

Henkilökohtaiset teoriat – tietoverkkojen personoinnin matematiikkaa

Henry Tirri

Personointia esiintyy nykyisin lähes kaikkialla yhteiskunnassa: tuotteissa, palveluissa ja ihmisten vuorovaikutuksessa. Koska kaikkien näiden alueiden taustalla tai perustana ovat tietotekniset järjestelmät, personointi on selvästikin myös tulevien tietoteknisten järjestelmien ”megatrendi”. On luonnollista ennustaa, että personointi noudattaa samaa kehityskulkua kuin monet muut vastaavat menetelmät: se tulee tekemään itsensä näkymättömäksi, ts. se muuntuu integroiduksi osaksi järjestelmää: se on ensin ”lisävaruste”, mutta vähän ajan kuluttua se on lisätty mukaan vakiovarusteena.

Steven Spielbergin *Minority Report* -elokuvan (2002) fiktiivisessä tulevaisuuden maailmassa tietotekniikan käyttö on paljon ”henkilökohtaisempaa” kuin mihin olemme nykymaailmassa tottuneet: koneet tuntevat käyttäjiensä tavat, ottavat huomioon käyttäjän edellyttämät hienosäädöt liikennevälineissä, kauppaan astuttuaan asiakkaat näkevät personoituja mainoksia jne. Kaikki tämä perustuen siihen, että käyttäjä voidaan tunnistaa jo nykyisinkin käytössä olevalla silmäntunnistuskoneilla. Onko tällainen personointi vain elokuvan käsikirjoittajan mielikuvituksen tuotetta, kuinka kaukaisessa tulevaisuudessa personointi on, ja onko se ylipäänsä mahdollista? Mitkä ovat ne keskeiset mekanismit jolla personointi voidaan toteuttaa. Kuten tulemme huomaamaan, tämän kysymyksen tarkastelu tutustuttaa meidät matemaattisiin menetelmiin, joiden leikkimielisesti ilmaisten voidaan ajatella tuottavan ”henkilökohtaisia teorioita” meistä käyttäjistä.

Eräs tietotekniikan monista ongelmista käyttäjän kannalta on se, että ohjelmat (ja laitteet yleensäkin) tehdään yleiskäyttöisiksi palvelemaan kaikkia niitä mahdollisia käyttötarkoituksia, joita jollakin potentiaalisella käyttäjällä on. Tuloksena on tilanne, jossa harva käyttäjä todella

tarvitsee kaikkia ohjelmistojen tarjoamia piirteitä, ja turhautuu ohjelmiston lukuisien ominaisuuksien viidakossa. Vaikka valtaosa nykyohjelmistoista on muunneltavissa, ts. antaa käyttäjälle mahdollisuuden muuttella joitakin käyttöpiirteitään, ne eivät mitenkään itsenäisesti mukaudu yksittäisen käyttäjän tarpeisiin automaattisesti. Normaalit ohjelmat eivät siis ”opi” käyttäjänsä tarpeista mitään vaikka niitä käytettäisiin päivittäin, vaan ohjelman kannalta jokainen käyttökerta on uusi käyttäjä riippumatta siitä kuinka paljon samainen käyttäjä on ohjelmaa aiemmin käyttänyt, mitä hän sillä yleensä tekee, ja mitä erityisiä tapoja ja mieltymyksiä hänellä on ohjelman käytössä. Tällaiset ohjelmat ovat vielä alkeellisempia kuin ”Mies ilman muistia”, sen lisäksi että niillä ei ole pitkäkestoista muistia, ei niillä yleensä ole edes yhden käyttökerran kestoista muistia!

Tavoitetta saada ohjelmat ottamaan käyttäjän huomioon yksilönä jolla on erityisiä tarpeita ja mieltymyksiä, kutsutaan ”personoinniksi”. Itse asiassa tilanne on ongelmallinen paljon syvällisemmällä tavalla. Jos kyseessä olisi pelkästään käyttäjän tekemien operaatioiden muistamisen lisääminen ohjelmiin, olisi se teknisesti yksinkertaista. Kuten kuitenkin oppimistutkimuksesta tiedämme, oppiminen on olennaisesti kykyä yleistää asioita hankittujen tietojen perusteella, ja toimia sen mukaisesti. Jotta siis ohjelmisto voisi oppia käyttäjästään jotakin, on sen kyettävä käyttötiedon tallentamisen lisäksi muodostamaan käytöstä ”malli”, josta jonkin perusteella käyttäjän tarpeita ja tarkoituksia voidaan päätellä. Tällainen mallien muodostaminen on keskeinen ongelma niillä tietojenkäsittelytieteen alueilla, joiden kiinnostuksen kohteena on ”älykkyyden automatisointi”: tekoäly, koneoppiminen, laskennallinen älykkyys (mm. neuroverkot), mutta laajemmin ymmärrettynä myös monilla muilla menetelmäkeskeisillä tieteenaloilla kuten tilastotie-

de ja informaatioteoria. Niinpä ei ole yllättävää että personoinnin matematiikka hyödyntää näiden tietealojen tarjoamia mahdollisuuksia.

