



TEKOÄLY OPETUKSESSA

Henriikka Vartiainen, Matti Tedre, UEF

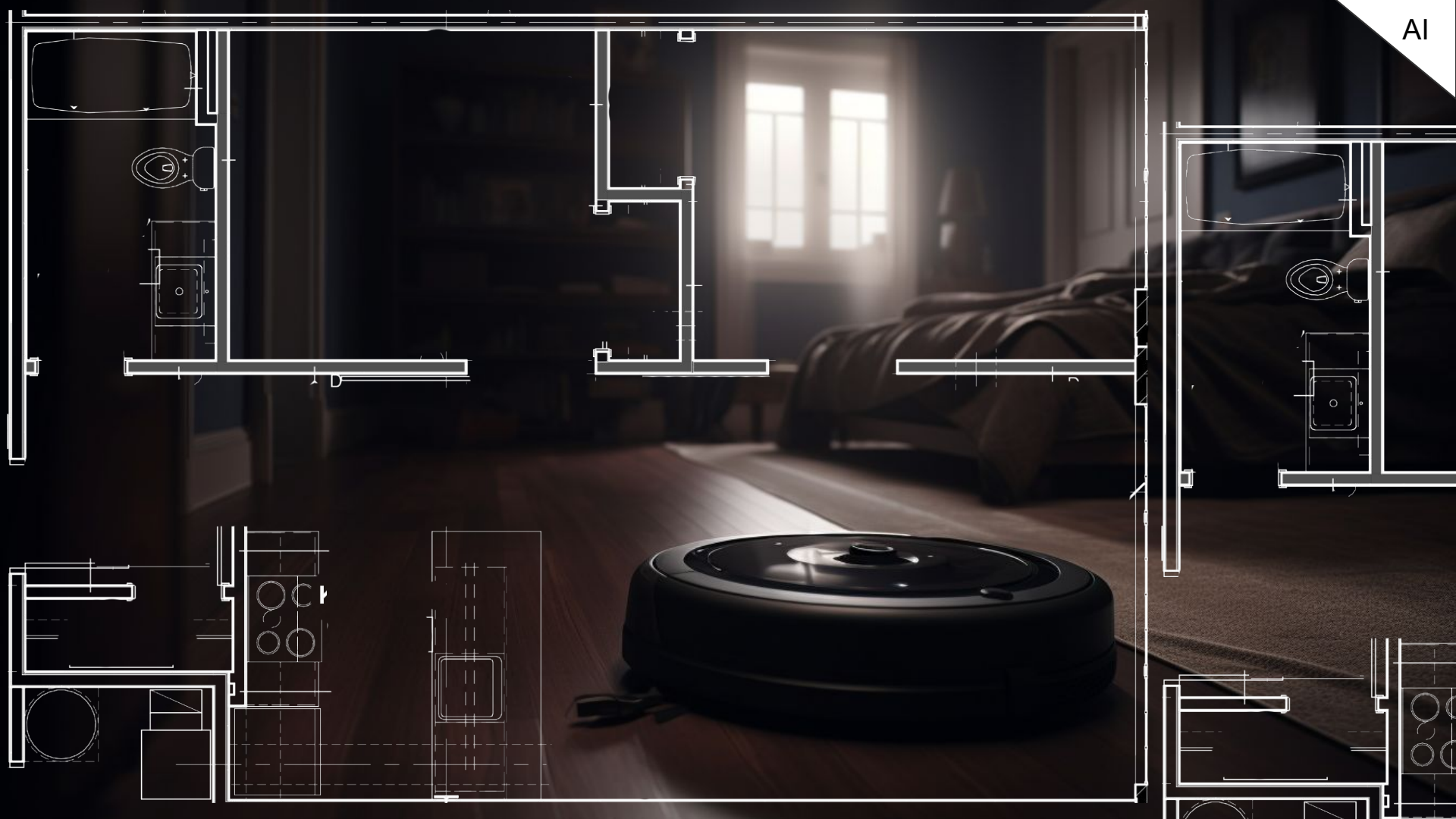
**Miksi tarvitaan
tekoälyn ja datalähtöisen
suunnittelun pedagogiikkaa?**













