytiikassa käytetty tutkimusmenetelmä, joka soveltuu yhteisöjen ja yhteisöllisen oppimisen analyysiin. Sosiaalinen verkostoanalyysi on menetelmä, jossa toimijoiden välinen kanssakäyminen mallinnetaan graafina (Johanson, Mattila, & Uusikylä, 1995). Toimijat kuvataan graafin eli verkon solmuina ja heidän välisensä yhteydet solmujen välisinä kaarina. Mallista voidaan tuottaa erilaisia visualisatioita tai tehdä analyysejä, joilla muun muassa jaotellaan graafin toimijat keskinäisiin usein ystävyyttä vastaaviin ryhmiin, tutkitaan keskinäistä aktiivisuutta tai tunnistetaan yksinäisiä verkoston jäseniä.

Verkostoanalyysiä on sovellettu oppimisanalytiikassa opiskelijoiden toiminnan tutkimiseen sähköisissä oppimisympäristöissä (Knutas, Ikonen, & Porras, 2013; Martínez, Dimitriadis, Rubia, Gómez, & de la Fuente, 2003; Nurmela, Lehtinen, & Palonen, 1999; Palonen & Hakkarainen, 2000). Sosiaalista verkostoanalyysiä

on käytetty myös ammatillisten oppimisverkostojen analyysiin haastattelu- ja kyselymateriaalin pohjalta (Hytönen, 2016; Hytönen, Palonen, Lehtinen, & Hakkarainen, 2014). Luokkahuonekäytössä haasteena on kuitenkin analyysinopeus (Martínez ym., 2006), jota kvalitatiivisen datan tulkitseminen hankaloittaa edelleen. Kuitenkin tietotekniikan ja laitteiden kehittyessä ihmiset jättävät toiminnastaan yhä enemmän jälkiä, joita voidaan tallentaa ja analysoida laskennallisen sosiaalisen tieteen menetelmin (Lazer ym., 2009).

Tässä artikkelissa luodaan katsaus sosiaaliseen verkostoanalyysiin ja pohditaan, kuinka verkostoanalyysi voidaan tuoda osaksi luokkahuoneessa tapahtuvaa opetustapahtumaa. Vaikka luokkahuoneessa tapahtuva kontaktiopetus onkin huomattavasti vähentynyt, sillä on oma merkityksensä oppimistapahtumassa, varsinkin jos huomioidaan erilaisten oppilaiden tavat toimia ryhmissä (Alaoutinen, Heikkinen, & Porras, 2012; Yazici, 2005). Artikkelin pyrkiikin vastamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- TK1: Kuinka verkkoalustoilla käytettyjä analyysimenetelmiä, kuten verkostoanalyysiä, voidaan käyttää perinteisessä luokkahuoneessa tapahtuvassa opetustapahtumassa?
- TK2: Mitä hyötyä verkostoanalyysistä saadaan, kun sitä hyödynnetään luokkahuoneessa?

Tutkimuskysymyksiin vastataan esittelemällä sosiaalisen verkostoanalyysin teoria ja sen soveltaminen käytännössä. Artikkelissa esitetään esimerkkinä Code Camp -opetustapahtuma, jossa verkostoanalyysiä on hyödynnetty oppilaiden ja ryhmien välisen yhteistyön visualisoinnissa. Ilman tätä analyysiä tärkeää oppimiseen ja aktiivisuuteen liittyvää tietoa olisi jäänyt saamatta. Code Campit ovat intensiivikursseja, joissa keskitytään projektipohjaiseen yhteistoiminnalli-

seen oppimiseen ryhmissä (Porras, Heikkinen, & Ikonen, 2007). Tämän esimerkin pohjalta keskustellaan verkostoanalyysin hyödyistä luokkahuoneessa tapahtuvissa opetustapahtumissa.

Tässä johdannossa on esitetty verkko-opetuksen ja luokkahuoneopetuksen dilemma: kuinka yhdistää monimuotoisen opetuksen eri opetusmenetelmien parhaat puolet ja erityisesti kuinka verkkoalustojen tarjoamia analyysimahdollisuuksia voitaisiin hyödyntää harvoilla luokkahuoneessa tapahtuvilla kontaktiopetuskerroilla. Artikkelin hypoteesina on, että sosiaalista verkostoanalyysiä hyödyntämällä voidaan osa verkkoalustojen analytiikasta tuoda osaksi kontaktiopetusta. Luvussa 2 esitetään tarkemmin verkostoanalyysin teoriaa ja siihen liittyviä käsitteitä sekä toimintoja. Luvussa 3 esitellään, kuinka verkostoanalyysiä on sovellettu käytännössä. Käytännön esimerkeillä pyritään osoittamaan, millaisia hyödyntämismahdollisuuksia analyysillä on. Luku 4 esittelee meidän oman luokkahuoneessa tapahtuneen opetustapahtumamme analyysin sosiaalisen verkostoanalyysin keinoin sekä tuosta kokeilusta opitut asiat. Verkostoanalyysin mahdollisuuksia ja tulevaisuutta ruoditaan luvussa 5. Lopuksi esitämme työn johtopäätökset. Selvyden vuoksi graafiteorian ja sosiaalisen verkostoanalyysin termeistä esitetään myös englanninkieliset käännökset, koska analyysityökalut ovat yleensä saatavilla vain englanniksi.

Taulukko 1. Yksinkertainen sosiaalinen verkosto vierusmatriisina (*adjacency matrix*)

	Opiskelija 1	Opiskelija 2	Opiskelija 3
Opiskelija 1	–	On (1)	Ei (0)
Opiskelija 2	On (1)	–	On (1)
Opiskelija 3	Ei (0)	On (1)	–

