



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Bayes-verkot analysoinnin ja johtamisen välineenä rakennustuotannossa

Ralf Ekholm

Bayes Information Technology Oy

ralf.ekholm@baysit.com

Bayes-verkot ovat todennäköisyyslaskentaa. Niitä käytetään mm. rakennusprojektidatan analysointiin. Rakennusprojektidatan kokonaisvaltaisen tietokonetuettun analysoinnin avulla voi pureutua monimutkaisiin syy-seuraussuhteisiin ja päästä käsiksi niihin tekijöihin, jotka johtavat tuotannon myöhästymisiin, budjettilylyksiin tai laadun puutteisiin. Analysoinnin käyttökelpoisuus saattaa yllättää kokeneenkin asiantuntijan, sillä Bayes-verkkoon perustuvaa analyysimallia voi käyttää sellaisenaan myös ennustamiseen, jolloin samojen ongelmien toistuminen voidaan välttää.

Mistä tahansa monella muuttujalla mitatuista tapauksista voidaan laskea Bayes-verkkoihin perustuva tietämysmalli, jonka tulokset voidaan visualisoida esimerkiksi kuvan 1 esittämällä tavalla. Kyseessä on akseliton 3D-esitysmuoto, jossa vaikkapa yrityksen rakennushankkeita kuvaavat pisteet ovat sitä lähempänä toisiaan, mitä samankaltaisempia hankkeet ovat merkittävilta osiltaan. Syntyneitä malleja voi muokata ja käsitellä eri tavoin. Käytetyistä muuttujista voi saada esille muun muassa kuvan 2 mukaisen täydellisen vaikutusprofiilin muutamassa sekunnissa. Bayes-verkkoon perustuvan BayMiner-sovelluksen 3D-esityksen kyky kuvata kokonaisuuspiirteitä on paljon tehokkaampi kuin iso joukko tilastollisia diagrammeja. Päätöksentekoa helpottava tuloksen visualisointi ja vuorovaikutteinen käyttö ovat tämän sovelluksen valtteja.

Ongelmallinen myyntiprosessi

Rakennusprojektien ongelmat johtuvat usein myyntiprosessista. Ns. lumipalloejektin mukaisesti hankkeen alkuvaiheen virheiden seuraukset ovat usein myös pahimmat. Jo ennen myyntivaihetta, konseptointivaiheessa tapahtuu virheitä, joissa luodaan budjettiin nähden liian edistyskäsittelysuunnitelmia. Myös jatkovaiheissa, suunnittelussa ja toteutuksen eri vaiheissa on oman sudenkuoppansa.

Myyntin ongelmat ovat hankalia ratkaista. Myyjän on tiedettävä, mitä myy, vaikka tuote

rakennettaisiin vasta myynnin jälkeen. Tuotteen tunteminen on todella hankalaa, koska hanke koostuu useista eri teknologioista. Apua näihin ongelmiin tuo tietokonetuettu päätöksenteko. Esimerkiksi myyntiprosessissa kertyneen kovin erilaisenkin datan, vaikkapa asiakaspalaute- ja reklamaatiotietojen tietokoneanalyysi yhdessä paljastavat paljon hyödyllistä informaatiota asiakkaista, laadusta ja kannattavuudesta.

Miksi myynnissä ylipäätään on niin paljon ongelmia? Myynnin osuuden ja myynnin suunnittelun huomiotta jättämiseen on moniakin syitä. Ymmärrys tekniikasta ei aina yhdisty ymmärrykseen myynti- ja markkinointiprosesseista. Yritykset ratkaista ongelmia aiheuttavat usein lisää pulmia: Sen sijaan, että myyntiä suunniteltaisiin teknisen kehittämisen rinnalla ja osana kokonaisprosessia, etsitään ratkaisuja myynnin vaikeuksiin esimerkiksi muuttamalla organisaatorakennetta.

Jo se, että rakennusalan yritys suunnittelee tietokonetukea prosesseihinsa, pakottaa yrityksen johtoa tutkailemaan sekä myynti- että muita toimintamallejaan – ja huomaamaan puutteet sekä tunnistamaan syyt.

Mihin organisaation osiin tietotaitoa pitää sijoittaa?