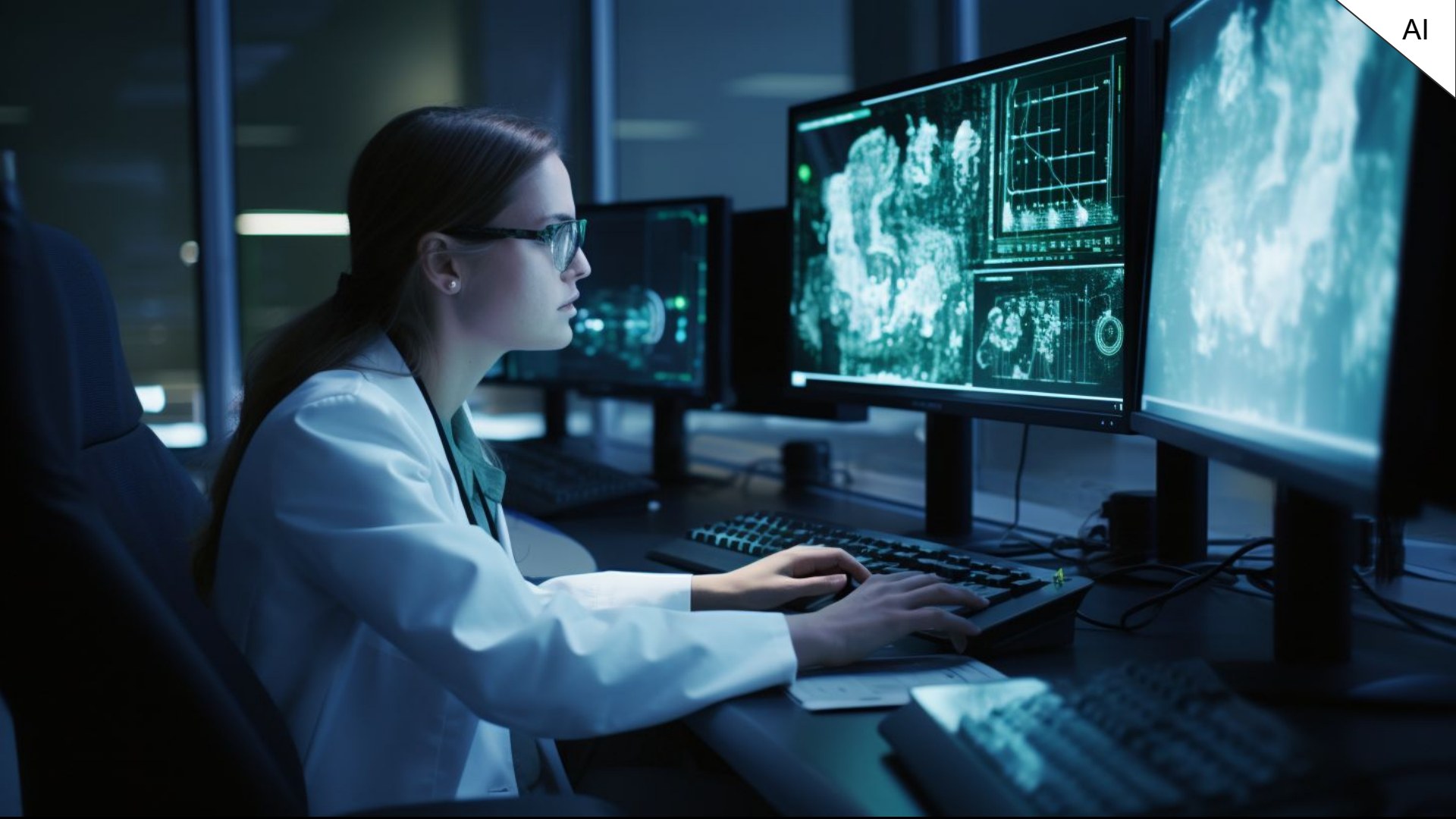


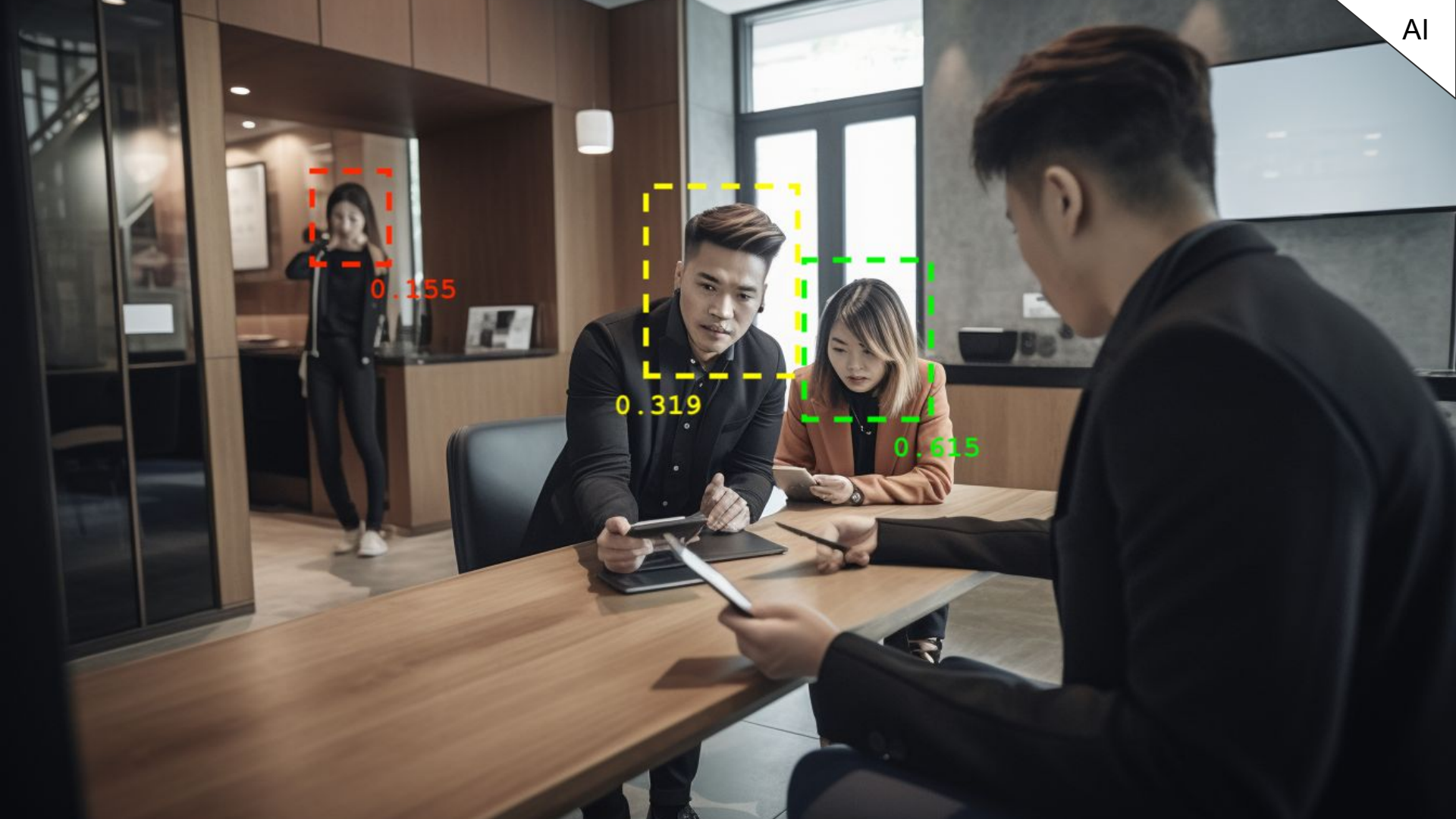












AI/ML is used across Google products



Assistant

Query understanding
Conversation



Search

Query understanding
Search ranking



YouTube

Video recommendations
Better thumbnails



Cloud

Cloud ML APIs
TPU



Home

Speech recognition
Conversation



Translate

text and speech
translations



Clips

smart image capture



Gmail

Smart Reply
Spam classification



Photos

Photos / video search
Auto- smile montage



Android

Keyboard input
(also in iOS)