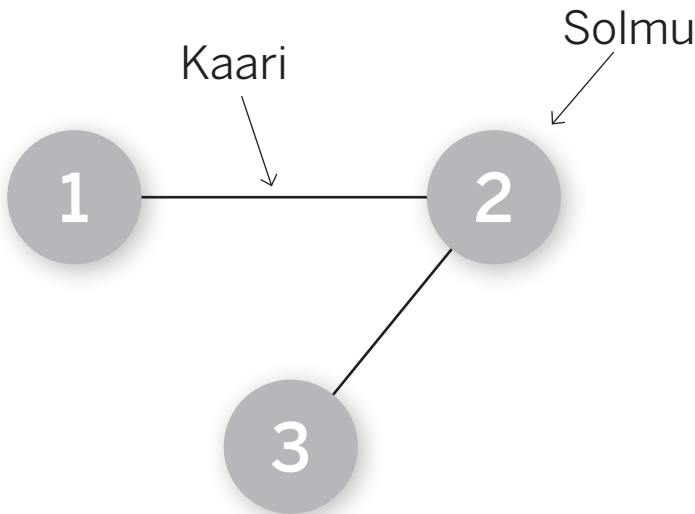
Sosiaalisen verkostoanalyysin teoria

Sosiaalinen verkostoanalyysi kehitettiin sarjana menetelmiä, joilla voidaan tutkia sosiaalisia rakenteita ja sosiaalisia suhteita (Scott, 2012). Näiden menetelmien käyttö pohjautuu tietoon henkilöiden suhteista henkilöiden ominaisuuksien sijaan. Usein tutkimusmenetelmillä kerätään tietoa ominaisuuksista, kuten kurssityytyväisyydestä, arvosanoista tai läpäisyprosentista. Sosiaalista verkostoanalyysiä varten tarvitaan kuitenkin tietoa henkilöiden välisistä suhteista, esimerkiksi viestinnästä, ystävyys-suhteista tai ryhmien jäsenyydestä. Näiden suhteiden avulla voidaan analysoida muun muassa ryhmänmuodostuksen toimivuutta vertaisoppimisryhmissä (Duque, Gómez-Pérez, Nieto-Reyes, & Bravo, 2015), opiskelijoiden toimintaa etäoppimisessa (Reffay & Chanier, 2002) tai oppisopimusopiskelun vaikutusta osallistujien verkostoitumiseen (Hytönen ym., 2014).

Keräämisvaiheessa verkostodataa voidaan säilyttää kuvina, taulukkoina tai riiveinä. Siistimisen jälkeen kuitenkin kaikki verkostodata tavanomaisesti varastoidaan matriisimuodossa. Taulukossa 1 esitetään yksinkertainen matriisi siitä, kuka tekee kenenkin kanssa ryhmätyötä. Tämä voidaan jo nimetä sosiaalisesti verkostoksi. Esimerkissä Opiskelija 1 on tehnyt ryhmätöitä kurssin aikana Opiskelijan 2 kanssa ja Opiskelija 2 on työskennellyt yhdessä molempien muiden opiskelijoiden kanssa.

Verkostoanalyysi pohjautuu graafiteoriaan (*graph theory*), joka on matematiikkaan ja tietojenkäsittelytieteeseen liittyvä käsite (Harary, 1969). Keskeisiä käsitteitä graafiteoriassa ovat verkko (*network*), solmu (*node*) ja kaari (*edge*). Verkosto koostuu toimijoista eli solmuista, joiden välillä on yhteyksiä eli kaaria. Sosiaalisessa verkostoanalyysissä yleinen tapa tallentaa graafeja on vierusmatriisi (esim. taulukko 1). Näistä matriiseista voidaan laskea graafiteorian ja matriisialgebran avulla erilaisia tunnuslukuja. Analyysin automatisoimiseen on kehitetty lukuisia sovelluksia, kuten PAJEK (Batagelj & Mrvar, 1998), UCINET (Borgatti, Everett, & Freeman, 2002) ja Gephi (Bastian, Heymann, & Jacomy, 2009).

Yksinkertaistenkin vierusmatriisien hahmottaminen on vaikeaa, ja tätä varten on kehitetty sosiogrammi (Moreno, 1946), jolla voi visualisoida verkostoja. Kuvassa 1 on sosiogrammina visualisoitu graafi, joka määriteltiin taulukossa 1 vierusmatriisina. Sosiogrammi on keskeinen työkalu sosiaalisessa verkostoanalyysissä, ja sen voidaan ajatella olevan graafin visuaalinen ilmentymä. On kuitenkin tärkeää erottaa sosiogrammit ja graafit toisistaan. Toisin kuin sosiogrammi, graafi on matemaattinen käsite eikä se ota kantaa esimerkiksi kuvassa näkyviin geometrisiin etäisyyksiin tai asetteluun. Sama graafi voidaan esittää lukemattomilla eri tavoilla sen mukaan, millaista mallinnusohjelmaa käytetään ja mitä tutkija pyrkii selvittämään.



Kuva 1. Taulukossa 1 esitetyn graafin verkosto sosiogrammina

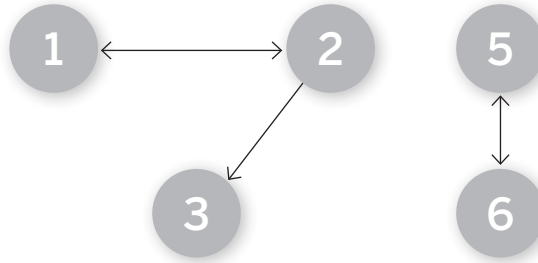
Verkostojen ominaisuuksia ja mittalukuja

Graafit eroavat toisistaan niihin kuuluvien solmujen ja kaarien keskinäisten ominaisuuksien osal-

ta. Ensinnäkin graafit voivat olla **suunta-
tuja** (*directed*) tai **suuntaamattomia** (*undirected*) sen mukaan, onko graafin kaarilla suuntaa. Usein kun toiminnalla on selvästi havaittava suunta, kuten keskustelun aloittamisella, käytetään analyysiin suun-

nattuja graafeja. Tällöin vierusmatriisiin tallennetut yhteydet ovat epäsymmetrisiä ja sosiogrammiin merkitään suunta yleensä nuolella. Kuvassa 2 esitetään suunnattu, epäyhtenäinen graafi. Kaaret voivat olla myös **arvotettuja** (*weighted*), jolloin toi-

set kaaret ovat merkittävämpiä, useammin toistuvia tai vahvempia yhteyksiä kuin toiset. Esimerkiksi jos kerätään dataa useasta ryhmätöitä sisältävästä opetustapahtumasta, vierusmatriisiin voidaan tallettaa yhteisten ryhmätöiden lukumäärä.



Kuva 2. Sosiogrammi epäyhtenäisestä, suunnatusta graafista. Solmut 1–3 muodostavat yhden heikosti yhtenäisen komponentin ja solmut 5–6 yhtenäisen komponentin

Graafit voidaan jakaa myös **yhtenäisiin** (*connected*) ja **epäyhtenäisiin** (*disconnected*) graafeihin. Yhtenäisissä graafeissa jokaisesta solmusta on reitti jokaiseen solmuun. Epäyhtenäisessä graafissa on useampi komponentti, jotka ovat sisäisesti yhtenäisiä (kuva 2). Monia graafien mittalukuja voi soveltaa vain yhtenäisiin graafeihin tai yksittäiseen komponenttiin.