Yrityksellä on rajattu määrä teknistä tietotaitoa. Projektin onnistuneessa hallinnassa on pitkälti kyse siitä, mihin ja miten tietotaidon omaavat henkilöt sijoitetaan – kuinka suuri tiedon tarve on tuotannossa, kuinka suuri myynnissä ja niin edelleen.

Rakennusyrityksessä painopiste on aina merkittävästi tuotannossa, mutta osaamista tulisi pystyä jakamaan muuallekin. Kehityksen tehtävät ovat usein myös keskeisessä asemassa. Jotta palvelu- tai huoltotoiminta olisi tehokasta, on niiden osaamisen oltava lähellä asiakasta. Osaamisen jakamisen apuna ja hyötyjen mittaamiseen voi käyttää tietokonemalleja. Malleista on hyötyä yrityskulttuurille; ne auttavat säilyttä-

mään tietoa organisaatiossa ja säästävät tiedon jakamuskustannuksissa.

Uusilla teknologioilla leikataan usein kustannuksia ja tuotetaan lisäominaisuuksia, mutta uudet teknologiat ovat tärkeitä myös imagosyistä. Ihanteellisista tietenkin olisi, ettei ostajan edes tarvitsisi huomata, millaisia teknologioita tuoteisiin ja palveluihin on upotettu. Asiakkaiden haluamat uudet tekniset ominaisuudet peilaavat usein voimakkaana ja monimutkaisina vaikutussuhteina valmiin tuotteen muihin osiin ja kokonaisuuteen. Myynnin olisi hyvä ainakin hallita vaikutussuhteet, jotta se osaa ohjata asiakkaita toimiviin ratkaisuihin. Näin vältytään vääriä odotuksilta joka sekin parantaa kannattavuutta.

Myös asiakkaan osaaminen on tärkeää

Uusi teknologia tuo mukanaan usein rajoituksia, jotka ovat hyvin vaikeasti ohitettavissa tuotantovaiheessa kohtuullisin kustannuksin. Tällaisia kustannustekijöitä ovat mm. robottien asettamat rajoitukset moduulivalmistuksessa. Moduloidun tuotteen muuttaminen asiakaskohtaisten erityisvaatimusten takia voi tulla erittäin kalliiksi. Bayes-verkot voivat paljastaa yrityksen johdolle mm. sen, missä osissa organisaatiota ei ole riittävää kuria.

Projektimyynnissä on tärkeää tunnistaa asiakkaaseen liittyvät riskit: Asiakkaalla ei ehkä ole aikaa, asiakas ei tiedä tarpeitaan, asiakas ei osaa päättää, tai asiakkaalla ei ole neuvotteluresursseja. Asiakkaat eivät voi hallita valmistajan ammattikieltä, joten myynnin ja myynnin tukioorganisaation on osattava selittää valmistajan kieli asiakkaalle ymmärrettävästi. Kieliongelmat kiteytyvät yleensä tarjouspyynnöissä, tarjouksissa ja spesifikaatioissa. Asiakkaat luulevat saavansa jotakin muuta kuin sitten saavatkaan. Tästä saattaa seurata valtavia riskejä. Bayes-verkkoihin perustuvat riskimallit varoittavat esimerkiksi liian riskialttiista asiakkaasta. Toisaalta asiakkaan riskialtius pienentyy, kun heikot kohdat tunnistetaan projektin suunnitteluvaiheessa.

Päätöksentekosovelluksella voi parantaa kustannusten hallintaa

Oleellista on siis tulevien projektimyynnin ongelmien ennakointi ja projektien valikointi riittävän suurella todennäköisyydellä. Tämä työ säästää kustannuksia prosessin seuraavissa vai-

heissa. Ennustaminen on mahdollista toteuttaa todennäköisyysperustaisilla tietämysmalleilla. Niitä voi käyttää sekä analyyseihin että tosiaikaisiin tukipalveluihin.

Päätöksenteon tuen järjestelmissä toimintojen mallintamista hankaloittaa monissa menetelmissä markkinoiden nopea muutos. Bayes-verkkoihin pohjautuvat mallit luodaan ja päivitetään koneoppimalla esimerkkiaineistosta. Tällöin prosessi saadaan niin nopeaksi, että markkinoiden muutokset eivät ehdi niitä vanhentamaan.

