

Yliopistopedagogisiin opintoihin kuuluva opetuskoe kurssilla *TIEA241 Automaatit ja kieliopit* syksyllä 2018

Antti Valmari

6. marraskuuta 2018

1 Tausta

Matematiikan oppimistulokset lukioissa ja yliopistoissa ovat nykyisin paljon huonommat kuin kolme vuosikymmentä sitten. Se aiheuttaa vakavaa häiriötä ohjelmistoammateissa tarvittavien taitojen ja tietojen opettamiselle ja opiskelulle. Kovin harva opiskelija pysyy esimerkiksi lukemaan tavallista tietorakenteiden ja algoritmien oppikirjaa tai samaa aihetta käsittelevää Wikipedian sivua. Tiedän tämän mm. teettämieni esseetehtävien ja harjoitustöiden perusteella. Olemme tämän asian kanssa kriisissä.

En usko nykynuorten olevan lahjattomampia kuin aiemmat sukupolvet. Uskon, että he ovat käyttäneet teinivuotensa toisin kuin kalkkissukupolvet, ja siksi heillä on paljon heikommat pohjatiedot. Heillä on myös toisenlaiset opiskelutavat. Lisäksi ohjelmistoalan työpaikkojen määrän kasvun seurauksena alalle tulee nykyisin paljon lukiossa lyhyen matematiikan suorittaneita, koska pitkän matematiikan suorittaneita ei ole riittävästi. Olen kuitenkin toiveikas, että yliopistoon tullessaan useimmilla on sekä halua että kykyä nähdä vaivaa opintojensa eteen, jos opetus onnistutaan järjestämään siten, että se ei tunnu heistä ylivoimaiselta.

Perinteisen matemaattisten asioiden opiskelutavan keskiössä sekä kouluissa että yliopistoissa olivat laskuharjoitukset. Perusasiat opittiin behavioristisesti ratkaisemalla paljon samanlaisia yksinkertaisia tehtäviä. Sitten siirryttiin vaativampiin tehtäviin, joissa piti suunnitella strategia jolla tehtävä ratkaistaan ja koota ratkaisu aiemmin opituista paloista. Tällöin oppiminen oli kognitiivista. Opiskelijat pystyivät usein itse päättämään, oliko ratkaisu oikein. Tälle tasolle olisi hyvä päästä ohjelmistoammateissakin, jotta ohjelmoija pystyisi päättämään, toimiiko hänen tekemänsä ohjelma oikein, sen sijaan että se lähetetään asiakkaalle tietämättä, voiko siihen luottaa.

Koska nykyopiskelijat eivät lukion jäljiltä osaa perusasioita vahvasti, heiltä puuttuvat ne palat, joista vaativampien tehtävien ratkaisut pitäisi rakentaa. Heillä ei myöskään ole kokemusta ratkaisustrategian suunnittelusta. Siksi tyypillisen yliopistotasaisen tehtävän edessä he eivät useinkaan tiedä edes miten aloittaa, tai miten jatkaa, jos he pääsevät alkuun mutta sitten laskut jumiutuvat. Malliratkaisun näkeminen seuraavana päivänä laskuharjoitustilaisuudessa ei paljoa heitä auta, koska laskuharjoitustilaisuudessa siirrytään saman tien seuraavaan tehtävään, joten opiskelijalle ei jää aikaa esimerkiksi soveltaa malliratkaisua oman kesken jääneen ratkaisuyrityksensä jatkamiseen.

Jotta perusasiat opittaisiin rutiinitasolle, opiskelijoiden tulisi tehdä kymmenittäin samankaltaisia tehtäviä. Koska kyse on perusasioista, niiden ratkaisut olisivat saatavissa laskimesta tai netin matematiikkakoneista kuten Wolfram Alpha. En tiedä, onko missään yritetty sitä, että ensimmäisen opiskeluvuoden aikana opiskelijoille annetaan joka viikko

montakymmentä rutiinitehtävää ratkaistavaksi ja oikeat ratkaisut annetaan heidän käyttöönsä, jotta he voisivat tarkastaa ratkaisunsa itsenäisesti. Ennustan, että suurin osa opiskelijoista tekisi vain pienen osan tehtävistä. Käymieni keskustelujen perusteella suurin osa kollegoista olisi samaa mieltä. Opiskelijoita olisi vaikea saada hyväksymään, että heidän pitäisi käyttää suuri määrä tunteja ratkaistakseen tehtäviä, jotka koneet voisivat ratkaista heidän puolestaan.

Jotta opiskelijat saataisiin harjoittelemaan riittävästi, heille annetaan niin sanottuja porkkanapisteitä, eli kotitehtävien ratkaisemisesta myönnettäviä pisteitä, jotka tavalla tai toisella lasketaan tenttipisteiden päälle tai jotka saattavat korvata tentin kokonaan. Mitä suurempi merkitys porkkanapisteillä on, sitä tärkeämpää on tarkastaa, että opiskelijoiden vastaukset ovat oikein. Tähän ei ole käytettävissä riittävästi opettajia. Siksi on kehitetty automaatteja, jotka tarkastavat opiskelijoiden antamat vastaukset ja kirjaavat pisteet. Vastauksen kaveri-ilta kopiointien ongelmaa vältetään sillä, että samankaltaisia tehtäviä on monta, joista automaatti arpoo joka opiskelijalle yhden. Avustajien käytön ongelmaa ja vastausten netin matematiikkakoneista etsimisen ongelmaa ei osata välttää.