Verkostojen mittaluvut antavat tietoa yhdellä silmäyksellä. Esimerkiksi tarkastamalla ryhmätyöverkoston yhtenäisyyden saa helposti selville, onko verkossa alijoukkoja, jotka eivät ole koskaan edes välillisesti tehneet ryhmätöitä keskenään. Listaamalla taas asteluvut suuruusjärjestyksessä saa selville opiskelijat, jotka tekevät eniten ja vähiten ryhmätöitä keskenään.

Solmun mittaluvuista aste on olennaisin. **Solmun aste** (*degree*) indikoi solmun kaarien määrän eli kuinka moneen toiseen solmuun kyseinen solmu on yhteydessä. **Painotettu asteluku** (*weighted degree*) ottaa huomioon kaarien arvon. **Graafin tiheys** (*density*) on johdettu solmujen asteluvuista. Se on luku nollan ja yhden välillä ja indikoi, kuinka suuri osuus kaikista mahdollisista yhteyksistä on muodostettu. Jos kaikki solmut ovat yhteydessä kaikkiin muihin, tiheys on 1. Jos puolet kaikista mahdollisista yhteyksistä on muodostettu, tiheys on 0,5, ja jos graafissa ei ole yhtään kaarta, tiheys on 0.

Verkostojen keskeisyysanalyysi

Keskeisyys (*centrality*) on tapa mitata solmujen suhteellista tärkeyttä graafissa (Freeman, 1978). Käyttökohteita ovat muun muassa vertaisviestinnän keskeisimmän vaikuttajan löytäminen tai sosiaalisen verkoston mielipidevaikuttajien tunnistaminen. Keskeisyysarvojen laskeminen käsin jo yksinkertaisissa graafeissa on työlästä, mutta graafianalyysiovellukset pystyvät laskemaan nämä mittaluvut automaattisesti verkoston jokaiselle solmulle. Alla on listattu yleisimpiä tapoja laskea solmujen keskeisyyksiä.

- **Keskeisyysaste** (*degree centrality*) on yksinkertaisin keskeisyysarvo. Keskeisyysaste on solmun kaarien summa. Arvotetuissa graafeissa kaarien painot voidaan ottaa huomioon summassa.
- **Välillisyyysluku** (*betweenness centrality*) mittaa solmun keskeisyyttä laskemalla solmun kautta kulkevien lyhyimpien reittien määrän. Välillisyykeskeisyys vastaa hyvin keskeisyyden intuitiivista käsitettä. Mitä enemmän parhaita reittejä solmun läpi kulkee, sitä todennäköisemmin solmu on olennaisessa kohdassa verkossa.
- **Ominaisvektorikeskeisyys** (*eigen vector centrality*, myös Bonacich-keskeisyys) huomioi solmujen epäsuoran vaikuttavuuden, toisin kuin yksinkertaisemmat keskeisyysarvot (Bonacich, 2007). Siinä missä keskeisyysaste lasketaan pelkästään solmujen kaarien määrästä, ominaisvektorikeskeisyys antaa korkeamman painoarvon niille kaarille, jotka johtavat korkea-arvoisempiin solmuihin. Esimerkiksi tällä laskentamenetelmällä solmu, jolla on vain muutama korkea-arvoinen yhteys, voi olla keskeisempi kuin solmu, jolla on lukuisia matala-arvoisia yhteyksiä.

Googlen **PageRank-algoritmi** (Page, Brin, Motwani, & Winograd, 1999) on variantti ominaisvektorikeskeisyydestä. Näiden kahden erona on se, että PageRankissa on vaimennuskerron, minkä takia PageRank antaa korkean keskeisyysarvon solmuille, jotka toimivat verkon yhdistävinä tekijöinä. Tiivistettynä PageRank tunnistaa useita keskuksia ja ominaisvektorikeskeisyys aina yhden keskeisimmän ryhmän solmuja. PageRank-pohjaista keskeisyyttä käytettiin hakukoneen alkuvuosina arvioimaan verkkosivustojen keskinäistä

vaikuttavuutta analysoimalla sivustojen välisiä hyperlinkkejä.

Sosiaalisen verkostanalyysin käyttökohteita oppimisen analyysissä

Sosiaalisen verkostanalyysin ensimmäisiä käyttökohteita on ollut verkko-oppimisympäristöjen analyysi (Lipponen, Rahikainen, Lallimo, & Hakkarainen, 2003; Martínez ym., 2006; Nurmela ym., 1999; Reffay & Chanier, 2002).

Näissä tutkimuksissa haluttiin hahmottaa, miten ja ketkä opiskelijat toimivat keskenään vertaisoppimistilanteissa verkko-oppimisympäristöissä.

Monet verkkoalustat tarjoavat mahdollisuuden kerätä automaattista dataa erilaisten tehtävien suorituksesta, ja tätä on käytetty useissa tutkimuksissa datalähteenä (Martínez, Guerrero, & Collazos, 2004; Nurmela ym., 1999). Automaattisia datalähteitä on käytetty muun muassa opiskelijoiden aktiivisuuden jatkuvaan arviointiin (Rabbany, Takaffoli, & Zaiane, 2012), verkkopohjaisen yhteistoiminnallisen oppimisen analysointiin (Reffay & Chanier, 2003) ja sosiaalisen median sisältöanalyysiin (Gruzd, Paulin, & Haythornthwaite, 2016).

Uusina tutkimustrendeinä on muiden data-analyysimenetelmien soveltaminen vuorovaikutusanalyysistä tai sosiaalisesta verkostanalyysistä saatuun dataan. Data-analyysimenetelmiä, kuten klusterointia (Girvan & Newman, 2002), on käytetty opiskelijaryhmien muodostamiseen interaktioanalyysidatan perusteella (Duque ym., 2015), verkko-opiskelijoiden onnistumistekijöiden analyysiin (Serçe ym.,

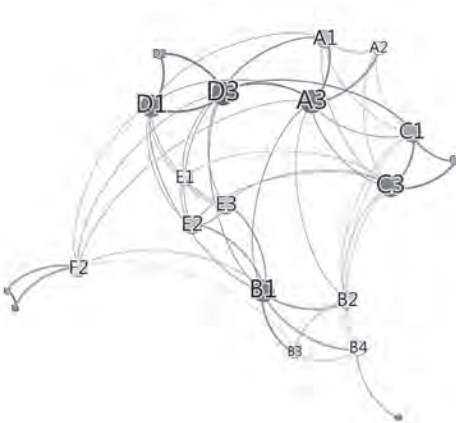
2011) ja luokkahuonetoiminnan käyttäytymisprofiilien rakentamiseen (Knutas, Ikonen, Maggiorini, Ripamonti, & Porras, 2016). Muita kehittyneitä tekniikoita on kahden verkoston samankaltaisuuden eli korrelaation analysointi QAP-menetelmällä (Krackardt, 1987) ja ulkoisen muuttujan vaikutus sosiaalisen verkoston rakenteeseen MRQAP-menetelmällä (Dekker, Krackhardt, & Snijders, 2003; Krackhardt, 1988). MRQAP-menetelmää on käytetty muun muassa analysoitaessa, miten oppimistapahtumaan osallistujien demografiset tiedot vaikuttavat verkostoitumiseen (Hytönen ym., 2014).

