

Tekoälyn käyttöönotto rakennetun ympäristön suunnittelussa

Tuomas Lehtonen, DI
Computational Design -asiantuntija
Ramboll Oy

Tämä artikkeli perustuu AI in AEC 2024 -konferenssissa pidettyyn esitykseen tekoälyn käyttöönotosta ja erityisesti ensimmäisten askeleiden ottamisesta aloittelijan näkökulmasta. Tarkoituksena on kannustaa kaikkia asiasta kiinnostuneita kokeilemaan tekoälyä tekniikkana, joka tulee muokkaamaan paitsi elämäämme ylipäätään, myös rakennettua ympäristöä kokonaisuutena.

Tekoäly on kuuma aihe, jolta odotetaan turhan usein taianomaisia nopeita hyötyjä, ja nykyisten työtehtävien tekijävaihdosta ihmisestä koneeseen yhdessä yössä. Joskus tekoäly niputetaan kaikenkattavaksi kattotermiksi, jolla voidaan tuomita kaikki sen alla olevat palvelut ja tekniikat yhdellä hutaistulla testillä umpisurkeiksi. Esimerkkinä tästä lehtiartikkelit, joissa "toimittaja X kokeilee nyt sitä tekoälyä, käyttää sitä huonosti tai väärin tai tehtäviin mihin sitä ei ole tarkoitettukaan, toteaa että tulos ei ole hyvä, ja tekee johtopäätöksen tekoälyn huonoudesta." Tästä saattaa harjaantumattomalle lukijalle syntyä kuva, että tekoäly on pelkkää pöhinää ja mitään oikeaa hyötyä siitä ei ole.

Tämä teksti perustuu kirjoittajan omiin kokemuksiin tekoälyn käyttöönotossa. Seuraavassa esitellään kolme käytännön esimerkkiä, jotka liittyivät rakenteiden mekaniikkaan, suunnittelunormeihin ja rakennusten hiilijä-

lanjäljen ennustamiseen. Yksinkertaisemmista esimerkeistä siirrytään monimutkaisempiin, käyttäen koneoppimista (ML, machine learning), erityisesti regressiota. Tämä tarkoittaa sitä, että koneoppimismalli opetettiin ennustamaan uusia arvoja aiemmin annetun datan perusteella.

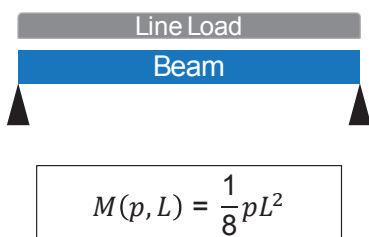
Esimerkkitapauksissa, näissä kirjoittajan oman tekoälypolun ensimmäisissä askeleissa, käytettiin Microsoftin ML.NET-koneoppimiskirjastoa, mutta Grasshopperin kautta eli visuaalisen ohjelmoinnin keinoin. Grasshopper on natiivi lisäosa Rhinoon, ja siitä löytyy kolmannen osapuolen kehittämä Lunchbox-lisäosa, mikä käytännössä sisältää tärkeimmät toiminnallisuudet aiemmin mainitusta Microsoftin ML.NETistä.

Ensimmäinen esimerkki oli yksiaukkaisen palkin maksimitaivutusmomentin arvon ennustaminen, kun tiedetään palkin jänneväli sekä palkkia rasittava viivakuorma. Ajatuksena

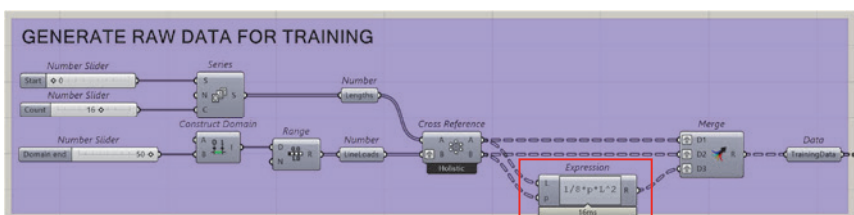
1a Palkin vapaakappalekuva ja taivutusmomentin yhtälö

1b Osa Grasshopper-koodia, jossa kuvan 1 yhtälöllä tuotetaan koulutusdataa tekoälymallille.