Kaikkein yksinkertaisimpia tapauksia lukuunottamatta oikea lopputulos voi esiintyä monessa eri muodossa, kuten $2\sqrt{a}$ tai $\sqrt{4a}$. Tästä syystä ei riitä, että automaatti tarkastaa vastauksen merkki merkiltä. Automaatin tulee osata selvittää, esittääkö kaksi erinäköistä matemaattista lauseketta samaa matemaattista funktiota. Tähän pystyy ohjelmisto nimeltä STACK eli System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel. Se on osoittautunut hyväksi työkaluksi, ja sitä käytetään Suomessa paljon.

STACK ei kuitenkaan ole täydellinen työkalu. Ensiksi, koska se tarkastaa vain lopputuloksen, sitä voidaan käyttää tehokkaasti vain yksinkertaisissa tehtävissä. Jos tehtävän ratkaiseminen edellyttää viittä välivaihetta, opiskelija tarvitsisi tiedon, missä kohtaa hänen vastauksensa meni vikaan. Toiseksi, STACK on kapea-alainen. Siinä ei ole tukea esimerkiksi logiikan tehtäville tai tehtäville, jotka yhdistävät aritmetiikkaa ja logiikkaa. Jälkimmäinen ominaisuus olisi erittäin tärkeä ohjelmistomatematiikan opiskelussa.

Olen vuodesta 2015 alkaen laatinut ohjelmistoa nimeltä MathCheck, joka antaa palautetta matematiikan tehtävien koko vastauksista, siis ei pelkästään lopputuloksista. Sen ensimmäinen versio tarkasti lukioden matematiikassa ja yliopistojen alkeiskursseilla esiintyvien lausekkeiden sievennyksiä. Palautteeksi sievennysvirheestä se antoi esimerkin lukuarvoista, joilla sievennysaskeleen vasen puoli tuottaa eri tuloksen kuin oikea puoli. (Jos sievennysaskeleessa ei käytetty merkkiä ”=”, vaan esimerkiksi ”<”, palaute muodostettiin vastaavasti.) Sittemmin lisäsin palautteeseen kuvan, joka esittää molempia puolia vastaavien funktioiden kuvaajat. MathCheckin ensimmäinen versio siis käsitteli samaa aihealuetta kuin STACK, joskaan ei yhtä kattavasti (MathCheck ei tänä päivänä tunne kompleksilukuja), mutta antoi paremmin palautetta.

Kesään 2018 mennessä olin lisännyt MathCheckiin tarkastuksen viidelle eri tehtävätyypille: yhtälöiden ratkaiseminen, propositiologiikka, taulukoita koskevien väittämien ilmaiseminen predikaattilogiikalla, predikaattilogiikan ja moduloaritmetiikan yhdistelmä, sekä lausekepuut. Lausekepuutehtävät auttavat opiskelijoita hahmottamaan lausekkeiden rakennetta ja niihin liittyviä käsitteitä, kuten sitovuussäännöt. Näistä ainoastaan yhtälöiden ratkaisuun on tukea STACKissa.

MathCheck ei tunnista käyttäjänsä. Kuka tahansa, joka löytää MathCheckiä hyödyntävän tehtäväsivun, voi käyttää sitä. Siksi MathCheck ei myöskään kirjaa pisteitä. Osittain tämä johtuu siitä, että käyttäjän tunnistaminen ja pisteiden kirjaaminen voidaan hoitaa muilla ohjelmilla, kuten esimerkiksi TIM, käyttämällä MathCheckiä niiden ”läpi”. Osittain tämä johtuu siitä, että minusta pisteiden kirjaamisesta on enemmän haittaa kuin

hyötyä. Käyttäjän tunnistamisen puuttuminen tekee käytöstä näppärämpää ja konkretisoi opiskelijoille sen, että MathCheckin käytön tarkoitus on asian oppiminen eikä pisteiden kerääminen. (Tästä huolimatta TTY:ssä on käytetty MathCheckiä Exam-tenteissä.)

Olen käyttänyt MathCheckiä omilla kursseillani ensin TTY:ssä ja sitten Jyväskylän yliopistossa. Muut ovat käyttäneet sitä TTY:ssä muutamilla kursseilla sekä niin sanotussa matematiikkajumpassa. Opiskelijoiden palaute MathCheckin käytöstä oli alkuun kaksisuuntaista, mutta kallistui selvästi myönteiseen päin sen jälkeen kun opettajat alkoivat oppia miten MathCheck-tehtäviä kannattaa laatia.