Tapaus Code Camp

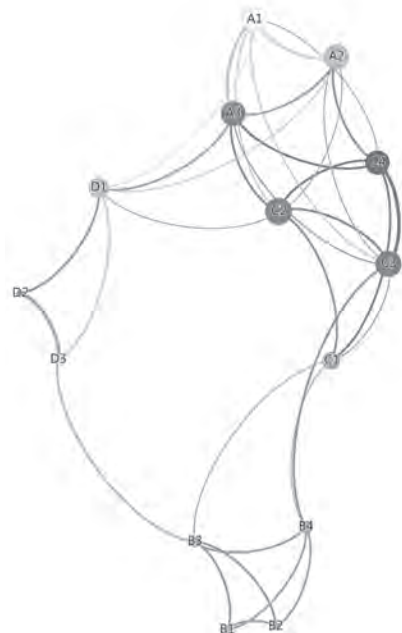
Sosiaalisen verkostanalyysin hyödyntämistä luokkahuoneympäristössä testattiin Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla pidetyillä kolmella viikon mittaisella Code Camp -tapahtumalla (Knutas ym., 2013). Code Camp -opetusmenetelmässä (Porras ym., 2007) oppilaat työskentelevät intensiivisesti tiettyyn teemaan liittyvän ohjelmistoprojektin parissa pienissä ryhmissä, joissa on tyy-

pillisesti 3–4 opiskelijaa. Opetusmenetelmä perustuu ryhmän sisäisen yhteistyön ja kompetenssien lisäksi ryhmien väliseen yhteistyöhön ja vertaistukeen. Opettajien rooli on normaaliin luokkahuoneopetukseen verrattuna varsin vähäinen. Opiskelijoiden tiedot, taidot ja henkilökohtaiset ominaisuudet vaikuttavat sekä ryhmän sisäiseen että ryhmien väliseen kommunikaatioon (Alaoutinen ym., 2012; Yazici, 2005).

Kursseille osallistui yhteensä 42 opiskelijaa, ja opiskelijat jakautuivat yhteensä 15 eri ryhmään. Opiskelijoiden interaktioita seurattiin kahdella verkkokameralla, jotka ottivat still-kuvia sekunnin välein, jos huoneessa ei havaittu liikettä, tai 6 kertaa sekunnissa, jos huoneessa havaittiin liikettä. Kuvista muodostettiin intervallikuvavideo, josta ryhmien väliset vuorovaikutukset oli mahdollista havaita. Videoista talletettiin tieto ryhmien välisistä vuorovaikutuksista. Nämä vuorovaikutukset kirjattiin ylös, analysoitiin ja visualisoitiin sosiaalisina verkostoina. Kuvat 3 ja 4 esittävät kahden eri Code Camp -tapahtuman vuorovaikutukset sosiogrammina.



Yllä: Kuva 3. Yhden Code Camp -kurssin sosiaalinen verkosto



Oikealla: Kuva 4. Toisen Code Camp -kurssin sosiaalinen verkosto

Käytetyissä esimerkkitapauksissa verkon solmuun liitetty kirjain-numeroyhdistelmä identifioi ryhmän ja ryhmän henkilön. Ensimmäisessä kuvassa esitetyllä kurssilla oli kuusi kolmen hengen ryhmää (A–F), kun taas toisella kurssilla oli vain neljä ryhmää (A–D). Solmun koko kertoo kyseisen ryhmän jäsenen kommunikointiaktiivisuuden, kun taas verkon kaaret kertovat, kenen kanssa kommunikointi tapahtuu. Kuvien 3 ja 4 graafit ovat suuntaamattomia, eli kuvien graafien tunnuslukuja tai vaikuttavuutta laskettaessa ei huomioitu suuntaa. Molemmissa tapauksissa on havaittavissa sekä ryhmien että henkilöiden aktiivisuudessa suuria eroja. Osa ryhmistä ja henkilöistä on selkeästi jäänyt kommunikoinnin ulkokehälle, kun taas osa henkilöistä on Code Camp -vertaisopetusmenetelmän näkökulmasta keskeisiä. Verkostoon on laskettu solmujen keskeisyys PageRank-menetelmällä. Mitä punaisempi solmu, sitä keskeisempi se on. Kuvaa tarkastellessa voidaan havaita, että joidenkin solmujen ja joidenkin ryhmien yhteenlaskettu keskeisyys on paljon suurempi kuin toisten.