2 Tekoälyllä tuotettu kuva betonirungosta.



1a



1b





3 Koulutusdatan visualisointi 3D-pintana, sekä koulutusdatan ja testidatan suhde erityisesti oltaessa koulutusdatan ulkopuolella.

oli, että jos malli koulutetaan riittävällä määrällä "mallisuorituksia" kaavan soveltamisesta, niin se kykenisi ennustamaan oikean arvon myös sille aiemmin tuntemattomilla lähtötiedoilla. Kävi ilmi, että malli toimii hienosti, kunhan pyydetty viivakuorma ja jänneväli ovat koulutusdatan "sisäpuolella".

Toinen esimerkki koski teräspalkin painon ennustamista, kun tiedetään palkin jänneväli, sillä vaikuttava viivakuorma sekä kolmantena lähtötietona myös pistekuorma keskellä jännettä. "Oikeana" vastauksena pidettiin kevyintä tietyn poikkileikkaustyypin profiilia, joka täyttää Eurokoodin asettamat vaatimukset palkille niin murto- kuin käyttörajatilassa. Tehtävää voisi ajatella teräspalkin mitoitusyökaluna, joka kertoo kevyimmän tapaukseen soveltuvan profiilin. Optimisauvan mitoittamisessa koulutusdataa laadittaessa käytettiin Karamba3D-lisäosaa, joka sisältää valmiit komponentit teräsrakenteiden Eurokoodi-pohjaiseen mitoitukseen ja optimointitehtäviin. Lopputuloksena oli toimiva malli, joka antoi arvion optimaalisen teräspalkin painosta millisekunnissa.

Kolmas ja viimeinen esimerkki puolestaan oli taas asteen verran monimutkaisempi taustayhtälöiltään ja logiikaltaan. Tehtävänä oli ennustaa betonirunkoisen kerrostalon hiilijalanjälki, kun tiedetään rakennuksen massoittelu arkkitehdin näkökulmasta. Eli toisiinsa kytkeytyvät tilaobjektit lähtötietona, ja tuloksena on hiilijalanjälki muodossa CO₂e-kg/m², eli pinta-alapohjainen hiilijalanjälki. Tarkoituksena oli vertailla vapaavalintaisia massoitteluvaihtoehtoja toisiinsa. Lopputulos oli kannustava, vaikkakin huomattavasti laajempi

määrä esilaskettuja rakennuksia koulutusdatassa on tarpeen, jotta mallin kattavuutta saadaan parannettua.

Yhteenvedona tutkituista esimerkeistä voidaan nostaa seuraavat asiat:

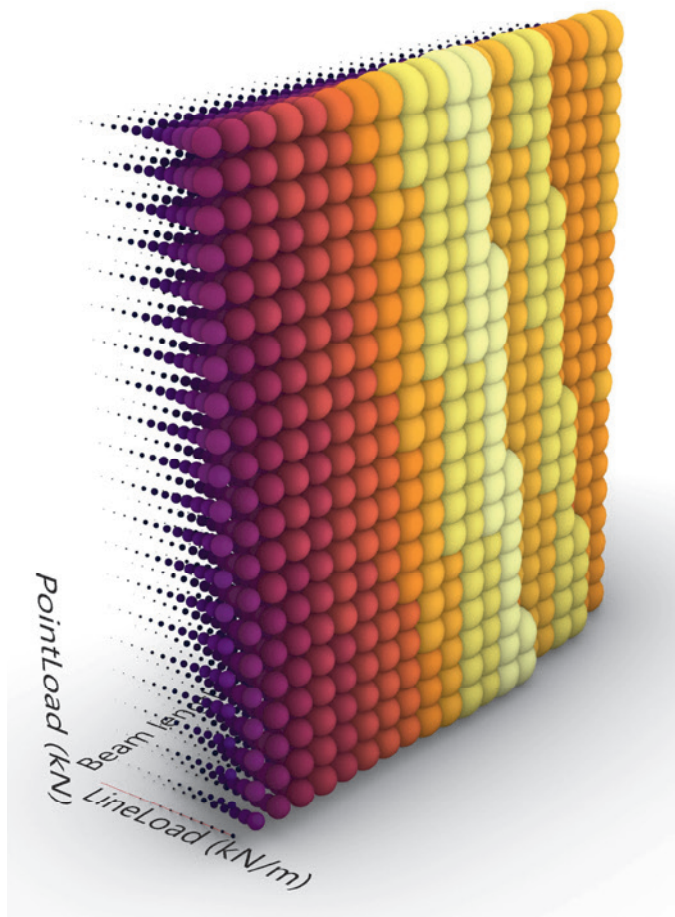
- Koulutusdatan kattavuus ja datan laatu määrittelee mallin kyvyn ennustaa tuloksia oikein ja ennustuskyky koulutusdatan ulkopuolelle on hyvin rajallista käytetyillä epälineaarilla regressiolla.
- Koneoppimismallien kouluttaminen, testaaminen ja käyttö ei vaadi tekstimuotoista ohjelmointiosaamista, vaan myös visuaalisella ohjelmoinnilla pääsee pitkälle.
- Halutessaan ihminen kyllä pääsee kiinni tekoälyn käytännön soveltamiseen varsin helposti.
- Tekoäly itsessään helpottaa tekoälyn käyttöönottoa (esimerkiksi laajojen kielimallien kyky toimia oppimisen apurina on valtava etu).
- Koulutettujen mallien jakaminen muille on helppoa.
- Kaiken kaikkiaan tulokset olivat hyviä ja rajoitteiden puitteissa oikeita. Lopputuloksena oli kolme mallia, joista jokainen hoitaa tehokkaasti oman erityistehtävänsä, kun niille antaa lähtötiedot oikeassa muodossa.

