

Bayesin verkkomalleilla voidaan tehdä yksinkertaisia ennusteita

Bayesilainen ennustaminen potilastyössä

Lääketieteessä on aina laadittu ennusteita. Lääkäri on arvioinut tieteellistä tietoa ja potilastapaukseen liittyviä muita tekijöitä ja yrittänyt näistä arvella tulevaisuutta. Ennusteet ovat kokemuseräisiä. Tieteellistä tietoa ja muita asiaan vaikuttavia tekijöitä on huomioitu ja painotettu vaihtelevasti. Luonteeltaan ennusteet ovat tavallisesti olleet laadullisia.

Terveystieteiden tietotekniikan kehittyminen on tuonut mahdollisuuksia laatia myös määrällisiä ennusteita. Ennustamiseen on käytetty useita erilaisia tekniikoita, kuten logistista regressioanalyysiä, neuroverkkoja, erilaisia sääntökoneita ja Bayes-verkkomalleihin perustuvia järjestelmiä. Varsinkin Bayes-verkkoihin perustuvat ennustustekniikat tarjoavat uusia mahdollisuuksia laatia yksittäistä potilasta koskevia ennusteita. Lääketieteelliset ennusteet koskevat tavallisesti hoitotulosta tai diagnoosia, joita koetetaan ennustaa alkutilanteissa käytettävissä olevasta tiedosta.

Bayes-mallit ovat kehittyneet 1980-luvun lopulta lähtien, mutta niiden historia ulottuu 1700-luvulle. Thomas Bayes, englantilainen harrastelijamatemaatikko, esitti kuolemansa jälkeen julkaistuissa artikkelissa tavan arvioida todennäköisyyksiä. Vasta tietotekniikan kehittyminen on mahdollistanut verkkomallien käytön todellisissa ennustustilanteissa.

Bayesilainen todennäköisyyden arviointi käsittelee kolme rakenteellista osiota. Usein asiasta on olemassa ennakkokäsitys, jota kutsutaan prioriksi. Kun tehdään uusia havaintoja, saadaan ehdollinen todennäköisyys (likelihood). Bayesilaisessa analyysissä priorin ja uusi havainto yhdistetään ja saadaan asian luonteesta uusi tieto, posteriori. Näin tehdään eräänlai-

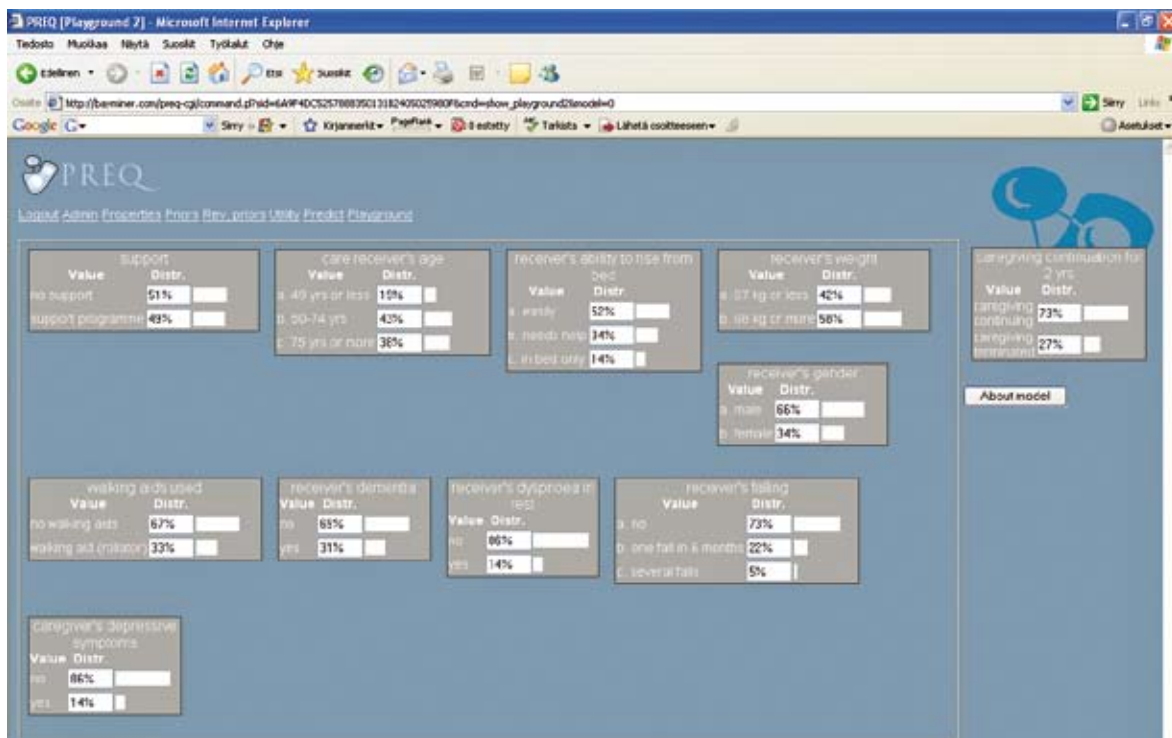
nen meta-analyysi aikaisemmasta tiedosta ja kerätystä tutkimusaineistosta. Malli voidaan rakentaa myös ilman prioreja, jolloin mallin sanotaan käyttävän epäinformatiivista prioria.