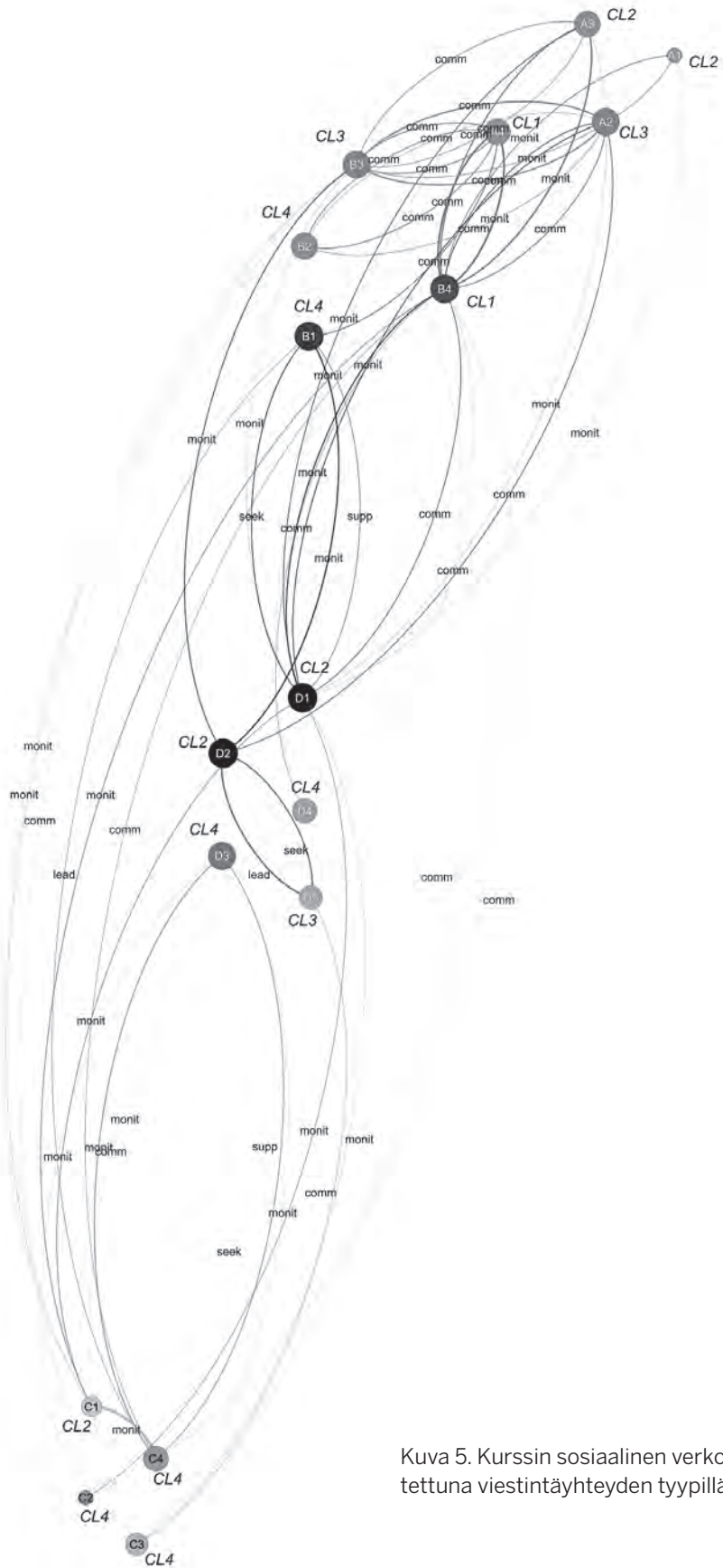
Kuva 5 esittää myöhemmässä tutkimuksessa (Knutas ym., 2016) esitetyn Code Camp -kurssin sosiaalisen verkon osan, jossa viestintää tarkasteltiin yhteyden mukaan suunnattuna ja Vivianin, Falknerin ja Falknerin (2013) mukaisten interaktiivien mukaan merkittynä. Kuvan 5 graafissa yhteyksiä luetaan kellon suuntaan, eli kaari kulkee myötäpäivään viestinnän aloittajasta kohteeseen. Erilaiset kommunikoinnin tyypit – johtaminen, tarkkailu, kommunikointi, avun etsintä, tukitehtävät ja sosiaalinen toiminta – on pyritty havaitsemaan opiskelijoiden toiminnasta ottamalla ääninäytteitä videosta ja yhdistämään yhteen kuvaan.

Julkaisussa (Knutas ym., 2016) ryhmitellään opiskelijat lisäksi toimintatapojen pohjalta stereotyyppeihin (CLuster 1–4). CL1:n toimijat ovat työhön keskittyneitä opiskelijoita, jotka keskittyvät asiakeskeiseen viestintään mutta keskustelevat ratkaisusta tarvittaessa myös ryhmän ulkopuolella. CL2:n opiskelijat ovat sosiaalisia opiskelijoita, jotka tarkkailevat, tutkivat ja puhuvat myös ryhmän toiminnasta. CL3:n opiskelijat ovat ohjat käsiinsä ottaneita taitavia opiskelijoita, jotka ohjaavat ryhmän toimintaa ja neuvovat muille, mitä pitäisi tehdä. CL4:n opiskelijat ovat kuitenkin CL1:n opiskelijat, mutta he viestivät vähemmän ja keskittyvät enemmän pelkään tekemiseen.

Aiempiä esimerkkejä vastaavasti kuvasta 5 on selkeästi erotettavissa keskeiset aktiiviset henkilöt. Erilaisia aktiviteetteja tarkasteltaessa tärkeimpänä erottuu työhön liittyvä kommunikointi (comm) sekä ryhmän sisällä että ryhmien välillä. Vastaavasti ryhmien välinen tarkkailu (monit) korostuu aktiviteeteissa.

Keskustelu sosiaalisen verkostonalyysin hyödyntämisestä

Sosiaalinen verkostonalyysi tarjoaa hyvän työkalun henkilöiden ja ryhmien välisten vuorovaikutusten analysointiin ja visualisointiin. Sosiaalisten verkostojen graafeista nähdään helposti, kuka tekee töitä ja kenenkin kanssa, ketkä ovat aktiivisia ryhmässä ja kuinka ryhmät osallistuvat vertaisaktiviteetteihin. Graafit perustuvat numeeriseen dataan ja siten tarjoavat opettajalle tukea luokkahuone-tapahtumien tulkintaan. Kun sosiaalisella verkostonalyysillä saatuja tuloksia verrataan mahdollisesti muilla välineillä saatuihin tuloksiin, esimerkiksi tenttituloksiin, saadaan kokonaisuudessaan kattavampi



Kuva 5. Kurssin sosiaalinen verkosto rikastettuna viestintätyyppien tyypillä

kuva oppilaan osaamisesta ja yhteistoiminnan tasosta.

Verkostoanalyysillä voidaan mitata henkilöiden tai ryhmien aktiiviteettia, ja se soveltuu hyvin erityisesti vertaisoppimistoiminnan tarkasteluun. Pohjimmiltaan menetelmä tarkastelee henkilöiden välisiä kommunikointia eikä tyypillisesti ota kantaa sen sisältöön tai vaikutuksiin. Yksinkertaisimmillaankin verkostoanalyysi tarvitsee dataa graafin muodostamista varten. Kuvassa 5 esitetyn rikastetun sosiaalisen verkoston laadintaan tarvitaan lisäksi tietoa kustakin aktiviteetista, mikä ei aina ole mahdollista. Tämä vaatii paljon käsin tehtyä työtä tai älykkäitä koneoppimismenetelmiä, jotka osaisivat automaattisesti päätellä viestintätyypin. Vaikka joitakin lähestymistapoja on esitelty, tekniikka ei ole toistaiseksi valmis tähän.

Tilanne on kuitenkin muuttumassa esineiden internetin ansiosta. Esineiden internet on yleistynyt tietoliikenteen suunnitteluparadigma, jonka mukaan jo joka paikassa läsnä olevien elektronisten laitteiden pitäisi olla kytkettynä tietoverkkoon ja vaihtaa suoraan tietoa keskenään (Atzori, Iera, & Morabito, 2010). Onnistuessaan esineiden internet mahdollistaa tietotekniikkapohjaisten automaatiopalveluiden tuomisen käyttäjien arkeen (Gubbi, Buyya, Marusic, & Palaniswami, 2013) ja samalla yhä suuremman automaattisen tiedonkeräämisen (Lazer ym., 2009).