MathCheck näyttää myös saavan opiskelijat tekemään enemmän töitä kuin perinteiset laskuharjoitukset. Tämä konkretisoitui, kun syksyn kurssiani varten yritin muuntaa yhden vanhan MathCheck-tehtäväsarjan perinteisiksi paperitehtäviksi, jottei opiskelijoiden tarvitsisi yhden tehtäväsarjan vuoksi opetella MathCheckin käyttöä. Kun tehtävänkuvauksia ylitti kaksi sivua olematta vielä valmis, luovuin yrityksestä, koska aikaisempi kokemukseni on ollut, että jos paperisten tehtävien joukossa on pitkä, opiskelijat eivät valitse sitä. Kuitenkin tehtävän MathCheck-versiota oli edellisestä keväänä tehty runsaasti.

Opettajien näppituntuma ja opiskelijoiden vastaukset siitä, kokivatko he MathCheckin hyödylliseksi, ei ole kokonaan vailla informaatioarvoa, mutta ei myöskään vahva todiste siitä, parantaako MathCheck oppimistuloksia. Vahvemman todisteen hankkiminen on vaikeaa ja työlästä. Sellainen kuitenkin saatiin Terhi Kaarakan TTY:ssä syksyllä 2016 tekemässä kokeessa. Sen mukaan MathCheckin käyttö asioiden harjoitteluun vähintään tunnin ennen minitenttiä nosti opiskelijoiden pistemäärää tilastollisesti merkitsevässä määrin ($p = 2\%$) verrattuna niihin opiskelijoihin, jotka harjoittelivat MathCheckillä alle tunnin. Wolfram Alphalla saatiin samankaltainen tulos, mutta pistemäärän nousu oli paljon pienempi, eikä ollut tilastollisesti merkitsevä.

2 Yhteysriippumattomat kieliopit ja niiden opettaminen

Yhteysriippumattomat kieliopit ovat tärkein keino määrittellä keinotekoisten kielten, kuten ohjelmointikielten, rakenteellisia sääntöjä. Niin sanottu Backus-Naur Format eli BNF on sama asia hieman eri tavalla esitettynä. Niiden merkitys nousee siitä, että niillä on osajoukko, joka on jäsennettävissä tehokkaasti (toisin sanoen, ilmaisun pilkkominen rakenteensa mukaisesti onnistuu tehokkaasti) ja jonka ilmaisuvoima riittää melkein kaikkien matematiikassa ja ohjelmoinnissa tarvittavien muodollisten kielellisten rakenteiden esittämiseen. Erityisen tärkeää on, että yhteysriippumattomilla kielioppeilla voi määritellä epähomogeenisia hierarkisia rakenteita. Yhteysriippumattomia kielioppeja on käytetty myös luonnollisten kielten tutkimuksessa, joskin kielitieteilijät ovat sittemmin kehittäneet heille parempia malleja.

Haluttu rakenne voidaan usein määrätä käyttämällä sulkuja "(“ ja ”)”. Jos sulkuja ei käytetä, rakenne määräytyy säännöistä, jotka ilmaistaan yleensä sitovuustason (precedence) ja sitovuuden suunnan (left / right associativity) käsitteiden avulla. Esimerkiksi $1 + 2 \cdot 3$ tarkoittaa samaa kuin $1 + (2 \cdot 3)$ ja eriä kuin $(1 + 2) \cdot 3$. Opiskelijat oppivat oikeita tulkintoja alitajuisesti käyttäessään matematiikan merkintöjä ja ohjelmointikieliä. Heitä voidaan myös opettaa tulkitsemaan rakenteita tietoisesti. MathCheckin lausekepuutehtävät on kehitetty tätä varten. Nämä asiat ovat tässä raportissa käsiteltävän opetuskokeen kannalta taustaa, jonka opiskelijat jo osaavat. Kielen käyttämiseksi yleensä riittääkin hallita taustalla oleva teoria tällä tasolla. Sitovuussäännöt määrittelevät kuitenkin vain osan kielen rakenteesta. Ne eivät riitä esimerkiksi kielen suunnitteluun. Yhteysriippumattomil-

la kielioppeilla kielen rakenne voidaan määritellä tarkemmin.

Tässä raportoitavan opetuskokeen kohteena olivat yhteysriippumattomat kieliopit itsessään, siis ei niiden avulla määriteltyjen kielten tulkinta. Tällä on kaksi tavoitetta.

Ensiksi, vaikka harva opiskelija päätyy määrittelemään ohjelmointikieliä, monet joutuvat määrittelemään pieniä kieliä erityistehtäviin. Esimerkiksi tapa, jolla linja-autoaika-taulu kannattaa esittää, riippuu siitä, kulkeeko samaa linjaa muutama vuoro päivässä vai useita vuoroja tunnissa.

Toiseksi, ja tämä on edellistä tärkeämpää, yhteysriippumattomat kieliopit ovat periaatteessa erinomainen harjoitusvastustaja luotettavien ohjelmien laadinnassa ja matemaatiikassa käytettävien taitojen kehittämiseen. Niiden perusidea on yksinkertainen, mutta silti usein on vaikea päätellä, määritteleekö yhteysriippumaton kielioppi sellaisen kielen kuin halutaan. Kun yritetään kirjoittaa sanallisesti kuvattujen tavoitteiden mukainen yhteysriippumaton kielioppi, niin tarvitaan tiivistetyssä muodossa samanlaisia tehtävän tulkintataitoja ja päättelytaitoja kuin ohjelman osoittamisessa toimivaksi tai matemaattisen todistuksen laadinnassa. Jos opiskelijoilla olisi tarvittavat taidot valmiina, niin yhteysriippumattomien kielioppien kirjoittamisen opettaminen olisi luultavasti helppoa. Se, että se on osoittautunut vaikeaksi, paljastaa taitojen puutteet — mutta samalla periaatteessa tarjoaa erinomaisen mahdollisuuden opettaa niitä.