On syytä huomata, että esitetyt esimerkkikäyttökohteet ovat materiaaliirippumattomia. Aivan samalla tavalla voidaan mitoittaa betonirakenteita, ennustaa puurakenteiden kokonaishiilijalanjälkeä tai optimoida teräsluoksia. Esimerkkitapauksia voi ajatella laajemmin täsmällisen asiantuntijatiedon ja -osaamisen tiivistämisenä ennustavaksi malliksi. Mitä

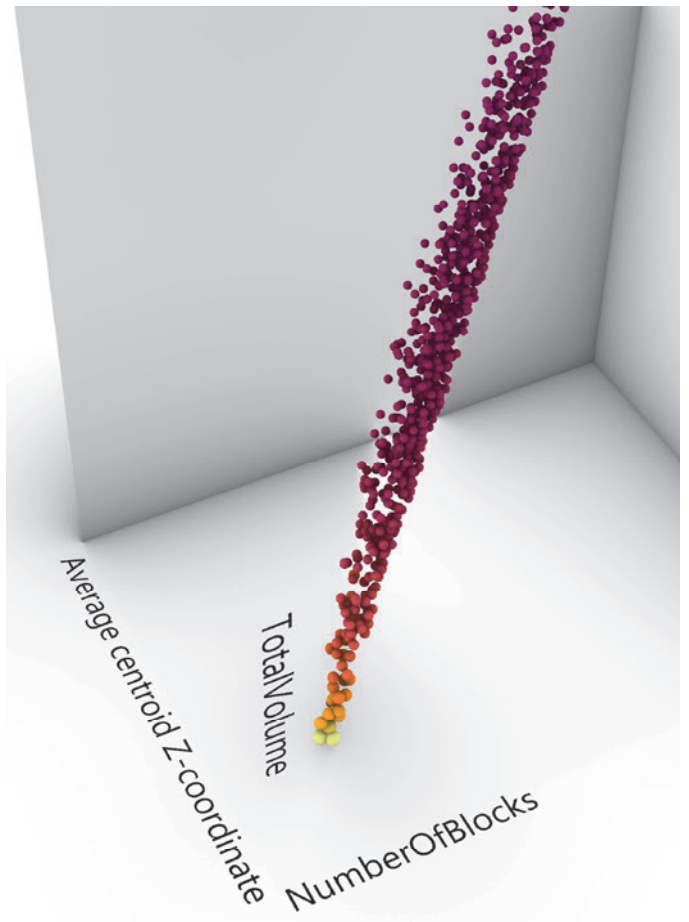
monimutkaisempi kokonaisuus on kyseessä, sitä merkityksellisemmäksi tulee tekoälymallin kouluttaminen kyseisen ilmiön ennustamiseen. Vastaavasti, yksiaukkoisen palkin maksimitaivutusmomentin voi laskea aina tarkasti yhdellä ainoalla yhtälöllä, joten tekoälymallia suoraan tähän käyttötapaukseen ei varmaankaan kannata toteuttaa muuten kuin oppimistarkoituksissa. Koulutettuja malleja voidaan myös liittää osaksi laajempaa kokonaisuutta tai vaikkapa suunnitteluprosessia, jossa jokainen malli ratkaisee oman rajatun tehtävänsä.

