

Reitinoptimoinnilla tehoa metsäninventointiin maastossa

Suomen metsäkeskus selvittää tutkimus- ja kehityshankkeessa, voitaisiinko maastossa tehtävää metsäninventointia tehostaa reitinoptimoinnin avulla. Logistisesti vaativassa hankkeessa reitinoptimointi on automatisoitu ArcGISin perustyökaluilla.

Perinteisesti metsäninventointia on tehty lamsimalla saappaat jalassa maastoon keräämään tiedot halutuilta metsikkökuvioilta.

Vuodesta 2010 alkaen pääosa työstä on tehty koelamittaukseen, ilmakei-va-ukseen ja laserkeilaukseen perustuvien aineistojen avulla. Ongelmaksi kuitenkin jäävät metsämaaston aukko- ja taimikot, jotka joudutaan edelleen inventoimaan paikan päällä maastossa.

"Puhumme kohdennetusta maastoinventoinnista, jossa käydään vain niillä metsikkökuvioilla, joista ei saada riittävän tarkkaa tietoa kaukokartoituksen perusteella", Suomen metsäkeskuksen Rannikon alueyksikössä toimiva paikkatieto-asiantuntija **Henna Etula** kertoo.

Kaukokartoituksen avulla tavoitteena on ollut lisätä vuosittain inventoitavan metsäalan määrää 800 000 hehtaaria 1,5 miljoonaan hehtaariin sekä pudottaa samalla tiedonkeruun hehtaarikohtaisia kustannuksia jopa 40 prosentilla. Apuna Suomen metsäkeskuksella ja sen alueyksiköillä on ArcGIS-pohjainen metsävaratietojärjestelmä Aarni, joka kattaa kaikki

inventointiprosessin vaatimat toiminnot.

Tavoitteet ovat Etulan mukaan pitkälti jo toteutuneet, mutta nyt lisätehokkuutta etsitään reitinoptimoinnista, joka voisi ehkä nopeuttaa prosessin pullonkaulaksi muodostunutta taimikoiden ja aukko- ja taimikotien inventointia maastossa. Vuosittain tällaisia alueita on noin 25 prosenttia 1,5 miljoonan hehtaarin kokonaismäärästä.

"Jos tässä vaiheessa saataisiin edes kahdenkin prosentin säästöt, kyse olisi koko maan tasolla isoista rahasummista", Etula sanoo.

Reitti valmistuu kolmessa vaiheessa

Reitinoptimoinnin haaste maastossa on se, missä järjestyksessä metsäneuvojan kannattaa käydä läpi päivittäin inventoitavat metsikkökuviot, mitä reittiä hän siirtyy kuviolta toiselle ja mitä reittiä hän kulkee kuvion sisällä.

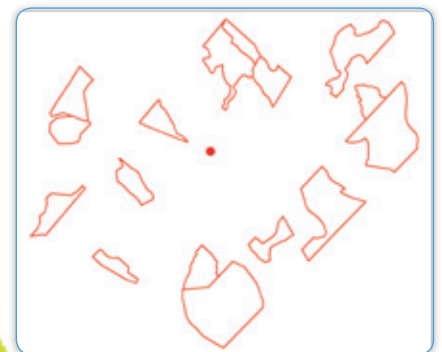
Valmiiseen tieverkkoon pohjautuva reitinoptimointi autolle on aika helppoa. Metsäninventoinnissa kuljetaan kuitenkin

kin jalan maastossa, jossa metsikkökuviot sijaitsevat miten sattuu eikä niiden välillä ole mitään valmista reittiverkostoa.

"Auton parkkeerauspaikasta voi lähteä mihin suuntaan tahansa. Se tekee optimoinnista hankalan logistisen tehtävän", toteaa Etula, joka tekee kehityshankkeen yhteydessä aiheesta myös väitöskirjaa Oulun yliopiston maantieteen laitokselle.

Kehitettyssä ratkaisussa ensimmäisenä vaiheena on asiantuntijoiden suullisten arvioiden pohjalta tapahtuva maaston mallinnus, jonka tuloksena maastosta syntyy jalankulkemisen miellyttävyyttä kuvaava kustannuspinta. Kustannuspinta teemoitetaan, jolloin värikoodit kartalla kertovat, kuinka helppo- tai vaikeakulkuista maasto on.

Toisessa vaiheessa ratkaisulla laske- taan, missä järjestyksessä metsikkökuviot on optimaalisinta käydä läpi. Tätä varten



Inventoitavien metsikkökuvioiden sijainti on reitinoptimoinnin kannalta epämääräinen ja niiden muoto ja pinta-ala vaihtelevat. Punainen piste kuvassa osoittaa paikan, johon metsäneuvoja jättää autonsa.

Valmista reittiä kuvaava kartta näyttää inventoitavat metsikkökuviot, värikoodien teemoitetun maaston kustannuspinnan, optimaalisen järjestyksen, jossa kuviot kannattaa käydä läpi, reitit kuviolta seuraavalle sekä sisääntulo- ja ulosmenopisteet joka kuviolta.



Kohdennettua maastoinventointia tekee Henna Etulan mukaan yli sata henkilöä noin satana päivänä vuodessa, joten reitinoptimoinnilla voidaan potentiaalisesti saavuttaa varsin suuria kustannussäästöjä.



kustannuspinnalle tuotetaan ikään kuin tieterkkoa vastaava viivasto, jonka ansiosta reitinoptimoinnissa voidaan käyttää samoja laskentamenetelmiä kuin tieterkko päälle optimoitaessa.

Kolmannessa vaiheessa ratkaisulla optimoidaan lopullinen reitti, jonka mukaisesti metsikkökuviot käydään läpi, ja tuotetaan kuviolle pisteet, joiden kautta

inventoija tulee kuviolle ja poistuu sieltä.