Käytännössä tätä on vaikea saada toimimaan. Kokemuksieni mukaan opiskelijat helposti luulevat kielioppiensa olevan oikein, vaikka ne eivät ole. Koska aloittelevan opiskelijan laatima kielioppi ei useinkaan perustu selkeään pätevään ajatteluun, voi olla hyvin vaikeaa nähdä, mitkä merkkijonot se tuottaa ja ei tuota. Siksi laskuharjoituksia vetävällä opettajalla täytyisi olla uskomaton kyky päätellä lennosta onko opiskelijan vastaus oikein, ja tarvittaessa esittää sille vastaesimerkki.

Automaattitarkastimen rakentaminen yhteysriippumattomia kielioppeja käsitteleville tehtäville poistaisi edellä mainitun pullonkaulan. (Sitäpaitsi se on erittäin kiehtova ohjelmointitehtävä.) Olin päättänyt toteuttaa sellaisen heti kun minulla olisi riittävästi aikaa. Hoksasin, että voin kuitata YPE10:een pakollisena kuuluvan opetuskokeen hankkimalla siitä hieman palautetta sen jälkeen kun olen sen toteuttanut. Niinpä kiireen vilkkaa toteutin sen, tein veppisivun jolla on sitä hyödyntäviä yhteysriippumattomiin kielioppeihin liittyviä tehtäviä, laadin opiskelijoille tarkoitetun kyselylomakkeen, ja tarkastutin lomakkeen observoijallani psykologian tohtori Juho Strömmerillä ja kurssiassistentillani matematiikasta gradua viimeistelevällä Johanna Rantalalla.

Kuten usein muulloinkin, jo pelkkä tekniikan ja oppimateriaalin toteuttaminen nosti esiin asioita, joita en tullut ennalta ajatelleeksi. Kirjallisuudessa esitettyjen algoritmien taivuttaminen tähän tehtävään oli vaikeampaa kuin olin arvannut, joten tein olennaisen ohjelmointivirheen, jonka sain kunnolla korjattua vasta opetuskokeen jälkeen. Virhe ei estänyt eikä tietävästi edes haitannut opetuskoea, mutta sillä on muu merkitys tässä kertomuksessa, kuten myöhemmin ilmenee. Tehtäviä sisältävä veppisivu ei voinut suoraan päätää rynnätä yhteysriippumattomien kielioppien laadintaharjoituksiin, vaan ensin piti varmistaa, että opiskelijoilla on riittävä tekninen ja teoreettinen tausta. Kun olin saanut sen varmistettua, sivu oli niin pitkä ja aikaa oli jäljellä niin vähän, että jouduin jättämään kielioppien laadintatehtävät vähiin. Sivusta tuli siksi yhteysriippumattomien kielioppien laadintaan johdatteleva sivu eikä varsinaisesti niiden laadintaa opettava sivu.

Opetuskokeeni muodostui siitä, että kurssin TIEA241 Automaatit ja kieliopit opiskelijat lukivat ym. veppisivun ja ratkaisivat siinä olevat tehtävät omalla ajallaan. Automaatti antoi heille palautetta, jonka avulla he pystyivät parantamaan vastauksiaan kunnes ne olivat oikein. Myöhemmin he täyttivät asiaan liittyvän kyselylomakkeen.

3 Tiedon keruu ja vastaajat

Kurssilla TIEA241 Automaatit ja kieliopit oli joka viikko kolme samansisältöistä demotilaisuutta, joissa käytiin läpi kyseisen viikon kotitehtävien vastaukset. Joka viikko oli kuusi kotitehtävää. Opiskelijan oli kerättävä demoista yhteensä 15 pistettä, jotta hän saisi oikeuden osallistua tenttiin. Jos opiskelija ilmoittaa tehtävän tehdyksi, hän saa siitä pisteen, ja jos hän esittää vastauksensa taululla, hän saa toisenkin pisteen. Opettaja valitsee taululle joutuvat (tai pääsevät) opiskelijat. Yhdellä kertaa hyväksytään kuitenkin enintään 5 pistettä, joten opiskelijan on osallistuttava demoihin vähintään kolmesti.

Opetuskokeen kohteena ollut nettitehtävä muodosti kaksi kurssin viidennen viikon kuudesta kotitehtävästä. Kotitehtävien luettelossa se oli numeroina 29 ja 30 seuraavasti:

29. Tee verkossa osoitteessa

`http://users.jyu.fi/~ava/t_CFG.html`

oleva tehtävä puoliväliin.

30. Tee verkossa osoitteessa

`http://users.jyu.fi/~ava/t_CFG.html`

oleva tehtävä loppuun.