Aivan keskeisessä asemassa projektiliiketoiminnassa on tiedonkulun nopeus. Hitaasti kulkevan tiedon ongelmaa pyritään parantamaan muun muassa työryhmäohjelmistoilla ja keskitetysti ylläpidetyillä malleilla. *Dynaamiset tietämysmallit siirtävät uudenkin tiedon käytettäväksi erittäin tehokkaasti*, jolloin asiakas saa parempaa palvelua. Tietokonetuettu päätöksenteko myynnissä on järkevintä, kun myyntiprosessia ei voida organisoida yhden henkilön tietämyksen varaan eikä projektien koko ole niin suuri, että projektikohtaisen myyntitiimin perustaminen kannattaisi. Tällöin yhdistelmä 1 henkilö + tietokone on tehokkain vaihtoehto.

Päätöksentekosovelluksen käyttäminen vaikuttaa osaamisen organisointiin

Osaamisen sijoittaminen oikein on myös rakennusyritysten johdon keskeinen haaste. Liian keskitetty ratkaisu aiheuttaa reviiiriritiritoja ja suuria etäisyysriippuvaisia kustannuseriä. Liian hajautettu ratkaisu johtaa suuriin koulutuskustannuksiin. Perinteellinen organisaatiotyypistä toiseen heiluminen 5 vuoden välein ei ratkaise ongelmia, koska ydinongelma on muualla. Tällaiset toistuvat organisaatiomuutokset ovat usein vain merkki siitä että ”ruoho näyttää paremmalta toisella puolella aitaa”.

Henkilöstön motivaation varmistaminen on tärkeää tietokonetuetun päätöksenteon järjestelmäkiteyksessä. Perusongelma tässä on, että kohdealueen asiantuntija ei halua hyväksyä järjestelmän tarjoamaa tulosta. Ensimmäinen reaktio on usein halu testata järjestelmää sen selvittämiseksi, ”pärjääkö kone”. Tästä seuraavat uusina ongelmina nopeat ja huolimattomat testit ja liian nopeat johtopäätökset. Kokeilijan huomattua laajempien testien jälkeen, että kyse on aidosti hyödyllisestä uudesta teknologiasta, seuraa epärointiä ja selitysten vaatimista. Selitysten tuottaminen onkin eräs osa päätöksentekojärjestelmän tuottaman datan syvällinen analyysi ja johtopäätösten teko jää aina ihmiselle, sitä ei

kone voi tehdä. Mutta tähänkin sovelluksen intuitiivinen käyttöliittymä tuo helpotusta sillä se helpottaa ja nopeuttaa johtopäätösten tekemistä.

Bayes-verkoilla päästään eroon myös staattisten signaalimuuttujien ongelmasta, eli siitä, että varmana pidettyjen ennakoivien muuttujien riippuvuuden suunta (kausaliteetti) saattaa kääntyä esimerkiksi suhdanteista johtuen. Todettu ja varmana pidetty vaikutuksen suunta voi myös kääntyä joidenkin kulttuurirajojen ylitysten yhteydessä. Tällaisiin staattisiin signaaleihin perustuvat päätökset ovat tietenkin pahasti pielessä, jos kausaliteetti on kääntynyt sen jälkeen kun staattisen järjestelmän signaalimuuttujat on valittu. Oikein toteutetut dynaamiset tietämysmallit sisältävät tiedon siitä, että riippuvuussuhteet ovat tietyssä tilanteessa muuttuneet. Näin Bayes-verkkojen avulla saadaan esimerkiksi kovin suhdanneriippuvaiset rakennusliiketoiminnan ennusteet luotettavammiksi.

Ennustaminen ei ole helppoa

Elinkaariajattelu on nostettu esille viime vuosina monestakin syystä, eräs keskeisimpiä on ollut pitkäaikaisen vastuun valjastaminen laadun takkeeksi. Käytännössä kyseessä on riskin jakaminen ja sen oikea sijoittaminen. Riskillä on aina hintansa, mutta rakennushankkeiden vaikutusaika on usein niin pitkä, että pitkäaikaisen riskin hallinta suoritusperustaisen spesifikaatioiden ja yksityiskohtaisten sopimusten avulla ei kannata. Vaikutusten ennakointi tulee kummallekin osapuolelle liian kalliiksi. Tästä seuraa että elinkaariajattelu ei välttämättä selkeytä rakennusyrityksen hallintaprosesseja. Ainakin se luo organisaatiolle entisestään lisää epävarmuuskäijöitä.