Cardboard

Image stitching



Drive

Quick Access



Maps

Street View images
Parsing Local Search



Ads

Richer Text Ads
Video summarization



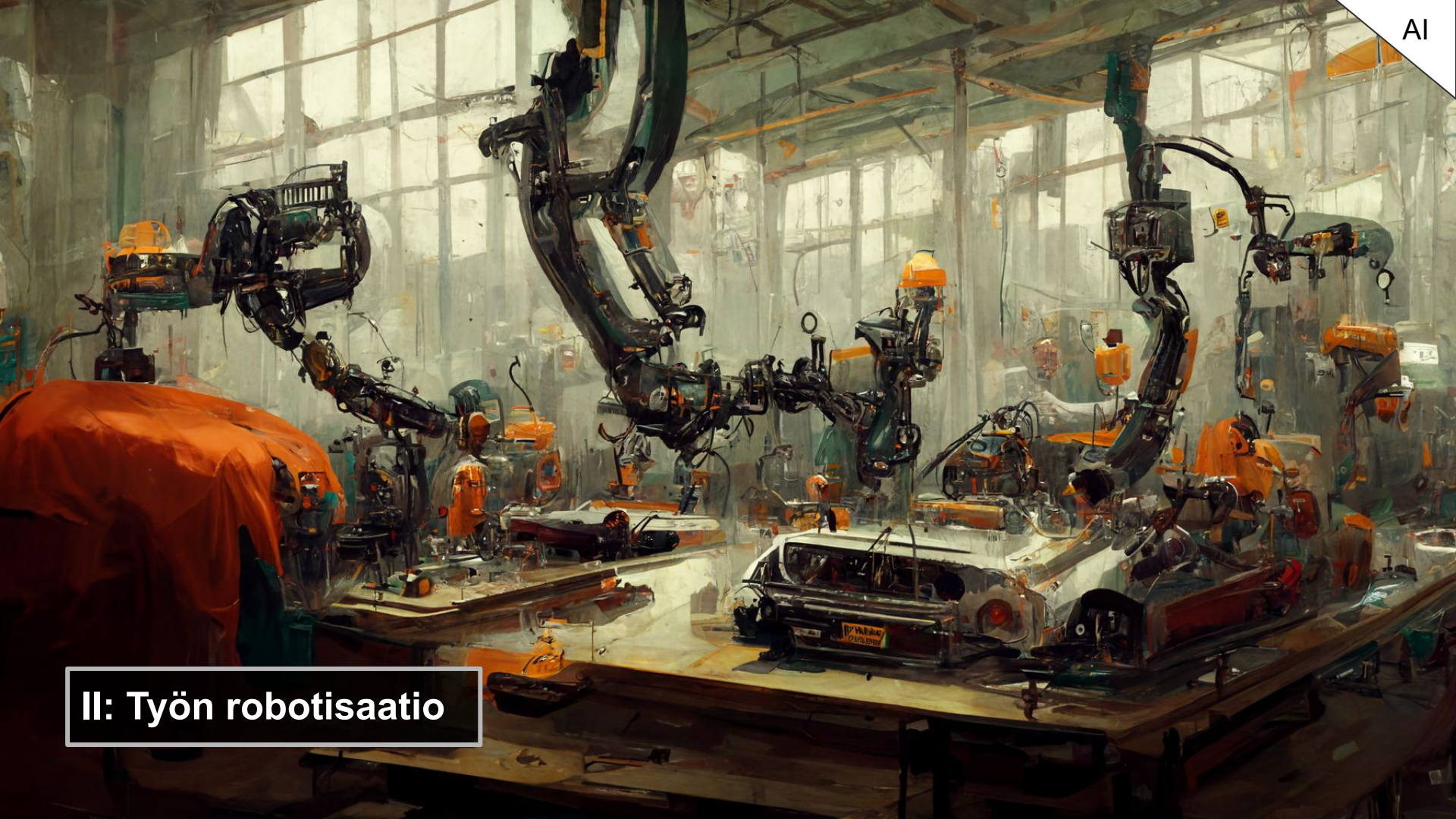
Play

App clustering
Music recommendations

“Datafikaatio”