Vuorovaikutukseen liittyvä data on verkostoanalyysin kannalta ensiarvoisen tärkeää. Esitetyssä Code Camp -esimerkissä vuorovaikutusdata kerättiin verkkokamerman tallentamien tapahtumien kautta. Tapahtumat ja niiden tyyppi jouduttiin kuitenkin havaitsemaan ja merkitsemään

manuaalisesti. Tämä ei monessa tapauksessa ole järkevää, vaan vuorovaikutukset tulisi kyetä keräämään automaattisesti. Tähän voidaan käyttää erilaisia pelimerkki-pohjaisia ratkaisuja tai anturipohjaisia automaattisia ratkaisuja. Tähän tutkimusongelmaan ollaan kehittämässä ratkaisuja social physics -tieteenalalla, joka on kvantitatiivinen yhteiskuntatutkimuksen vuorovaikutussuhteita tutkiva ala (Pentland, 2014). Pentland (2014) esittää myös todellisuuspohjaisen tiedonlouhinnan käsitteen, jossa tietokoneet kvantifioivat fyysisessä maailmassa tapahtuvia sosiaalisia tapahtumia sekä niiden kontekstin. Tähän mennessä tutkimuksissa on kännyköiden liikkeiden avulla kvantifioitu ihmisten ystävyysverkostoja (Eagle, Pentland, & Lazer, 2009) ja antureiden avulla on rikastettu automaattisesti kerättyä vuorovaikutusdataa tunnekontekstilla (Pentland, 2014; Vinciarelli & Pentland, 2015).

Jo monissa virtuaalioppimisympäristöissä on suoritustilastoihin ja oppimisanalytiikkaan liittyviä raportointinäkymiä (Schwendimann ym., 2017). Yhteistoiminnallisissa alustoissa raportointinäkymiin voidaan lisätä automaattisesti tuotettuja sosiogrammeja ja keskeisyysanalyysijä (Jankowski, Knutas, Ikonen, & Porras, 2015). Lisäksi tekstipohjaisesta opiskelijatoiminnasta voidaan jo automaattisesti havaita ja esittää keskustelujen konteksti (Vivian, Falkner, Falkner, & Tarmazdi, 2016; Vivian, Tarmazdi, Falkner, Falkner, & Szabo, 2015). Yleistyesään nämä palvelut helpottavat sosiaalisen verkostoanalyysin käyttöä niin, että ne mahdollistavat opettajan interventiot opetustapahtuman tai kurssin aikana ja ne eivät vie liikaa aikaa varsinaiselta opettamistoiminnalta. Toteutuessaan esineiden internet ja luokkahuoneen tapahtumien automaattinen kvantifiointi laajen-

tavat nämä sosiaalisen verkostoanalyysin mahdollisuudet fyysisten tapahtumien arviointiin. Näin opettajalle voidaan taas tarjota opiskelijoiden sekä fyysisestä että digitaalisesta sosiaalisesta toiminnasta yhdistetty yleisnäkyä, jonka opettaja pystyi saamaan aikaisemmin pelkästään seuraamalla luokkahuoneen tapahtumia. Kehitys ei ole kuitenkaan kivutonta, vaan seurantamahdollisuuksien kehittyminen tuo myös uusia ongelmia yksityisyyden kanssa (Atzori ym., 2010; Lazer ym., 2009).

Johtopäätökset

Tässä artikkelissa luotiin katsaus sosiaalisen verkostoanalyysin hyödyntämismahdollisuuksista luokkahuoneissa. Voidaan todeta, että foorumien sisältöanalyysi ja sosiaalinen verkostoanalyysi toimivat jo verkkopohjaisten oppimisolustojen vuorovaikutuksen analyysissa ja visualisoinnissa (Jankowski ym., 2015; Vivian ym., 2016). Lisäksi menetelmää on hyödynnetty opiskelijoiden välisen normaalin sosiaalisen kanssakäymisen analysointiin (Hytönen ym., 2014; Martínez ym., 2003).

Analytiikkaa varten tarvitaan kuitenkin dataa vuorovaikutustapahtumista, mikä ei ole ongelma digitaalisissa oppimisympäristöissä. Tämän datan kerääminen ja yhdistäminen luokkahuoneympäristössä tapahtuvaan toimintaan voi osoittautua hankalaksi. Kamerapohjaiset järjestelmät mahdollistavat vuorovaikutusten keräämisen, mutta kuvista ei välttämättä näe kommunikoinnin suuntaa tai sisältöä. Lisäksi kuviin perustuva järjestelmä vaatii runsaasti manuaalista merkintätöitä. Datan luontiin voi hyvin pohtia joko teknologiaan perustuvia ratkaisuja tai oppilaiden osallistamista. Sensoripohjaisilla ratkaisuilla saadaan läheisyys ja aktivitee-

tit selville, kun taas suuntaa tai sisältöä voi olla vaikea havaita. Oppilaiden osallistaminen voisi hyvin toimia tiedonkeruussa, jolloin opiskelijat kirjaavat itse havaintonsa esimerkiksi oppimispäiväkirjatyylisesti. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen voidaan siis vastata, että tiedonlouhinnan ja esineiden internetin kehittyessä digitaalisten oppimisolustojen verkostoanalyysimenetelmiä voidaan soveltaa myös luokkahuoneisiin.

Automaattisesti ja reaaliaikaisesti toimiessaan sosiaalinen verkostoanalyysi mahdollistaisi entistä tehokkaammat opettajan interventiot, mikä vastaa tutkimuskysymykseen kaksi. Vertaisoppimisen onnistumisen kannalta opettajan fasilitointi on olennaista (Johnson & Johnson, 1999), ja yhteistoiminnallisessa oppimisessa oikeanlainen ryhmähierarkia on tärkeää (Dillenbourg, 1999). Ammatikasvatuksen opetustilanteiden ja -välineiden monimutkaistuesssa hyvä fyysisen ja digitaalisen yhdistävä yleisnäkyä sosiaalisesta tilanteesta tehostaisi opettajan toimintaa niin, että opettaja voi keskittyä enemmän henkilökohtaiseen vuorovaikutukseen ja oppilaiden kannalta merkittävään ammatikasvatustoimintaan. Tähän ei kuitenkaan toistaiseksi ole valmiskäisratkaisuja. Esineiden internetin ja tiedonlouhinnan kehittyessä käytettäväksi voi kuitenkin tulla ratkaisuja, jotka ovat kenen tahansa opettajan käytössä ilman tietoteknistä erityisosaamista.