Rakennusalalla perinteisten ongelmia aiheuttavien tekijöiden lisäksi valtiovalta lisää epävarmuutta pitkävaikutteisen vastuulainsäädännön kautta. Energiakustannusten nopea nousu on muuttanut vaikuttavien tekijöiden keskinäisiä suhteita voimakkaasti ja se on aiheuttanut lisääntyvää epävarmuutta myös asiakkaissa. Bayes-verkoilla tuotetun tietämysmallin avulla epävarmassa tilanteessa ja usein puutteellisen tiedon rakennusalan päättäjän on mahdollista saada nopeasti hyvä ns. ”toinen näkemys”.

Tuotannon tehostaminen käyttäen tietoa ”rivien välistä”

Koneoppimisen perustavalla tietämysmallilla tähdätään kokonaisvaltaiseen tuotantoprosessin hallintaan. Aiemmilla tekoälymenetelmillä, esimerkiksi *Case Based Reasoning* ja *Fuzzy Logic*

menetelmillä, todellisten ympäristötekijöiden ottaminen mukaan tietämysmalliin on mahdollista. Uudemmillakin teknologioilla, kuten neuroverkoilla, se on vaikeata, varsinkin jos tapauksia ei ole paljon, ja joka tapauksessa se vie paljon aikaa. Mitä tahansa projektia voi analysoida monesta näkökulmasta. Bayes-verkoon pohjautuvalla tietokonetuella saadaan projektiin voimakkaasti vaikuttavat seikat esiin, myös ne, joita ei varsinaisesti ole projektin seurannassa otettu huomioon. Ne ovat ns. rivien välissä esiintyviä tekijöitä. Teknisesti kyse on usein siitä, että useampi tekijä vaikuttaa heikosti mutta kun ne esiintyvät yhtä aikaa, niillä on suuri merkitys lopputulokseen.

Bayes-verkot ovat hyvää teknologiaa epävarmuuden hallintaan. Tietokonetuettu analyysi paljastaa useimmiten, että tuotantoprosessin kulkuun voimakkaasti vaikuttavia seikkoja on yleensä vähän, jotkut ovat hyvin tunnettuja ja jotkut ovat sellaisia, että niitä muuten olisi ollut hankala havaita. Kun nämä vaikuttavat seikat ovat tiedossa, niitä on myös helppo seurata jatkossa. Työprosessia voidaan tehostaa, kun Bayes-verkkojen paljastamia, hyvin vähän prosessiin vaikuttavia tekijöitä ei enää tarvitse seurata ja dokumentoida.

Esimerkkejä

Henkilöstön tyytyväisyysmittaus

Suuruuden ekonomia auttaa tehostamaan toimintaa, mutta kaikkia yritystoston tuomia uusia haasteita ei helposti huomata kuin vasta usean vuoden jälkeen. Leiriintyminen on eräs ongelma. Se kuluttaa voimavaroja. Joskus se jää yritysfuusion jälkeen organisaatioon elämään kymmeniksikin vuosiksi. Henkilöstön paikallinen tuntemus ja vaikutusvalta heikkenevät kasvun myötä joka tapauksessa aiheuttaen mm. motivaatio-ongelmia. Muutostilanteessa perinteiset liiketoiminnan mittarit eivät riitä, sillä ne eivät ole riittävän herkkiä tunnistamaan heikkoja signaaleja. Valitsemalla huolellisesti tutkittavat tekijät ja kokonaisvaltaisesti analysoituuna henkilöstön tyytyväisyys selvitys luonnollisesti tuo ongelmat esille.