Tekoäly on muutakin kuin koneoppimisen regressiomalleja. Esimerkiksi syväoppiminen (DL, deep learning) mahdollistaa huomattavasti monimutkaisempien epälineaaristen suhteiden mallintamisen ja oppimisen. Yhtenä näkyvimmistä esimerkeistä syväoppimisen soveltamisesta ja mahdollisuuksista toimivat nykyisin yleiset laajat kielimallit (LLM, large language model) kuten ChatGPT, Claude ja Gemini. Tekoälykehitys laukkaa vauhdilla eteenpäin ja mallien kouluttamiseen sekä käyttöön pumpataan valtavia summia rahaa. Odotuksena on, että laskentatehon kasvattaminen, algoritmien kehittäminen ja koulutusdatan laadun parantaminen ja määrän lisääminen tuottaa yhä "älykkäämpiä" malleja. Kehitys on ollut huimaa ja oletettavasti seuraavan puolen vuoden aikana näemme seuraavan sukupolven kielimallien suorituskyvyn.

Keskusteluissa kielimalleja ja esimerkiksi kuva- ja videogeneraattoreita käyttävien/kokeilijoiden kanssa on noussut esiin useammanlaisia suhtautumista tämänkaltaiseen generatiiviseen tekoälyyn. Osa näkee jo nykyisen selvän hyödyn näissä palveluissa ja käyttää niitä aktiivisesti eri käyttötarkoituksiin. Osa



4 Teräspalkin optimimassan (Eurokoodi 3) ennustaminen. Mitä suurempi ja kirkkaampi pallero kyseessä, sitä suurempi vaadittu massa.



5 Betonirakennusten (1000 datapistettä) hiilijalanjälki kolmen muuttujan funktiona. Mitä kirkkaampi ja suurempi pallo, sitä suurempi kyseisen rakennuksen pinta-alakohtainen hiilijalanjälki.

GENERATIVE ALGORITHM
Polylines to building blocks

6 Rakennuksen massamallin ja rakennusrungon generointi murtoviivan perusteella.

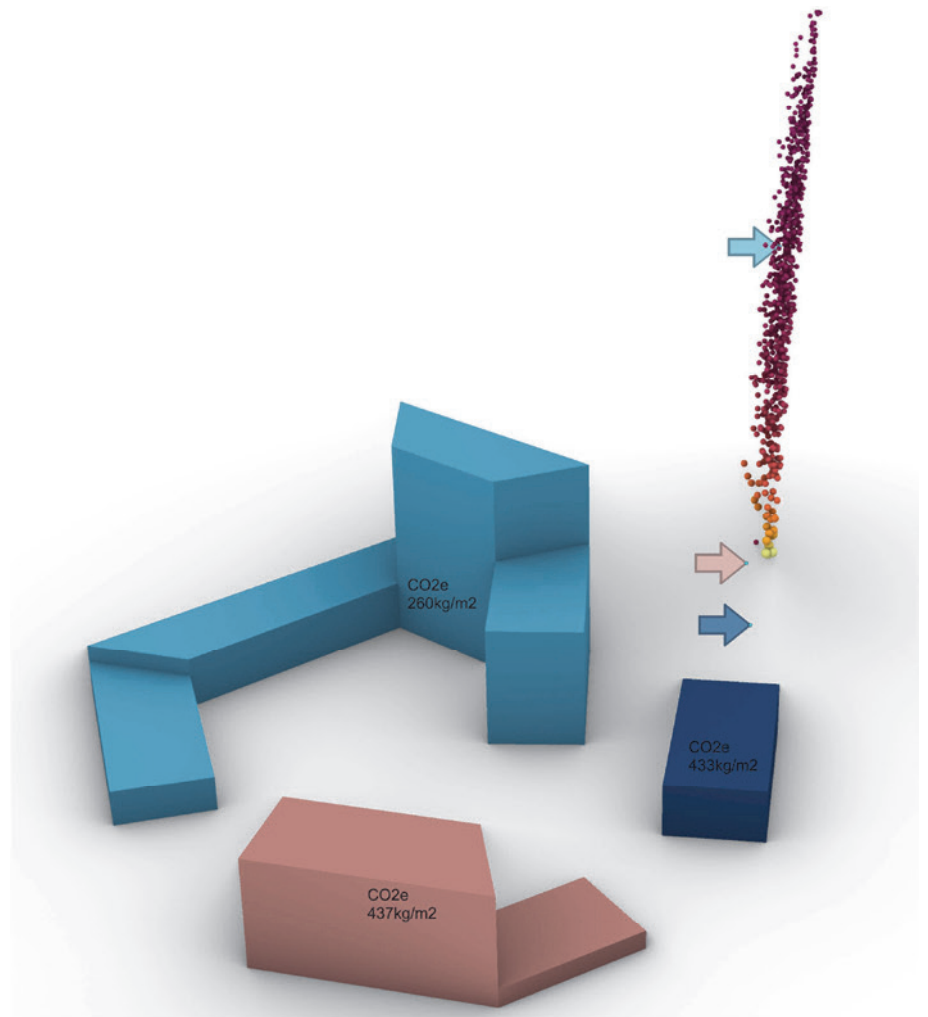
RAMBOLL FENIX
Building blocks to structures
→ Carbon footprint