Lähteet

Alaoutinen, S., Heikkinen, K., & Porras, J. (2012). Experiences of learning styles in an intensive collaborative course. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(1), 25–49.

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.

- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. Teoksessa *Proceedings of the Third International ICWSM Conference* (ss. 361–362). AAAI Publications.
- Batagelj, V., & Mrvar, A. (1998). Pajek-program for large network analysis. *Connections*, 21(2), 47–57.
- Beetham, H., & Sharpe, R. (2013). *Rethinking pedagogy for a digital age: Designing for 21st century learning*. New York: Routledge.
- Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2013, Kesäkuu). *The flipped classroom: A survey of the research*. Tutkimusjulkaisun esitys the 120th American Society of Engineering Education Annual Conference & Exposition, Atlanta, Georgia, Yhdysvallat.
- Bonacich, P. (2007). Some unique properties of eigenvector centrality. *Social Networks*, 29(4), 555–564.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). *Ucinet for Windows: Software for social network analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Council, N. R. (2013). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: National Academies Press.
- Dekker, D., Krackhardt, D., & Snijders, T. (2003). Multicollinearity robust QAP for multiple regression. Teoksessa *1st Annual Conference of the North American Association for Computational Social and Organizational Science* (ss. 22–25). NAACSOS.
- Duque, R., Gómez-Pérez, D., Nieto-Reyes, A., & Bravo, C. (2015). Analyzing collaboration and interaction in learning environments to form learner groups. *Computers in Human Behavior*, 47, 42–49.
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning? Teoksessa P. Dillenbourg (toim.), *Collaborative-Learning: Cognitive and Computational Approaches* (ss. 1–15). Oxford: Elsevier.
- Eagle, N., Pentland, A. S., & Lazer, D. (2009). Inferring friendship network structure by using mobile phone data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(36), 15274–15277.
- Erstad, O. (2012). The learning lives of digital youth—beyond the formal and informal. *Oxford Review of Education*, 38(1), 25–43.
- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social networks*, 1(3), 215–239.
- Girvan, M., & Newman, M. E. (2002). Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12), 7821–7826.
- Gruzd, A., Paulin, D., & Haythornthwaite, C. (2016). Analyzing social media and learning through content and social network analysis: A faceted methodological approach. *Journal of Learning Analytics*, 3(3), 46–71.
- Guàrdia, L., Maina, M., & Sangrà, A. (2013). MOOC design principles: A pedagogical approach from the learner's perspective. *ELearning Papers*, (33).
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.
- Harary, F. (1969). *Graph theory*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Huba, M. E., & Freed, J. E. (2000). Learner centered assessment on college campuses: Shifting the focus from teaching to learning. *Community College Journal of Research and Practice*, 24(9), 759–766.
- Hytönen, K. (2016). *Bridging academic and working life expertise in continuing professional education: A social network perspective*. Annales Universitatis Turkuensis, ser. B, tom. 424. Turun yliopisto.
- Hytönen, K., Palonen, T., Lehtinen, E., & Hakkarainen, K. (2014). Does academic apprenticeship increase networking ties among participants? A case study of an energy efficiency training program. *Higher Education*, 68(6), 959–976.
- Ihantola, P., Vihavainen, A., Ahadi, A., Butler, M., Börstler, J., Edwards, S. H., ... Toll, D. (2015). Educational data mining and learning analytics in programming: Literature review and case studies. Teoksessa N. Ragonis, & P. Kinnunen (toim.), *Proceedings of the 2015 ITiCSE on Working Group Reports* (ss. 41–63). New York, NY: ACM.
- Irvine, V., Code, J., & Richards, L. (2013). Realigning higher education for the 21st century learner through multi-access learning. *Journal of Online Learning and Teaching*, 9(2), 172–185.
- Jankowski, K., Knutas, A., Ikonen, J., & Porras, J. (2015). Automated social network analysis of online student collaboration activity. Teoksessa B. Rachev, & R. Smrikarov (toim.), *Proceedings of the 16th International Conference on Computer Systems and Technologies* (ss. 326–333). New York, NY: ACM.
- Johanson, J.-E., Mattila, M., & Uusikylä, P. (1995). *Johdatus verkostoanalyysiin*. Kuluttajatutkimuskeskus.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). Making cooperative learning work. *Theory Into Practice*, 38(2), 67–73.
- Jokinen, J., Lähteenmäki, L., & Nokelainen, P. (2009). *Työssäoppimisen luno: Tiivistelmä toisen asteen ammatillisen sekä ammatillisen korkea-asteen*

koulutuksen ja työelämän yhteistyön metatutkimuksesta. Opetusministeriön julkaisuja 2009:10.

Jyrkiäinen, J. (2017). *OPS 2016: Opettajien ja rehtoreiden käsityksiä ja kokemuksia uudesta opetus-suunnitelmasta ja siihen valmistautumisesta*. Pro gradu -tutkielma. Tampereen yliopisto.

Knutas, A., Ikonen, J., & Porras, J. (2013). Communication patterns in collaborative software engineering courses: A case for computer-supported collaboration. Teoksessa M.-J. Laakso, & Simon (toim.), *Proceedings of the 13th Koli Calling International Conference on Computing Education Research* (ss. 169–177). ACM.

Knutas, A., Ikonen, J., Maggiorini, D., Ripamonti, L., & Porras, J. (2016). Creating student interaction profiles for adaptive collaboration gamification design. *International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals (IJHCITP)*, 7(3), 47–62.

Krackardt, D. (1987). QAP partialling as a test of spuriousness. *Social Networks*, 9(2), 171–186.

Lazer, D., Pentland, A. S., Adamic, L., Aral, S., Barabasi, A. L., Brewer, D., Christakis, N., Contractor, N., Fowler, J., Gutmann, M., Jebara, T., King, G., Macy, M., Roy, D., & Van Alstyne, M. (2009). Life in the network: The coming age of computational social science. *Science*, 323(5915), 721–723.

Lipponen, L., Rahikainen, M., Lallimo, J., & Hakkarainen, K. (2003). Patterns of participation and discourse in elementary students' computer-supported collaborative learning. *Learning and Instruction*, 13(5), 487–509.

Lombardi, M. M. (2007). Authentic learning for the 21st century: An overview. *Educause Learning Initiative*, 1(2007), 1–12.

Martínez, A., Dimitriadis, Y., Gómez-Sánchez, E., Rubia-Avi, B., Jorrín-Abellán, I., & Marcos, J. A. (2006). Studying participation networks in collaboration using mixed methods. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 1(3), 383–408.