Usein personoinnin eri komponenttien ajatellaan olevan käyttäjän komentojen (tai visuaalisen käytön) perusteella tapahtuvaa ohjelman käyttäytymisen muokkaamista. Tämä on kuitenkin varsin rajoittunut näkemys personoinnin mahdollisuuksiin – käytettyjen komentojen lisäksi ohjelma voi mallintaa myös niiden käyttöympäristöä, ts. tilannetta, jossa käyttäjä valitsee kyseisen operaation. Tämän tilanteen kuvaus on jo itsessään kiinnostava ongelma – nykyään puhutaan kaikkialla läsnäolevasta laskennasta (*ubiquitous computing*) jossa käyttäjästä ja ympäristöstä voidaan sensoreilla havainnoida monia seikkoja: paikkatieto, käyttäjän tunnettilojen fysikaalisia indikaattoreita (esim. kämmenten hikoileminen), erilaisia laitteen liikeratoja jne. Näin ollen personointi voi perustua hyvin laajaan joukkoon erilaista tietoa, jota käyttäjästä voidaan kerätä.

Matemaattinen mallintaminen personoinnin perustana

Personoinnin toteuttamiseksi tarvitaan siis malleja, joita tietokoneohjelmistot voivat käyttää yksittäisen käyttäjän tavoitteiden ja mieltymysten päättelyssä. Jotta nämä mallit olisivat koneelle käyttökelpoisessa muodossa, on niiden oltava formaaleja malleja – ne on kuvattava matematiikan kielellä. Näin ollen jokaisesta käyttäjästä tavallaan muodostuu matemaattinen ”teoria”, formaali kuvaus käyttäjästä joka on loppujen lopuksi esitettävissä myös eräänlaisena ohjelmallaan tietokoneen sisällä.

Tämä sinänsä ei vielä kerro mitään näiden mallien luonteesta ja personoinnin toteuttamiseksi onkin olemassa monia erilaisia mahdollisuuksia. Periaatteessa käyttäjän toiminta voisi olla kuvattavissa joukkona sääntöjä, joissa sääntön ehto-osassa luetellaan tilanne ja toiminto-osassa ne toiminnat joita käyttäjä haluaa tehdä. Näitä sääntöjä voitaisiin oppia automaattisesti kirjaamalla muistiin kaikki käyttäjän toiminta ja siihen liittyvät tilannetiedot. Tällainen deterministinen malli ei kuitenkaan ole käytännössä mahdollinen monestakin syystä. Ensiksikin kaikkien mahdollisten tilanteiden muuttaminen säännöiksi tuottaisi tähtitieteellisen määrän sääntöjä, niin suuren että tätä sääntöjoukkoa ei voitaisi tallettaa koneen muistiin. Toiseksi ei ole realistista olettaa, että esimerkiksi tietoverkossa www-sivuja selailevasta käyttäjästä voidaan ha-

vainnoida kaikki ne seikat, jotka vaikuttavat hänen päätöksiinsä. Lisäksi vaikka tämä olisikin mahdollista, kaikkien mahdollisten tilanteiden kerääminen tuottaisi teoriassakin erittäin hitaasti oppivan järjestelmän: ennen kuin käsillä olevaa yksittäistä tilannetta on nähty, ei tietokone ole mitenkään mahdollista päätellä mitään käyttäjän tavoitteista. Itse asiassa missä tahansa käytännön kannalta mielenkiintoisessa sovelluksessa tilanteet eivät koskaan toistu samanlaisina, vaan poikkeavat aina joltakin osin aiemmista talletetuista tilanteista. Miten siis personointiin tarvittava oppiminen ylipäänsä on mahdollista?