Tämän raportin lukijat ovat tervetulleet kokeilemaan tehtävää itse, jos haluavat. Edellä olevat linkit saattavat toimia ihan vain klikkaamalla, ja jolleivät toimi, linkin voi maalata ja kopioida selaimen osoiteriville.

Kurssin viidennen viikon demotilaisuudet olivat 16.10. (kaksi kappaletta) ja 17.10. Opiskelijoiden kokemukset nettitehtävästä kerättiin niiden alussa kyselylomakkeella, joka on esitetty luvussa 4. Opettajat eivät olleet etukäteen kertoneet kyselystä eivätkä muutenkaan erikseen kehottaneet tekemään nettitehtävän. Kysely tuli ainakin ensimmäiselle demoryhmälle yllätyksenä.

Täytettyjä lomakkeita saatiin 28. Yksi vastaaja oli jättänyt vastaamatta kysymyksiin 1, 3, 4 ja 15, ja yksi kysymykseen 14. Muutoin lomakkeet oli täytetty täysin. Lisäksi palautettiin neljä muuten tyhjää lomaketta, joissa luki, että opiskelija ei ollut tehnyt nettitehtävää. Kahdessa niistä opiskelija ilmoitti aikovansa tehdä sen myöhemmin.

Seuraavassa taulukossa opiskelijat on jaettu neljään ryhmään sen mukaan, oliko opiskelijalla riittävä pistemäärä koossa jo ennen tätä tapaamiskertaa ja saiko hän pisteitä tällä tapaamiskerralla. Ne kurssille ilmoittautuneet opiskelijat eivät ole mukana, jotka eivät ole keränneet kurssin aikana yhtään pistettä. Taulukon luku ilmoittaa ryhmän koon. Lukujen perusteella kyselyyn vastasi sekä erityisen ahkeria opiskelijoita (he 18, jotka jatkoivat pisteiden keruuta vaikka minimimäärä oli jo täysi) että vastakkaiseen reunaan kuuluvia opiskelijoita (he 10, jotka eivät olleet saaneet riittävä pistemäärää kokoon neljän ensimmäisen viikon aikana).

	sai nyt pisteitä	ei saanut nyt pisteitä
etukäteen \geq 15 pistettä	18	22
etukäteen $<$ 15 pistettä	10	5

Koska kyselylomakkeita saatiin takaisin 32, läsnä on ollut ainakin neljä opiskelijaa, jotka eivät merkinneet tehneensä yhtään tehtävää. Kuten kysymyksen 18 vastausjakamasta näkyy, muutama lomakkeen täyttänyt opiskelija ilmoitti saaneensa vain pienen osan

nettitehtävistä tehtyä. Sellainen opiskelija on saattanut jättää numerot 29 ja 30 merkitsemättä pisteidenkeruulistaan. Heistä, jotka saivat tällä viikolla pisteitä, kolme ei ollut merkinnyt kumpaakaan numeroista 29 ja 30, ja neljä oli merkinnyt vain toisen niistä. Toisaalta seitsemän opiskelijaa oli merkinnyt vain numeroita 29 ja 30. Toisin sanoen, kun opiskelijat valitsivat mitä tehtäviä kuudesta tarjolla olleesta he tekevät, he suosivat nettitehtävää. Sama havainto on tehty aikaisemminkin MathCheckiä käyttäneillä kursseilla, mutta havainto on jäänyt näppituntuman tasolle, koska kunnollista tilastointia ei ole tehty.

4 Kyselylomake, jakaumat, keskiarvot ja merkitsevyydet

Taulukossa 1 esitetään kyselyssä käytetty lomake muuten alkuperäisessä muodossaan, mutta kuhunkin vastausruutuun on kirjoitettu niiden opiskelijoiden määrä, jotka valitsivat kyseisen ruudun (paitsi jos kukaan ei valinnut sitä), ja jokaisen rivin perään on lisätty vastausten keskiarvo sekä tilastollisen merkitsevyyden taso yksisuuntaisessa testissä. Yksi tähti tarkoittaa p -arvoa 5 %, kaksi tähteä 1 % ja kolme tähteä 0,1 %. Merkitsevyydsrajat on määritetty tekemällä kymmeniä miljoonia 27 vastauksesta koostuvia arvontoja tasajakaumasta 1, ..., 5. Laskut on tehty useammalla desimaalilla kuin taulukko näyttää.

Tilastollisen testaamisen olemukseen kuuluu, että vahvaltakin näyttävä havainto saattaa johtua sattumasta niin että havaittua ilmiötä ei todellisuudessa ole. p -arvo viittaa siihen todennäköisyyteen, jolla ilmiö havaitaan, jos sitä ei todellisuudessa ole. Esimerkiksi kysymyksen 1 kohdalla tämä tarkoittaa, että jos opiskelijoiden vastaukset olisivat todellisuudessa täysin satunnaisia, niin todennäköisyys sille, että vastausten keskiarvo olisi enintään 2,0 (tarkemmin laskien 2,04) on enintään 1 promille.