Martínez, A., Dimitriadis, Y., Rubia, B., Gómez, E., & de la Fuente, P. (2003). Combining qualitative evaluation and social network analysis for the study of classroom social interactions. *Computers & Education*, 41(4), 353–368.

Martínez, R., Guerrero, L. A., & Collazos, C. A. (2004). A model and a pattern for the collection of collaborative action in CSCL systems. Teoksessa A. Soller, P. Jermann, M. Mühlbrock, & A. Martínez Monéz (toim.), *Proceedings of ITS 2004 Workshop on Designing Computational Models of Collaborative Learning Interaction* (ss. 31–36). Springer.

McAuley, A., Stewart, B., Siemens, G., & Cormier, D. (2010). *The MOOC model for digital practice*. Luettu osoitteesta http://www.academia.edu/download/43171388/MOOC_Final.pdf

Moreno, J. L. (1946). Sociogram and sociomatrix. *Sociometry*, 9(4), 348–349.

Nurmela, K., Lehtinen, E., & Palonen, T. (1999). Evaluating CSCL log files by social network analysis. Teoksessa C. M. Hoadley, & J. Roschelle (toim.), *Proceedings of the 1999 Conference on Computer Support for Collaborative Learning* (Article No. 54). International Society of the Learning Sciences.

Palonen, T., & Hakkarainen, K. (2000). Patterns of interaction in computer-supported learning: A social network analysis. Teoksessa B. Fishman, & S. O'Connor-Divelbiss (toim.), *Fourth International Conference of the Learning Sciences* (ss. 334–339). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Page, L., Brin, S., Motwani, R., & Winograd, T. (1999). *The PageRank citation ranking: Bringing order to the web*. Stanford InfoLab. Luettu osoitteesta <http://ilpubs.stanford.edu:8090/422/>

Pentland, A. (2014). *Social physics: How good ideas spread-the lessons from a new science*. New York: The Penguin Press.

Peterson, R. R. (2005, Toukokuu). *Twenty-first century leadership challenges*. Engineering Times.

Pohjonen, P. (2001). *Työssäoppiminen tarkasteltuna ammatillisen aikuiskoulutuksen ja työelämän näkökulmasta*. Tampere University Press.

Porras, J., Heikkinen, K., & Ikonen, J. (2007). Code camp: A setting for collaborative learning of programming. *Advanced Technology for Learning International Journal*, 4(1), 43–52.

Rautiainen, J. (2016). Ongelmälähtöinen kemian opetus. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 1(2), 59–62.

Rabbany K. R., Takaffoli, M., & Zai'ane, O. R. (2012). Social network analysis and mining to support the assessment of on-line student participation. *SIGKDD Explorer Newsletter*, 13(2), 20–29.

Razzak, N. A. (2016). Strategies for effective faculty involvement in online activities aimed at promoting critical thinking and deep learning. *Education and Information Technologies*, 21(4), 881–896.

Reffay, C., & Chanier, T. (2002). Social network analysis used for modelling collaboration in distance learning groups. Teoksessa S. A. Cerri, G. Gouardères, & F. Paraguaçu (toim.), *Proceedings of the 6th International Intelligent Tutoring Systems Conference* (ss. 31–40). Berlin: Springer.

Reffay, C., & Chanier, T. (2003). How social network analysis can help to measure cohesion in collaborative distance-learning. Teoksessa B. Was-

- son, S. Ludvigsen, & U. Hoppe (toim.), *Designing for Change in Networked Learning Environment* (ss. 343–352). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Roehl, A., Reddy, S. L., & Shannon, G. J. (2013). The flipped classroom: An opportunity to engage millennial students through active learning. *Journal of Family and Consumer Sciences*, 105(2), 44–49.
- Romero, M. (2015). Work, games and lifelong learning in the 21st Century. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 115–121.
- Rusko, R. (2008). Tentistä toimintaan. Teoksessa E. Poikela, & S. Poikela (toim.), *Laatua opiskeleluun* (ss. 110–123). Rovaniemi: Lapin yliopistokustannus.
- Schwendimann, B. A., Rodríguez-Triana, M. J., Vozniuk, A., Prieto, L. P., Boroujeni, M. S., Holzer, A., Gillet, D., & Dillenbourg, P. (2017). Perceiving learning at a glance: A systematic literature review of learning dashboard research. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(1), 30–41.
- Scott, J. (2012). *Social network analysis*. London: SAGE Publications Limited.
- Serçe, F. C., Swigger, K., Alpaslan, F. N., Brazile, R., Dafoulas, G., & Lopez, V. (2011). Online collaboration: Collaborative behavior patterns and factors affecting globally distributed team performance. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 490–503.
- Shum, S. B., & Ferguson, R. (2012). Social learning analytics. *Journal of Educational Technology & Society*, 15(3), 3–26.
- Sinha, T. (2014). *Supporting MOOC instruction with social network analysis*. Luettu sivustolta <https://arxiv.org/pdf/1401.5175.pdf>
- Terenzini, P. T., & Pascarella, E. T. (1998). Studying college students in the 21st century: Meeting new challenges. *The Review of Higher Education*, 21(2), 151–165.
- Tirronen, J. (2015). Poisvalinnat ja yliopiston strateginen johtaminen. *Tieteessä Tapattu*, 33(4), 22–28.
- Tucker, A. (2003). *A model curriculum for K–12 computer science: Final report of the ACM K–12 task force curriculum committee*. New York, NY: ACM.
- Vest, C. (2008). Context and challenge for twenty-first century engineering education. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 235–236.
- Vinciarelli, A., & Pentland, A. S. (2015). New social signals in a new interaction world: The next frontier for social signal processing. *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*, 1(2), 10–17.
- Vivian, R., Falkner, K., & Falkner, N. (2013). Analysing computer science students' teamwork role adoption in an online self-organised teamwork activity. Teoksessa *Proceedings of the 13th Koli Calling International Conference on Computing Education Research* (ss. 105–114). New York, NY: ACM.
- Vivian, R., Falkner, K., Falkner, N., & Tarmazdi, H. (2016). A method to analyze computer science students' teamwork in online collaborative learning environments. *ACM Transactions on Computing Education*, 16(2), 7:1–7:28.
- Vivian, R., Tarmazdi, H., Falkner, K., Falkner, N., & Szabo, C. (2015). The development of a dashboard tool for visualising online teamwork discussions. Teoksessa A. Bertolino, G. Canfora, & S. Elbaum (toim.), *Proceedings of the 37th IEEE International Conference on Software Engineering* (ss. 380–388). IEEE.
- Yazici, H. J. (2005). A study of collaborative learning style and team learning performance. *Education + Training*, 47(3), 216–229.