Oppiminen edellyttää talletetun tiedon käyttämistä hyväksi myös tilanteissa, joita ei ole esiintynyt aiemmin, mutta jotka muistuttavat aiempia tilanteita. Oppimisongelman ytimenä onkin löytää menetelmiä, jotka antavat mahdollisuuden päätellä puuttuvan ja epävarman tiedon perusteella. ”Epävarman päättelyn” perustaksi voidaan käyttää todennäköisyyden käsitettä ja sen johdosta myös todennäköisyyksiin perustuvia matemaattisia menetelmiä. Tällaiset mallit – henkilökohtaiset teoriat – ovat siis luonteeltaan stokastisia, ts. kuvaavat kuinka uskottavia eri vaihtoehdot kussakin tilanteessa ovat.

Eräs tapa ajatella todennäköisyyteen perustuvien mallien ja aiemmin mainittujen determinististen sääntöjen suhdetta on, että stokastinen malli ”tiivistää” suuren joukon sääntöjä yksinkertaisemmaksi esitykseksi ryhmittelemällä suuren joukon samankaltaisia tilanteita kuvaavia ehto-osia yhdeksi stokastiseksi ehdoksi. Näitä stokastisia ehtoja voidaan sitten käyttää ennustamaan käyttäjän toimintaa ja tavoitteita, mutta nyt tuloksena onkin joukko erilaisia mahdollisia toimintoja yhden sijasta. Kuhunkin mahdolliseen toimintaan liittyy tällöin sen uskottavuus, jota kuvataan todennäköisyydellä tai jollakin suureella, joka on suhteessa tähän todennäköisyyteen. Keskeiseksi tutkimusongelmaksi muodostuikin kuinka tietokone voi suorittaa päätelmiä käyttäjästäan jos sille on annettu tuollainen malli, sekä kuinka tällaisia malleja voidaan oppia havainnoitavista asioista.

Molemmat näistä ongelmissa ovat haastavia. On helppo ymmärtää että käyttäjää kuvaavien mallien oppiminen havainnoimalla on vaikea ongelma, mutta hieman yllättäen myös toinen ongelma, tehokkaasti toteutettava päättely kun tällainen käyttäjämalli on jo opittu, voi myös olla ongelmallista. Asiaa voisi ajatella vaikkapa seuraavalla tavalla.

Koska stokastinen malli tiivistää suuren joukon erilaisia sääntöjä tietokoneessa hyvin vähän

tilaa vaativaksi esitykseksi, mallin sisältämän tiedon "purkaminen" esille voi olla laskennallisesti vaikeaa ja vaatia tietokoneelta tavattoman paljon aikaa. Tällainen malli on tavallaan kuin salakirjoitettu esitys kaikesta siitä sääntötiedosta jonka se on tiivistänyt. Todennäköisyyksiin perustuva personoinnin matematiikka on kiinnostavalla tavalla yhdistelmä tietojenkäsittelytiedettä, informaatioteoriaa ja matemaattista tilastotiedettä.

Tähän mennessä tuloksekkaimmiksi lähestymistavoiksi ovat osoittautuneet ns. bayesiläiset mallinnusmenetelmät (*Bayesian modeling*) sekä niille läheistä sukua olevat informaatioteoreettiset menetelmät kuten minimaalisten kuvauspituuksien menetelmä (*Minimum Description Length Principle*). Molemmat näistä lähestymistavoista ovat hyvin yleisiä, ja sovellettavissa luonnollisesti monilla muillakin alueilla kuin personoinnissa. Tällaisten matemaattisten kehikkojen etuna on se, että ne antavat teoreettisesti perustellun ja useissa tapauksissa myös todistettavasti parhaan mahdollisen tavan oppia stokastisia malleja ja tehdä niillä päätelmiä. Toisaalta mallinnusmenetelmien kehittäminen puhtaasta matemaattisesta luonteestaan huolimatta edellyttää yleensä myös kokeellisia lähestymistapaa, jolla voidaan valikoida kehitettäviä malleja ja arvioida näiden mallien tekemien oletusten vaikutusta. Personoinnin perustana oleva mallintaminen onkin erinomainen esimerkki ns. laskennallisesta tieteestä jossa puhdas symbolinen teoria ja sen konkreettinen toteuttaminen tietokoneessa ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa keskenään.