Bayes-analyysi esitetään tavallisesti verkkomallina, jossa on kuvattu lopputulokseen vaikuttavat tekijät ja niiden väliset yhteydet. Verkkomallista käytetään nimitystä naiivi Bayes -malli, jos päätemuuttujaan vaikuttavat tekijät esitetään itsenäisinä, toisistaan riippumattomina. Tilanne on luonteeltaan logistisen regressioanalyysin kaltainen: yhtä muuttujaa selitetään joukolla muita muuttujia. Bayes-verkkomalli voidaan kuitenkin rakentaa myös siten, että kaikki muuttujien väliset yhteydet on kuvattu (KUVA).

Kun malli on kerran muodostettu, sitä voidaan helposti käyttää ennustamaan päätemuuttujan arvoa uuden yksittäisen potilaan tapauksessa. Verkkomalli saadaan tietokoneen näytölle, ja hiirellä klikkaamalla tai automaattisesti tietoa imuroimalla malli voidaan kiinnittää yksittäisen potilaan lähtötilaa kuvaaviin arvoihin. Silloin malli ilmoittaa heti päätemuuttujan tuloksen todennäköisyyksien jakauman. On oleellista, että ennusteet koskevat yksittäistä potilasta.

Kun pohja-aineisto on suuri, ovat kaikki ennustusmenetelmät suunnilleen yhtä hyviä. Kun aineistot tai alaryhmät ovat pieniä, Bayesmenetelmät ovat usein tehokkaampia. Bayesmenetelmän toinen etu on tuloksen esitettävyyden. Mallin käyttö on yksinkertaista, ja ennuste esitetään helposti tajuttavassa muodossa.

Bayes-analyysin etuna on myös mahdollisuus priorien hyödyntämiseen. Priorien käyttö mahdollistaa ennusteiden laadun paranta-



KUVA. Bayes-verkkomallin näkymä tietokoneen kuva-ruudulla. Tämä malli ennustaa omaishoitosuhteen jatkumista kahden vuoden kuluttua. Suhteen jatkuminen on esitetty näkymän oikeassa reunassa olevassa laatikossa "caregiving continuation". Omaishoitosuhte on voinut päättyä kuolemaan, laitoshoittoon siirtymiseen tai muulla tavoin, kuten erilleen muuttamisen seurauksena. Muut laatikot ovat omaishoi-

tajan ja hoidettavan pareihin liittyviä suureita, kuten omaishoidon ikäluokka. Prosenttiluvut edustavat Kuusankoskella tehdyn omaishoitajatuutkimuksen suoria jakaumia. Esimerkkinä malli ennustaa omaishoitosuhteen jatkumisen noin 80 %:n tarkkuudella. Malli voidaan hiirellä klikkaamalla kiinnittää yksittäisen potilaan arvoihin, jolloin se antaa heti ennusteen omaishoitosuhteen jatkumisesta.

misen ja yhdessä paikassa tehdyn ennusteen siirtämiseen koskemaan toisaalla olevia potilaita. Malli pystyy kuvaamaan monimutkaisia päätöksenteon tilanteita. Se sietää tietojen puuttumista, arvojen poikkeavuuksia ja epälineaarisia riippuvuussuhteita. Varsinkin jos prioreja on käytettävissä, voidaan malli rakentaa yllättävän pienistä aineistoista.

Mallin hyvyttä arvioidaan yleensä siten, että tutkimusaineisto jaetaan kahtia. Toinen osa on opetusaineisto, josta ennustusmalli muodostetaan. Toinen on testiaineisto, jolla mallin suorituskykyä testataan. Useissa tapauksissa on päästy 80 %:n ennustuskykyyn. Ennustus luonnollisesti edellyttää, että ennustettava ilmiö on johdettavissa alkutilasta ja pohjana oleva aineisto on laadultaan riittävä.