p -arvorajojen tulee olla pieniä, mutta muuten niiden valinta on pohjimmiltaan mielivaltaista. Tapana on käyttää arvoja 5 %, 1 % ja 0,1 %, joten niitä käytetään tässäkin. Monella alalla 5 % katsotaan siksi rajaksi, jonka kohdalla ilmiön olemassaoloon aletaan alustavasti uskoa. On kuitenkin tärkeää ymmärtää, että koska $5\% = \frac{1}{20}$, niin jos tehdään 20 eri tutkimusta joista yhdessäkin tutkittava ilmiö ei ole todellinen, niin todennäköisesti yhdessä niistä saadaan tulokseksi, että ilmiö on todellinen p -arvolla 5 %.

p -arvorajaa 5 % käytetään sen epäluotettavuudesta huolimatta siksi, että parempien p -arvojen saavuttaminen vaatii usein niin suuria aineistoja, että siihen ei käytännössä ole mahdollisuutta. Mitä pienempi aineisto on, sitä enemmän se on altis satunnaisvaihtelulle ja sitä vaikeampaa on saavuttaa pieniä p -arvoja. Esimerkiksi jos $n = 2$, niin 5 % taso saavutetaan vain jos molemmat vastaukset ovat 5 (tai toisinpäin jos molemmat vastaukset ovat 1), eikä 1 % tasoa ole mahdollista saavuttaa lainkaan.

Tästä seuraa myös, että aineiston ollessa pieni p -arvon jääminen huonoksi ei todista, että ilmiötä ei ole, vaan jäljelle jää mahdollisuus, että ilmiö on todellinen mutta ei niin vahva, että se olisi näkynyt aineistossa kunnolla. Samasta syystä isolla aineistolla saavutettu hyvin pieni p -arvo ei ole todiste sille, että ilmiö on vahva, vaan vahva todiste sille, että ilmiö on todellinen. p -arvot eivät siis todista sitovasti mitään suuntaan eikä toiseen, vaan parhaimmillaan ainoastaan tekevät hyvin uskottavaksi, että jokin ilmiö on todellinen.

5 Tulosten tulkinta ja johtopäätökset

Kysymyksiin 1, ..., 4 annettujen vastausten perusteella on varsin varmaa, että tehtäväsarja ei ollut kohderyhmälle liian vaikea. Luultavasti se ei ollut liian helppokaan, mutta

Taulukko 1: Kyselylomake

Tämä kysymyslomake on osa luennoijan (Antti Valmari) yliopistopedagogisiin opintoihin kuuluvaa opetuksen kehittämistehtävää lokakuussa 2018. Kehittämistehtävän aiheena on tietokonetuki yhteysriippumattomien kielioppien opiskelun apuna. Kysymykset koskevat tämän viikon demoissa ollutta tietokoneistettua tehtävää kokonaisuutena, siis koti-tehtäviä 29 ja 30 yhdessä. Vastaa asteikolla 1 = vahvasti eri mieltä, 2 = lievästi eri mieltä, 3 = neutraali, 4 = lievästi samaa mieltä, 5 = vahvasti samaa mieltä. Vastaa prosenttiosuuskysymykseen asteikolla 1: $0 \leq x < 20$, 2: $20 \leq x < 40$, 3: $40 \leq x < 60$, 4: $60 \leq x < 80$, 5: $80 \leq x \leq 100$.

kysymys	1	2	3	4	5	ka
1. Yksittäisissä alatehtävissä oli monta liian vaikeaa.	7	14	4	2		2,0 ***
2. Yksittäisissä alatehtävissä oli monta liian helppoa.	2	9	12	5		2,7
3. Tehtäväsarja oli kokonaisuutena liian vaikea.	8	10	7	2		2,1 ***
4. Tehtäväsarja oli kokonaisuutena liian helppo.	6	9	11	1		2,3 **
5. Automaatin väärin vastauksiini antamasta palautteesta oli hyötyä.		6	7	13	2	3,4
6. Oikeista vastauksista tulleet keuhut ja vitsit kannustivat jatkamaan.		2	7	11	8	3,9 ***
7. Tehtäväsarja sopii 1. vuoden opiskelijoille.	1	3	8	10	6	3,6 *
8. Tehtäväsarja sopii 2.–3. vuoden opiskelijoille.			5	12	11	4,2 ***
9. Tehtäväsarja sopii 4.– vuoden opiskelijoille.			7	13	8	4,0 ***
10. Tehtäväsarjan avulla oli mukavampi opiskella kuin perinteisillä laskuharjoituksilla.			1	16	11	4,4 ***
11. Uskon oppineeni tehtäväsarjan avulla enemmän kuin olisin oppinut perinteisillä laskuharjoituksilla.			1	18	9	4,3 ***
12. Tehtäväsarjan läpikäynti demotilaisuudessa on tarpeellista (esim. siksi että haluan tietää oikeat vastaukset niihin kohtiin, joita en saanut tehdyksi).			8	11	9	4,0 ***
13. Tehtäväsarja tekee samaa aihetta käsittelevät luennot tarpeettomiksi.	7	15	6			2,0 ***
14. Tehtäväsarja tekee samaa aihetta käsittelevät perinteiset laskuharjoitukset tarpeettomiksi.	3	13	9	2		2,4 *
15. Käytin oikean alanurkan piirtotyökalua apuna.	7	8	4	3	5	2,7
16. Osasin jo ennen tämän tehtäväsarjan tekemistä kirjoittaa yhteysriippumattomia kielioppeja sanallisesti kuvatuille kielille.	10	13	2	2	1	2,0 ***
17. Uskon nyt osaavani kirjoittaa yhteysriippumattomia kielioppeja sanallisesti kuvatuille kielille.		2	5	19	2	3,8 **
18. Minkä prosenttiosuuden alatehtävistä sait tehtyä?		2	6	2	18	4,3 ***