Työn automatisoinnin vaiheita

I: Työn mekanisaatio



II: Työn robotisaatio

1. Yksinkertainen automaatio

2. Sääntöpohjainen automaatio

3. Opetetut koneet

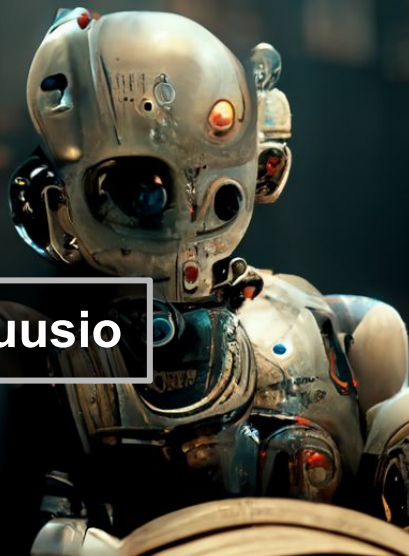
4. Itse oppivat koneet

5. Luova tekoäly

6. Ihmisen ja koneen työn fuusio

7. Yleistekoäly

III: Työn digitalisaatio



Mitä tietokone ei osaa tehdä?

**“Tietokone ei osaa
laskea nopeammin
kuin osaavimmat
ihmiset”**



“Tietokone ei osaa
tehdä loogista
päättelyä”

*54·43. $\vdash :: \alpha, \beta \in 1 . \supset :$

Dem.

$\vdash . *54·26 . \supset \vdash :: \alpha$

[*51·231]

[*13·12]

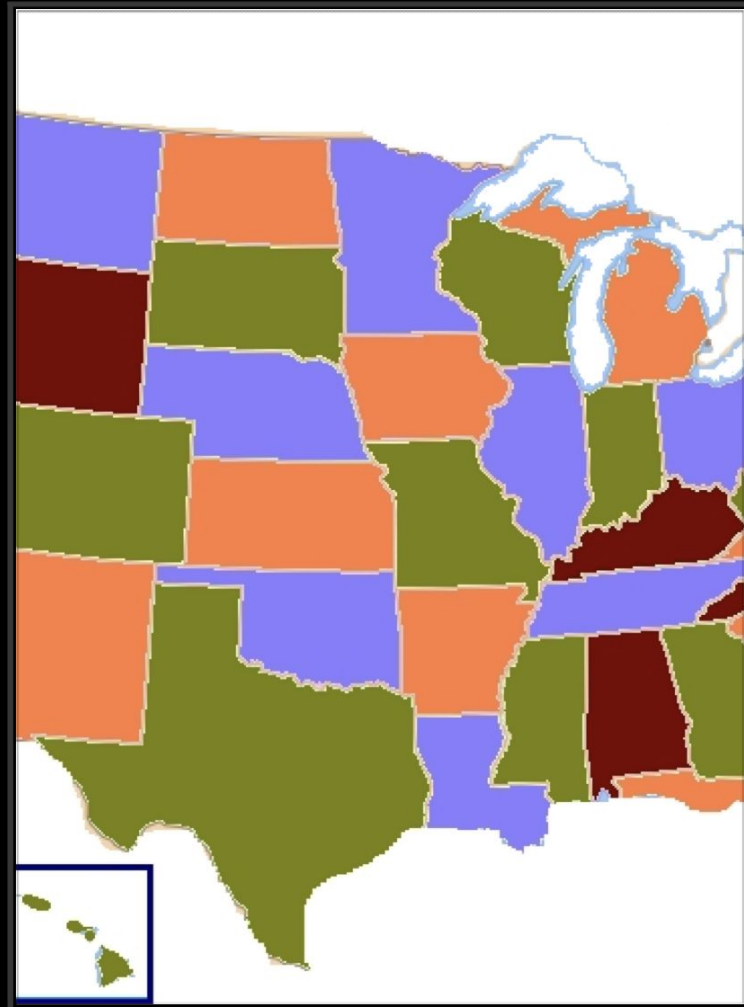
$\vdash . (1) . *11·11·35 .$

$\vdash :: (\exists x, y) . \alpha$

$\vdash . (2) . *11·54 . *5$

From this proposition
defined, that $1 + 1 = 2$.