Personoidut ostosuositukset

Monet meistä hankkivat jo kulutustavaroita tai matkoja verkkokaupoista. Tällaisissa kaupoissa tuotevalikoimat nousevat kymmeniin tai satoihin tuhansiin tuotteisiin joiden joukosta asiakas pyrkii löytämään mieleisensä. Tilanne on sama kuin jos käyttäjä saapuisi valtavaan tavarahalliin, jonka hyllyt ovat täynnä kirjoja, joiden joukosta kiinnostavien hankintojen löytäminen edellyttäisi loputonta vaeltelua ympäri rakennusta. Etsintä on hankalaa, koska indeksit auttavat vain sellaisten asioiden etsinnässä, joiden olemassaolosta asiakas on tietoinen – kuinka siis löytää uusi kiinnostava kirja josta ei vielä ole kuullut?

Normaali verkkokauppa on poistanut fyysisen osan (kävelyn) tuotteiden etsinnästä, mutta ei ilman personointia anna paljonkaan tukea sisällön etsinnässä. Tämän ongelman ratkaisemiseksi esimerkiksi kirjoja ja musiikkitalenteita myy-

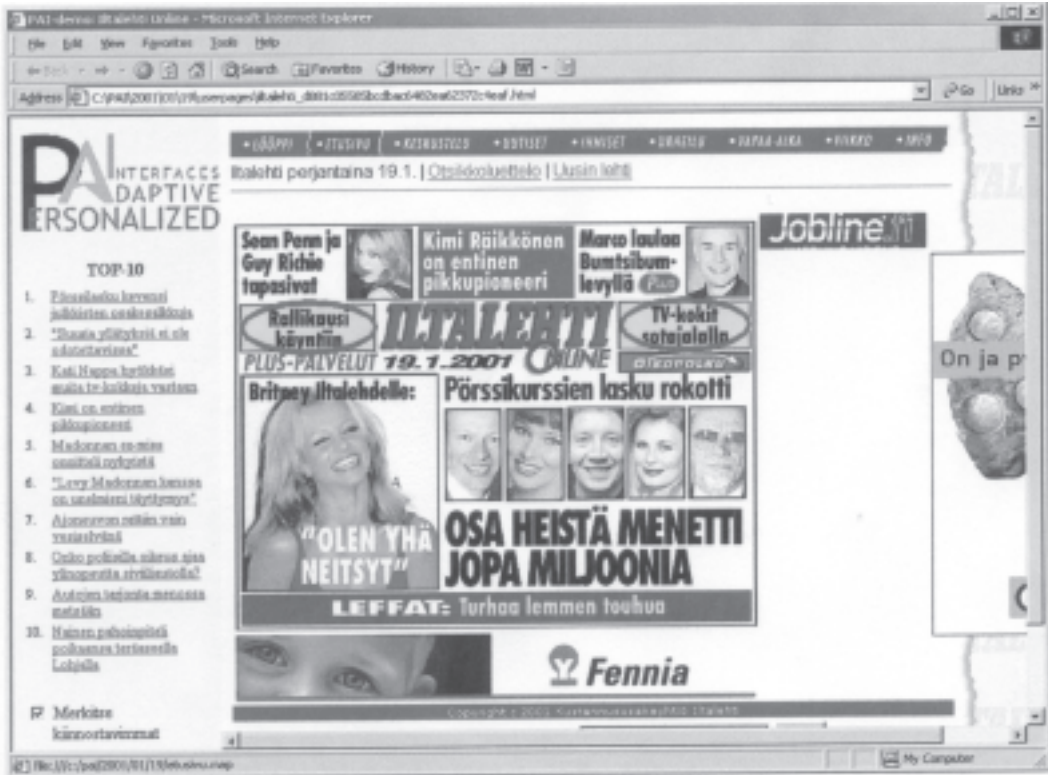
vät verkkokaupat, kuten Amazon.com, sisältävät jo nyt järjestelmiä, jotka pyrkivät käyttäjän ostohistorian perusteella suosittelemaan käyttäjälle personoidusti muitakin tuotteita – käyttäjän käyttäessä ohjelmistoa hänelle tarjotaan luettelo mahdollisesti kiinnostavista teoksista tai äänitteistä. Tällaiset järjestelmät ovat vielä hyvin alkeellisia ja perustuvat varsin yksinkertaisiin käyttäjästä ja käyttäjäryhmistä tehtyihin malleihin, mutta ovat selvästi tuon alussa mainitun *Minority Report* -elokuvan personoidun mainonnan edelläkävijöitä.

On huomattava, että hyvien suositusten antaminen on vaikea tehtävä, ihmisellä on hankintoja tehdessään esimerkiksi useita "rooleja", ja ohjelmien on vaikea automaattisesti päätellä missä roolissa kuluttaja kullakin hetkellä on: isänä hankkimassa kirjoja tyttäriilleen, professorina hankkimassa tutkimuskirjallisuutta, aviopuolisena hankkimassa kirjaa joululahjaksi vaimolleen jne.