Asiakastytyväisyystiedon hyödyntäminen

Asiakastytyväisyysinformaatio kannattaa ottaa yrityksessä aidosti käyttöön toiminnan ohjaamisessa. Tämä edellyttää sitä, että erilliset, silloin tällöin toteutetut asiakastytyväisyysstudiot muutetaan jatkuviksi, tapahtumaperustaisiksi. Näin tulokset saadaan heti. Asiakastiedon määrä ja muoto muutetaan siten, että se voidaan analysoida yhdessä liiketoimintaa kuvaavien mittareiden kanssa todellisten, moniulotteisten korrelaatioiden löytämiseksi. Samalla mittariviidakkoo on helpompi järkeistää

niin, että jäljelle jäävissä mittareissa on todellista informaatiota, jolla on suora kytkentä laatuun, asiakkaaseen ja kannattavuuteen. Toinen puoli asiakkuusanalyysia on tunnistaa toimittajan omat kyvyt etukäteen. Bayes-verkot voivat kertoa, missä asioissa toimittaja voi joustaa ja missä sen täytyy pitää kiinni omista eduistaan; missä ollaan hyviä ja missä ei.

Tietovarastojen tehostaminen

Pelkkä tietovarastojen luominen ei ratkaise ongelmia. Toki datan pitää olla luotettava, mutta sen saavuttaminen keskitetyn varaston avulla on osoittautunut todella vaikeaksi. Usein data on saatu yhteismitalliseksi mutta informaatiota ei. Kannattaa ensin tehdä pilotti ja testata analysoimalla, onko yhdenmukaistetussa datassa myös informaatio saatu yhdistettyä. Samalla selviiä myös mitä dataa todella kannattaa kerätä, ja mitä ei.

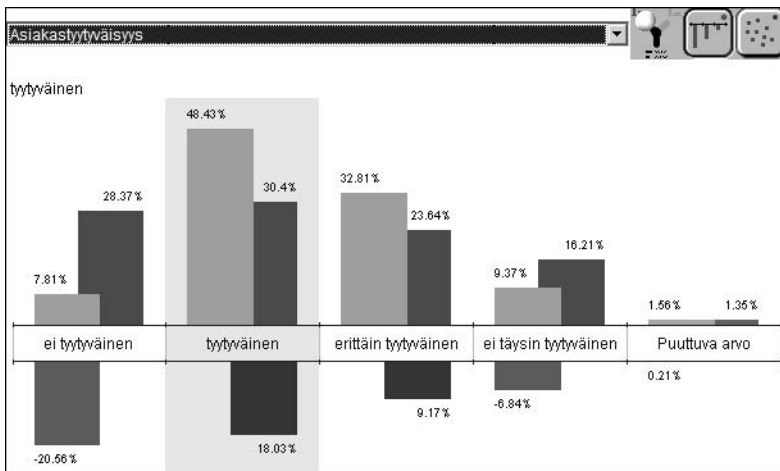
Raportoinnin tehostaminen

Epävarmassa tilanteessa, jossa pitäisi entistä paremmin tietää mitä päättää ennen kuin tekee, raportit eivät yleensä aidosti tue päätöksentekoa. Raportoinnin pitäisi toimia nykyistä tarkemmin ja nopeammin. Sen pitäisi myös mahdollistaa pro-aktiivisen liikkeenjohdon. Staattisten raporttien käytön sijaan kannattaa siksi siirtyä liiketoiminnassa uuden ajan johtamistapaan, jossa ongelman omistaja analysoi itse oman ongelma- kenttensä tietämysmallin avulla. Näin raportit voidaan jättää rutiiniseurantaa varten. Jokainen

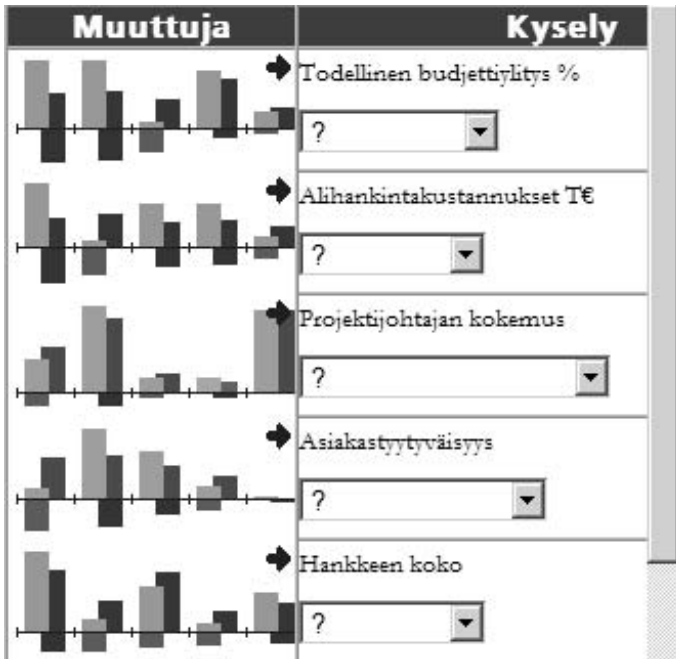
ongelman omistaja luo oman tietämysmallin valitsemalla ongelmaan vaikuttavat muuttujat yrityksen eri raportointitietokannoista ja yhdistämällä saatu data yhteen taulukkoon. Käyttäjää, joka tuntee hyvin alansa, voi näin tunnistaa jopa kymmenien tekijöiden vaikutuksen yli yrityksen eri prosessi- tai funktiorajojen. Syntyy aidosti uutta tietoa.