7

7 Tekoälyllä tuotettu kuva betonirungosta.

8 Kolmen kuvitteellisen rakennuksen hiilijalanjälki-vertailu. Kuva korostaa koulutusdatan kattavuuden merkitystä; mikäli ennustettava tilanne ei ole läheläkään koulutusdataa (alimmat nuolet), ei myöskään tuloksia voi pitää luotettavina.



8

vielä odottaa seuraavaa mallisukupolvea, ja ehkä sitten vasta hyppää kyytiin. Osalle taas uhkakuvat tai mallien huono suorituskyky tietyntyyppisissä käyttöskenaarioissa on se päällimmäinen ajatus. Varmastikin uusi tekniikka aina paljastaa syvempiä psykologisia eroavaisuuksia ihmisistä ja siitä, miten kukakin uuden tekniikan ottaa vastaan – uhkana vai mahdollisuutena.

On ilmiselvää, että jo pitkään on esimerkiksi kielimalleja pystytty hyödyntämään väsymättöminä kotiopettajina, ohjelmointiapureina, ideoiden pallottelukavereina, laajemman tekstimassan tiivistämisenä oleelliseen sekä käännöstarkoituksessa niin puhutuista kielistä kuin ohjelmointikielistä toiseen. Oleellinen muutos on jo tapahtunut, eikä enää tarvitse odottaa mitään erityistä hetkeä tulevaisuudesta, jolloin nämä järjestelmät muuttuvat hyödyllisiksi. Ne ovat sitä jo. Kaikkien pitäisi kokeilla ennakkoluulottomasti kaikenlaisia tekoälyyn nojaavia palveluita, ovat ne kielimalleja, kuvageneraattoreita, musiikin luontiin tarkoitettuja palveluita tai Microsoftin Copilot-järjestelmiä. Samalla oppii tärkeitä taitoja, jotka ovat kuukausi kuukaudelta välttämättömpiä vuorovaikutus-

tekniikoita tietokoneiden kanssa. Sosiaalisessa mediassa kiersi äskettäin video, jossa kahdeksanvuotias lapsi sujuvasti koodaa Harry Potter -aiheista nettisivuaan tekoälyyn nojaavalla koodieditorilla. Jälleen kannattaa katsoa vähän laajemmalla perspektiivillä ja miettiä, mitä tämä muutos merkitsee. Lapsillemme nämä systeemit ovat ja tulevat olemaan arkipäivää, sellaista mitä on aina ollut olemassa. Kun kyseinen sukupolvi varttuu työelämään, ja siihen yhdistetään aiemmin mainittu valtava rahallinen panostus tekoälytutkimukseen ja -kehitykseen halki niiden vuosien, niin maailma näyttää varmasti erilaiselta kuin nyt.

Kannattaa hypätä tekoälyjunaan jo nyt. Koskaan ei ole ollut yhtä helppoa oppia uutta kuin tänään.

Implementation of Artificial Intelligence in Built Environment Design

Artificial intelligence (AI) includes more than just machine learning; deep learning (DL) allows for modeling complex nonlinear relationships. Examples of DL applications are large language models (LLMs) like ChatGPT, Claude, and Gemini. AI development is advancing rapidly with significant investments, aiming to create more “intelligent” models through increased computational power, better algorithms, and improved training data.

Language models are already useful as tutors, programming assistants, brainstorming partners, text summarizers, and translators. The significant change has already happened, making these systems beneficial now. Everyone should explore AI-powered services to develop essential skills for interacting with computers. For future generations, these systems will be commonplace, and substantial investments in AI research and development will significantly change the world. Embracing AI now is advisable, as learning has never been easier.