Yksilöllisiä lehtiä

Toinen alue, jossa personointi tulee "muuttamaan maailmaa", on verkossa jaettavan uutismateriaalin personointi. Vuosien kokemusten perusteella tavanomaiset sanomalehdetkin on jaettu osiin, jotta lukijoiden olisi helpompi löytää nopeasti ne uutiset joista he ovat kiinnostuneita (ulkomaat, urheilu, kulttuuri). Verkkolehden joustavuus tarjoaa aivan uusia mahdollisuuksia toteuttaa "yksilöityjä lehtiä", julkaisuja joiden muoto määräytyy käyttäjästä opittujen mieltymysten perusteella. *Kuvassa 1* on esimerkki eräästä kokeellisesta personoidusta iltapäivälehdestä, jossa käyttäjän kuukauden käytön perusteella on rakennettu edellä kuvatun kaltainen stokastinen malli. Tuota mallia on sitten käytetty muokkaamaan lehden ulkoasua siten, että käyttäjän kiinnostuksen kohteiksi arvioituja uutisia on tuotu selkeämmin esille (esimerkiksi rengastamalla punaisella otsikot). Yhdistämällä nämä mallit käyttäjäryhmäkohtaisiin malleihin voidaan lisäksi luoda kiinnostavia uusia mahdollisuuksia: lukijalle voidaan osoittaa uutisia, joita muut hänen kaltaisensa lukijat (henkilöt joilla on tässä mielessä samankaltainen "henkilökohtainen teoria") ovat kiinnostuksella samana päivänä lukee-

Tällaisen verkossa olevan materiaalin personoinnin ei tarvitse rajoittua vain verkkojulkaisuihin. Itse asiassa alue, jollain kipeimmin personointia tarvittaisiin on yleensä tiedon haku www:stä. Suorittaessamme hakuja nykyisin



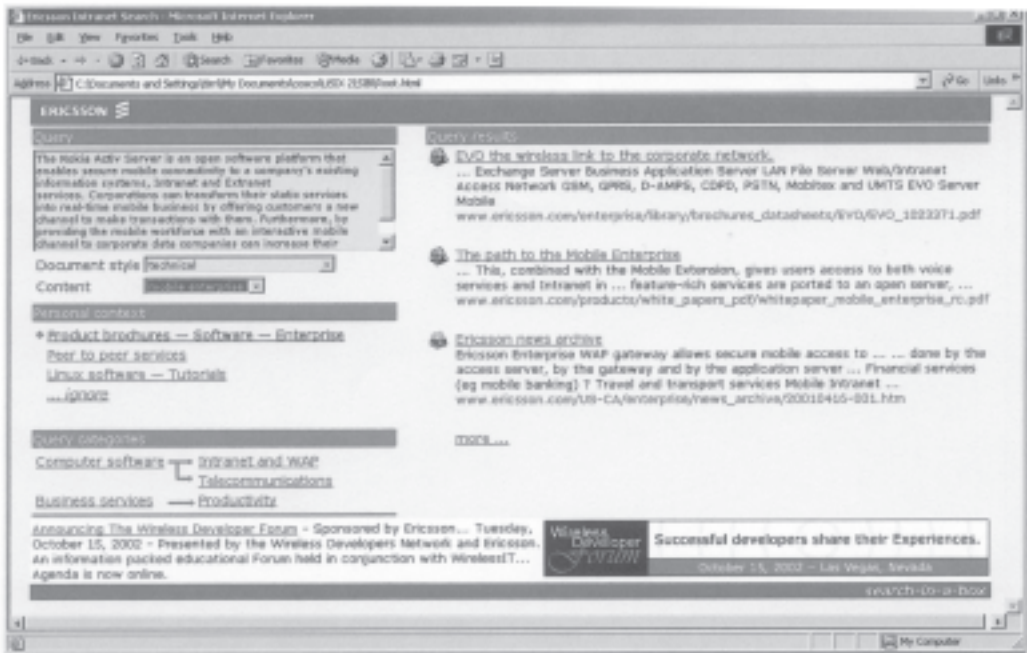
Kuva 1. Personoitu verkkolehti. Vasemmalla "top ten" lista käyttäjää kiinnostavista uutisista, jonka ohjelma on ennustanut verkkolehden aiemman selaailun perusteella. Samoin rengastus otsakkeiden ympärillä on tuotettu niihin uutisiin, joista ohjelma arvelee käyttäjän olevan kiinnostunut.