Lääketieteelliseen ennustamiseen liittyy käytännöllisiä ja eettisiä ongelmia. Lääketieteellinen ennuste ei ole säätiedotuksen kaltainen. Sää toteutuu toimistamme riippumatta, mutta lääketieteellisen ennusteen jälkeen voimme vaikuttaa lopputulokseen. Näin lääketieteellinen ennustaminen on samalla interventio. Oikea ennuste ei välttämättä tarkoita samaa kuin käyttökelpoinen ennuste. Ennuste on hyödyllinen vain, jos se tuo lisäarvoa hoitoon. Jos ennuste varoittaa vaikkapa komplikaatiosta, se voi olla hyödyksi, vaikka se osoittautuisi vääräksi. Vastaavasti ennuste on hyödytön, jos se kertoo vain ennestään tiedetyn.

Ennusteet muuttavat tulevaisuutta koskevat arvioinnit numeerisiksi. Tällöin joudutaan miettimään, kuinka hyvä mallin on oltava,

jotta se kelpaisi päätöksen tekoon todelliseksi tueksi. Selvää numeerista rajaa tuskin on, vaan mallin käyttökelpoisuutta on arvioitava tapauskohtaisesti. Ennusteita käytettäessä on varotta-va itseään toteuttavia ennusteita, jolloin potilas voi kuolla siksi, että niin oli ennustettu.

Lääketieteellisen ennustamisen kehitys on nopeaa. Todennäköisesti ennustusmenetelmistä tulee pysyvä osa kliinistä lääketiedettä. Diagnostiikassa ennuste auttaa muistuttamaan harvinaisemmistakin vaihtoehdoista. Potilaalle voidaan tehdä henkilökohtainen profilointi erilaisilla hoitovaihtoehdoilla ja valita parhaan ennusteen mukainen hoito. Bayes-menetel- millä voidaan mahdollisesti korvata vaikutta- vuuden mittaamisessa joissakin tilanteissa sa- tunnaistettuja kontrolloituja kokeita. Ennuste on lääkärin apuväline, joka on verrattavissa laboratoriotutkimuksiin. Ennusteilla on sen- sitiivisyys, spesifisyys ja ennustearvot. Päätök- senteko ja vastuu säilyvät lääkärillä. ■



OLLI-PEKKA RYYNÄNEN, professori
Kuopion yliopisto
ja KYS:n yleislääketieteen yksikkö
Asemakatu 44
70100 Kuopio

KIRJALLISUUTTA

- Ashby D. Bayesian statistics in medicine: a 25 year review. *Stat Med* 2006;25:3589–631.
- B-course. Web-based data analysis tool for Bayesian modeling. <http://b-course.cs.helsinki.fi/obc/>
- Hand DJ, Yu K. Idiot's Bayes – not so stupid after all? *Int Stat Rev* 2001;69:385–98.
- Kadane JB. Bayesian methods for health-related decision making. *Stats Med* 2005;24:563–7.
- Lucas PJ. Bayesian analysis, pattern analysis, and data mining in health care. *Curr Opin Crit Care* 2004;10:399–403.
- Lucas PJ, van der Gaag LC, Abu-Hanna A. Bayesian networks in biomedicine and health-care. *Artif Intell Med* 2004;30:201–14.
- Myllymäki P, Tirri H. Bayes-verkkojen mahdollisuudet. *Tekes. Teknologia katsaus* 58/98. Helsinki. www.cs.helsinki.fi/u/myllymak/bvmahd.pdf
- Parmigiani G. Modeling in medical decision making. A Bayesian approach. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd 2002.
- Ryyänen OP, Puhakka M, Myllymäki P, ym. Sairaalaan lähettämisen arviointi Bayesin verkkomallilla. *Suom Lääkäril* 2006;61:5353–8.
- Spiegelhalter DJ, Myles JP, Jones DR, Abrams KR. Bayesian methods in health technology assessment: a review. *Health Technol Assess* 2000;4:1–130.
- Yudkowsky E. An intuitive explanation of Bayesian reasoning. <http://yudkowsky.net/bayes/bayes.html>

SIDONNAISUUDET

OLLI-PEKKA RYYNÄNEN: Hallituksen jäsen Wisane Oy:ssä, joka tarjoaa terveydenhuollon kustannus-vaikuttavuuden (mm. Bayes-verkkoihin perustuvaa matematiikkaa hyödyntäviä) analyysimenetelmiä.