Voit kirjoittaa vapaamuotoisia kommentteja alle ja jatkaa tarvittaessa kääntöpuolelle.

todisteet tästä eivät ole yhtä vahvat. Tehtäväsarja katsotaan sopivaksi kaikille opiskelijoille, selvemmin muille kuin ensimmäisen vuoden opiskelijoille (kysymykset 7, 8 ja 9). Tähän kauniseen kuvaan aiheuttaa särön se, että osa opiskelijoista ilmaisi kysymyksen 18 kohdalla tehneensä vain noin puolet alakohdista tai jopa sitäkin vähemmän.

Todisteet siitä, että vastaajat kokivat automaatin antaman palautteen hyödylliseksi, jäivät riittämättömiksi (5). Kuitenkin tuli vahvaa todistetta siitä, että he kokivat sen kannustavaksi (6). Vastaajat kokivat suorastaan häikäisevässä määrin tämän tehtäväsarjan sekä miellyttävämmäksi että opettavaisemmaksi kuin perinteiset laskuharjoitukset (10 ja 11). Silti he olivat sitä mieltä, että tehtäväsarja ei tee tarpeettomaksi saman asian käsittelemistä perinteisillä opetustavoilla (13 ja 14). Tämä sopii yhteen sen kanssa, että vastaajien uskomus omasta osaamisesta nousi huomattavasti, mutta ei saavuttanut ihanteellista tasoa (16 ja 17). Kysymykseen 13 tulleiden vastausten perusteella luentoja ei vielä kannata julistaa aikansa eläneeksi opetusmuodoksi!

Opiskelijat vastasivat kyselyyn hyvin vahvasti, että tehtäväsarjan läpikäynti yhdessä jälkikäteen on tarpeellista (12). Kuitenkin sekä tämän tehtäväsarjan että aikaisempien MathCheck-tehtävien yhteydessä, kun opiskelijoilta kysyttiin demoissa onko tarpeen käydä tehtäväsarja läpi, he melkein poikkeuksetta eivät vastanneet ”kyllä”. Olen aikaisemmillä kursseillani käynyt MathCheck-tehtäväsarjoja läpi kysymättä opiskelijoilta, onko se heistä tarpeellista. Niissä tapauksissa kurssin palautteessa on ollut kritiikkiä, että se oli turha ajan hukkaa.

Kysymyksen 15 vastaukset ovat linjassa sen kanssa, että ennenkin on havaittu toisten opiskelijoiden tarttuvan heille ilman käyttöpakkoa avuksi tarjottuihin työkaluihin innokkaammin kuin toisten.

Kuten mainitsin luvussa 2, tekemäni veppisivu johdatteli yhteysriippumattomien kielioppien suunnitteluun, mutta sisälsi vain vähän varsinaisia suunnittelutehtäviä. Tarkoitukseni oli seuraavalla viikolla teettää niitä lisää, mutta luvussa 2 mainitsemani ohjelmointivirhe nousi tässä vaiheessa esteeksi. Niinpä laadin seuraavan viikon tehtäviin yhden sanallisen kolmiosaisen yhteysriippumattomien kielioppien suunnittelutehtävän. Sain kuitenkin ohjelmointivirheen korjattua ensimmäistä demokertaa edeltävänä yönä, joten lisäsin kurssin aineistoon veppisivun, jolla tehtävän vastauksen voi tarkastaa koneella.

Ensimmäisellä demokerralla muistaakseni kaksi opiskelijaa ilmoitti tehneensä sanallisen tehtävän. Pyysin toisen heistä syöttämään ratkaisunsa tietokoneelle. Kone osoitti siinä heti virheen. Hän yritti muutamaan kertaan korjata vastauksensa, mutta kone osoitti virheen joka kerta. Toinenkin tehtävän tehneeksi ilmoittanut perääntyi ilmoituksestaan. Tapaus havainnollistaa minusta kahta asiaa: tietokoneiden tarjoama tarkastusapu on tällaisten tehtävien tapauksessa lähes välttämätön sekä opiskelijoille että opettajille, ja opiskelijoiden jo suorittama monta kysymystä sisältävä veppisivu ei riittänyt siihen, että opiskelijat sankoin joukoin todella osaisivat suunnitella yhteysriippumattomia kielioppeja (vertaa kysymys 17). Haaste on tarjolla täällä:

http://users.jyu.fi/~ava/t_31.html

Sanallinen palaute ei tuonut esiin uusia huomioita. Suurelta osin se oli linjalla ”lisää tällaista!” Kaiken kaikkiaan voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

- MathCheckin vääriin vastauksiin antamaa palautetta tulee kehittää.
- Yhteysriippumattomien kielioppien alueella tarvitaan lisää tehtäviä.
- Vaikka näyttö MathCheckin hyödyistä ei ylläkään hiukkasfysiikassa käytetylle luotettavuustasolle, se on opetuskokeessa saaduksi näytöksi vahvaa.