Kaikki nämä reitinoptimointiratkaisun vaiheet Etula on toteuttanut itse työkalunaan ArcGIS 10.1 for Desktop Advanced sekä Spatial Analyst ja Network Analyst. Lisäksi Esri Finlandin analytikkotiimillä on teetetty erityisen vaativa geoprosointi-malli, jolla tuotetaan metsikkökuvioiden sisällä kuljettava optimoitu reitti.

"Tarkoitus on tehdä kuvion sisällä sellainen reitti, että kuvion pinta-alasta tulee nähdä riittävän suuri osuus, esimerkiksi 60 prosenttia, mutta niin, että reitti on kuitenkin mahdollisimman lyhyt, koska tavoitteena on tehostaa toimintaa."

Ratkaisu testaukseen kesän aikana

Optimointiratkaisua ryhdytään Etulan mukaan testaamaan maastossa kesän aikana kymmenen testiaan voimin eri puolilla maata. Tarkoitus on selvittää, parantaako reitinoptimointi työn tuottavuutta.

Nähtäväksi jää, tuleeko mahdollinen lisätehokkuus siitä, että optimointi vie metsikkökuvioilta toiselle helppokulkuisinta reittiä vai siitä, että kuviot käydään läpi optimaalisessa järjestyksessä.

Mikäli testitulokset ovat myönteisiä, reitinoptimointi aiotaan Etulan mukaan integroida metsävaratietojärjestelmään.

Metsikkökuvioiden kustannuspinnat ja reitinoptimointi syntyvät järjestelmässä automaattisesti, ja inventoijat saavat reittiviivat maastotietokoneille, joihin he tallentavat inventointitiedot. ■



Kaikki irti osaamisesta

Esri Finlandilla teetetyn geoprosointi-mallin avulla optimoidaan Suomen metsäkeskuksen reitinoptimointijärjestelmässä metsäkuvioiden sisällä kuljettava reitti niin, että inventoija näkee kuvion pinta-alasta riittävän osuuden, esimerkiksi 60 prosenttia.

Laskentaratkaisua varten metsäkeskuksen asiantuntijat määrittelevät etukäteen kuvioiden halutun peittoprosentin, näkyvyyttä kuvaavan puskurivyöhykkeen leveyden reitin varrelle, kuvioiden sisään-tulo- ja ulosmenopisteet, pistematriisin pisteiden etäisyyden sekä niiden pisteiden määrän, joiden kautta reitin tulee kulkea.

Jos mallissa kokeiltaisiin kaikki mahdolliset reitit, vaihtoehtojen määrä voisi nousta jopa miljardiin. Siksi Esrin analytikko **Antti Mansikka** kehitti kokonaan toisenlaisen lähestymistavan.

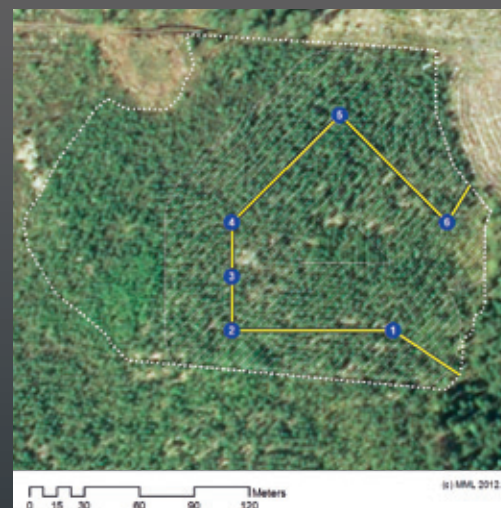
Mallissa luodaan metsäkuviolle 20 metrin pistematriisi ja pisteiden välille Network Analystin käyttämä kuljetusverkko laskemalla viivat kaikista pisteistä muihin pisteisiin.

Lisäksi lasketaan, missä on kuvion keskipiste. Sen jälkeen luodaan kuvion sisään-tulo- ja ulosmenopisteiden välille lyhin mahdollinen siemenreitti. Sitten matriisipisteille lasketaan keskeisyysindeksi, joka kuvaa kuinka lähellä ne ovat keskipistettä ja siemenreittiä.

Jos reitin pitää kulkea kuvion sisällä esimerkiksi kuuden pisteen kautta, keskeisyysindeksin mukaiseen järjestykseen laitetuista matriisipisteistä valitaan ensimmäiseksi pisteet 1.–6., lasketaan niiden välille optimoitu reitti ja katsotaan, tuleeko nähdä 60 prosenttia kuvion pinta-alasta. Jos ei, tehdään sama pisteille 2.–7., pisteille 3.–8. jne.

Iterointikierrokset loppuvat, kun peittoprosentti saavutetaan tai kun kaikki menetelmän mahdollistamat pistekombinaatiot on käyty läpi. Käyttäjä voi myös määrittellä, että malli saa tehdä enintään vaikkapa kymmenen iterointikierrosta.

Syntynyt geoprosointi-malli on tehty Network Analystilla ilman koodausta käyttämällä Model Builderia, jolla on



Geoprosointi-malli luo metsikkökuvion sisälle optimoidun reitin, jolta inventoija näkee 60 prosenttia kuvion koko pinta-alasta.

vedelty graafisessa käyttöliittymässä eri työkaluja toistensa jatkeeksi malliin.

"Tämä on ehkä kaikkein monimutkaisin Model Builderilla rakennettu malli, mitä olen koskaan tehnyt. Jouduin kyllä ottamaan kaiken irti omasta osaamisestani", Mansikka kertoo. ■