Yhteenveto

Tietokonetuettu päätöksenteko Bayes-verkkoja käyttäen auttaa eniten suurissa rakennusalan organisaatioissa, joissa tapahtumamäärät ovat niin suuret että yrityksen yhteinen osaaminen on aina paljon suurempi kuin yksilön. Tiedon siirtämisessä auttaa uusi ICT (Information and Communication Technologies) -teknologia, mutta miten tallentaa ns. hiljainen tieto? Se onnistuu sallimalla paikallisen johdon käyttäen kvyitä, lokalisoituja ICT-ratkaisuja siten, että keskitetysti luotu data yhdistetään paikalliseen informaatioon ja ne analysoidaan yhdessä paikallisesti. Tutkimustuloksista päätellen ne yritykset, jotka ensimmäisinä oppivat korvaamaan suuret määrät yksityiskohtaista raportointitietoa datan todennäköisyyskäsitteilyllä ja sen avulla enakoimaan tapahtumien kulun, saavat prosessinsa toimimaan niin paljon paremmin että saavat siitä kilpailuedun.



Kuva 1. Täydellisen, jopa satoja muuttujia käsittelevän profiilikuvan saa muutamassa minuutissa. Profiili kertoo tehokkaasti mitkä seikat vaikuttavat eniten klusterin syntymiseen.



Kuva 2. Internetissä käytettävän BayMinerin kuvaus datan muuttujien jakaumista. Jakaumien kautta pureutuminen tapausten yksityiskohtiin käy tehokkaasti yhdellä hiiren klikkauksella. Valittujen tapausten, esimerkiksi tappiollisten projektien ominaisuudet ovat vaaleilla palkeilla ja koko aineiston ominaisuudet tummilla palkeilla.

Dynaamisten mallien käyttöön voi perehtyä Bayes Information Technology Oy:n tosiaikaisessa BayMiner-analyysipalvelussa. Ilmainen koekäyttö edellyttää rekisteröintiä. Käyttäjän ei tarvitse osata ohjelmoida eikä häneltä edellytetä tilastotieteellisiä tietoja. Analyysi tehdään ja tulosta tutkitaan internetselainta käyttäen.

BayMiner tietolaatikko

BayMiner on selaimella käytettävä, kerätyn taulukkomuotoisen tiedon analyysiväline, joka sekä selvittää että visualisoi moni-muuttuja-tilanteessa kaikki mahdolliset riippuvuudet ja ennen kaikkea näyttää niiden yhteisvaikutukset ih-

miselle ymmärrettävällä tavalla. Analysoitava data voi liittyä tuote- ja palvelulaatuun, prosessien toimintaan tai yrityksen keräämään asiakastietoon. Perusmenetelmä on ympäristöstä riippumaton. Datan ei tarvitse olla numeerinen eikä lähtötaulukon täydellinen.

BayMiner tuottaa koneoppimista hyväksikäyttäen kakkujen ja käyrien sijasta helppokäyttöisen ja monipuolisesti hyödynnettävän dynaamisen tietämysmallin, toisin kuin olemassa olevat tiedonlouhinta- tai analyysivälineet, BayMinerin hyödyntäminen vaatii vain vähän työkaluun perehtymistä, eikä lainkaan pohjatietoja tilastotieteistä tai pohjana olevasta teknologiasta.