Palaute professori Antti Valmarin YPE10-opintoihin kuuluvasta opetuskokeilusta

Professori Antti Valmari on suunnitellut verkkopohjaisen oppimisympäristön yhteysriippumattomien kielioppien opettamista varten ja ottanut sen ensimmäistä kertaa käyttöön ohjelmoinnin opetuksessa Jyväskylän yliopistossa. Osallistuin opetuskokeiluun tekemällä harjoituksia itsenäisesti yhteensä muutaman tunnin ajan usean eri päivän aikana. Minulla on vain vähän aiempaa kokemusta ohjelmoinnista, mutta ohjelmoinnin logiikka on minulle tuttua aivomittausanalyysien ja tilastollisten menetelmien alueella esimerkiksi Matlabin ja R-ohjelmiston kevyenä käyttäjänä. Lisäksi yhteysriippumattomien kielioppien logiikka on minulle jokseenkin tuttua kielitieteen opinnoista sekä filosofian logiikan alueelta. Olen siis esitietedoilteni lukiolaista kokeneempi, mutta vähänkin enemmän ohjelmointiin perehtynyttä kokemattomampi.

Oppimisympäristön käyttöliittymä on selkeä ja sisältää kaiken tarvittavan ohjeistuksen tehtävien tekemistä varten. Mielestäni on toimiva ratkaisu koota kaikki ohjeet erilliselle sivulle, jolloin ohjeisiin voi palata omaan tahtiin ja tämän lisäksi koota yksinkertaiset kutakin tehtävää vaadittavat ohjeet tehtäväkohtaisesti kunkin tehtävän alkuun. Tällöin tehtävien tekemiseen pääsee nopeasti käsiksi ja huomaisinkin, että tehtävien tekeminen imaisi mukaansa nopeasti. On vaikeaa kuvitella, että tällaisen monelle uudelleen ajateltavan opettaminen luennoimalla tai laskuharjoitusryhmissä olisi tehokkaampaa kuin tekemällä itse välittömän palautteen ohjatussa toimintaa. Tehtävät etenevät helposta kohti monimutkaisempaa vaikeutuen tasaisesti. Sivusto ei kerää mitään tietoa käyttäjästä ja tästä tulee huoleton vaikutelma siitä, että oikean vastauksen löytämistä varten voi käyttää juuri niin paljon aikaa ja niin monta yritystä kuin haluaa. Toisin sanoen tehtäviä tehdessä opiskelijalle on selvää, että tavoitteena on ymmärtää sivustolle kootut asiat eikä vain kerätä satunnaisia suoritusmerkintöjä. Erityisen hyvänä pidän sivuston toimintamallia siitä, että vastauksiin saa heti välittömän palautteen, jolloin syytä virheelliseen vastaukseen pääsee pohtimaan välittömästi ja omaa tehtävää tarkistaessa oppiminen jatkuu luontevasti siitä, mihin se katkesi. Palautejärjestelmä on jo nykyisellään kannustava, mutta ehkäpä juuri palaute- tai vihjejärjestelmässä voisi olla vielä kehitettävää enemmän motivoivaan suuntaan. Omassa toiminnassani panin merkille, että erityisesti ne tehtävät, mistä en selvinyt ensi yrittämällä, olivat sellaisia, mihin perehdyin syvällisemmin. Siispä se, että epäonnistuessaan saa uuden mahdollisuuden yrittää ja arvioita syitä virheelliseen vastaukseen, on tämänkaltaisen oppimisen ehdottomia etuja.

Kaiken kaikkiaan tehtäviä tehdessä opiskelijan näkökulmasta mieleeni nousi seuraavat oleelliset huomiot: omaa ajatteluani kunnioitetaan ja minulle tarjotaan mahdollisuus korjata virheeni, tehtävien tekemisen tarkoitus on pyrkimys ymmärrykseen, tehtävien tekijä osaa asiansa perusteellisesti ja ymmärtää myös sen millaisia haasteita uudelleen loogisen ajattelun omaksumiseen liittyy. Yhteysriippumattomien kielioppien opettamiseen tämänkaltaisen itseopiskelu oppimisympäristössä sopii erinomaisesti ja uskon, että samankaltaiset opetusmenetelmät sopisivat hyvin myös monien muiden teemojen opiskeluun tieteenalasta riippumatta. Esimerkiksi tietenteorian, tieteen etiikan tai muiden eri tieteenaloja yhdistävien periaatteiden opettamiseen tässä käsitellyn kaltaiset oppimisympäristöt voisivat sopia erityisen hyvin. Toki riittävän itseopiskelun jälkeen jonkinlainen kontaktijakso, mikä mahdollistaa keskustelun muiden opiskelijoiden ja opettajan kanssa, täydentäisi oppimiskokemusta myös yhteysriippumattomien kielioppien kohdalla.

Jyväskylässä 6.11.2018

Juho Strömmer

Tutkijatohtori, Psykologian laitos, Jyväskylän yliopisto