käytössä olevilla hakukoneilla personointi on täysin olematonta. Kuitenkin meillä itse kullakin on haun taustatietona valtaisa määrä henkilökohtaista erityistietämystä, joka pitkälti rajaa sitä millaisesta tiedosta olemme kiinnostuneita. Kun muualla maailmassa "Nokialainen" tarkoittaa yleisesti matkapuhelimiin liittyviä tiedonhakuja, voi meillä Suomessa sillä olla aivan toinen merkitys – me kun tuolloin metsässä samoilevana kansana saatamme etsiä kumisaappaita. Kuva 2 esittelee yhden mahdollisen seuraavan sukupolven hakukoneen käyttöliittymän, jossa käyttäjän mieltymykset tuodaan esille eksplisiittisesti haun yhteydessä jos käyttäjä niin haluaa. Aiempien hakujen laatu ja niistä annettu palaute on erittäin tehokas mekanismi parantaa tietoverkoista saatavan tiedon suodattamisen ongelmaa – ongelmaa joka jo nykyisellään on erittäin suuri.

Henkilökohtaista opetusta verkossa

Viimeisenä esimerkkinä personoinnin tuomasta muutoksesta voidaan mainita uudet kokeelliset verkko-oppimisympäristöt, joissa verkossa oleva oppimateriaali adaptoituu oppijan arvioitujen kykyjen mukaisesti. Kuten päivälehtien tapauksessakin, verkkomateriaali tarjoaa personoinnille aivan uudenlaiset mahdollisuudet verrattuna tavanomaiseen painettuun materiaaliin, koska verkossa oleva oppimateriaali on reaaliaikaisesti muokattavissa oppijakson aikana.

Verkko-oppiminen tapauksessa tilanne on sikäläkin kiinnostava, että oppimistutkimuksesta peräisin olevia teorioita voidaan soveltaa oppimisen tehostamiseen, jos personointi kykenee luomaan hyvän oppilasta luonnehtivan mallin. Toisin kuin esimerkiksi verkkolehtien tapauksessa, meillä on siis jo olemassa käyttökelpoisia teorioita siitä, millaisia seikkoja käyttäjän henkilökohtaisessa teoriassa pitäisi olla. Tämä helpottaa myös oppimismekanismien kehittämistä.



Kuva 2. Esimerkki personointiin kykenevän hakukoneen käyttöliittymästä.

Personointi: tulevien järjestelmien megatrendi

Personointia esiintyy nykyisin lähes kaikkialla yhteiskunnassa: tuotteissa, palveluissa ja ihmisten vuorovaikutuksessa. Koska kaikkien näiden alueiden taustalla tai perustana ovat tietotekniset järjestelmät, personointi on selvästikin myös tulevien tietoteknisten järjestelmien ”megatrendi”. On luonnollista ennustaa, että personointi noudattaa samaa kehityskulkua kuin monet muut vastaavat menetelmät: se tulee tekemään itsensä näkymättömäksi, ts. se muuntuu integroiduksi osaksi järjestelmää. Aivan kuten uusi teknologia autoissa, esimerkiksi lukkiutumattomat jarrut, on se ensin ”lisävaruste”, mutta vähän ajan kulluttua se on lisätty mukaan vakiovarusteena.

Huolimatta edellä käsitellyistä alustavista esi-

merkeistä, personoinnin tutkimuksen haasteet ovat valtavat ja tarjoavat mielenkiintoisia uusia tutkimuskohteita matemaattiselle mallintamiselle ja tietojenkäsittelytieteelle yleensäkin. Massatuotteiden ja informaatiotulvan maailmassa personointi on se erottelava tekijä, joka monissa tapauksissa määrää kehityksen suuntaa niin yksilön kuin yhteiskunnankin tasolla. Sillä jokainen meistä haluaa olla yksilö, ja tulla kohdelluksi yksilönä.

Kirjoittaja on professori Helsingin yliopiston Tietojenkäsittelytieteen laitoksella. Hän johtaa älykkäiden järjestelmien erikoistumislinjaa Helsinki Institute for Information Technology (HIIT) -tutkimuslaitoksessa. Hän on myös vierailtava professori UCLA:n Berkeleyyn yliopistossa. Kirjoitus perustuu esitelmään Tieteen päivillä 8.–12.1.2003.