**“Tietokone ei osaa
ratkaista vaikeita
matemaattisia
ongelmia”**



**“Tietokone ei pysty
voittamaan
ihmispelaajaa
tammessa”**



**“Tietokone ei pysty
voittamaan
ihmispelaajaa
tammessa (1994)
shakissa”**



**“Tietokone ei pysty
voittamaan
ihmispelaajaa
tammessa (1994)
shakissa (1997)
Jeopardyssä”**



“Tietokone ei pysty
voittamaan
ihmispelaajaa
tammessa (1994)
shakissa (1997)
Jeopardyssä (2011)
pokerissa”



“Tietokone ei pysty
voittamaan
ihmispelaajaa
tammessa (1994)
shakissa (1997)
Jeopardyssä (2011)
pokerissa (2015)
Go:ssa”



**“Tietokone ei pysty
voittamaan
ihmispelaajaa
tammessa (1994)
shakissa (1997)
Jeopardyssä (2011)
pokerissa (2015)
Go:ssa (2016)
Strategossa”**



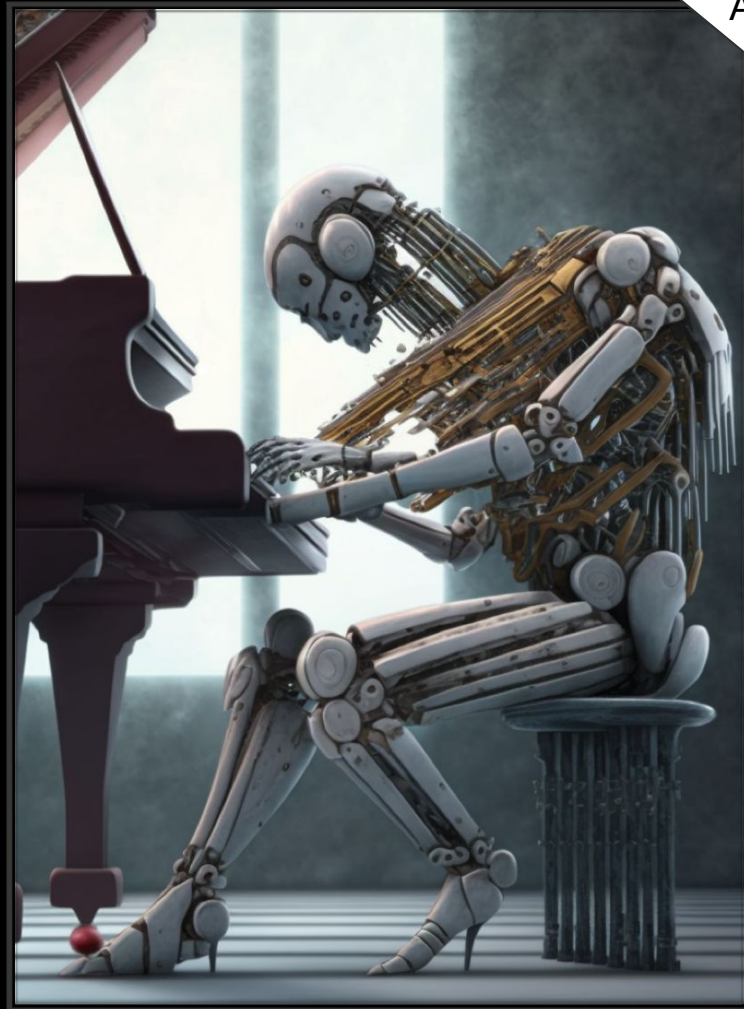
“Tietokone ei pysty
voittamaan
ihmispelaajaa
tammessa (1994)
shakissa (1997)
Jeopardy:ssä (2011)
pokerissa (2015)
Go:ssa (2016)
Strategossa (2022)
Diplomacy:ssä”



“Tietokone ei pysty
voittamaan
ihmispelaajaa
tammessa (1994)
shakissa (1997)
Jeopardy:ssä (2011)
pokerissa (2015)
Go:ssa (2016)
Strategossa (2022)
Diplomaey:ssä (2022)”



**“Tietokone ei osaa
kirjoittaa uutta
sinfoniaa”**



**“Tietokone ei osaa
tunnistaa ja kääntää
luonnollista kieltä tai
puhuttua kieltä”**



“Tietokone ei osaa
tunnistaa ja eritellä
kuvista mitä niissä on”



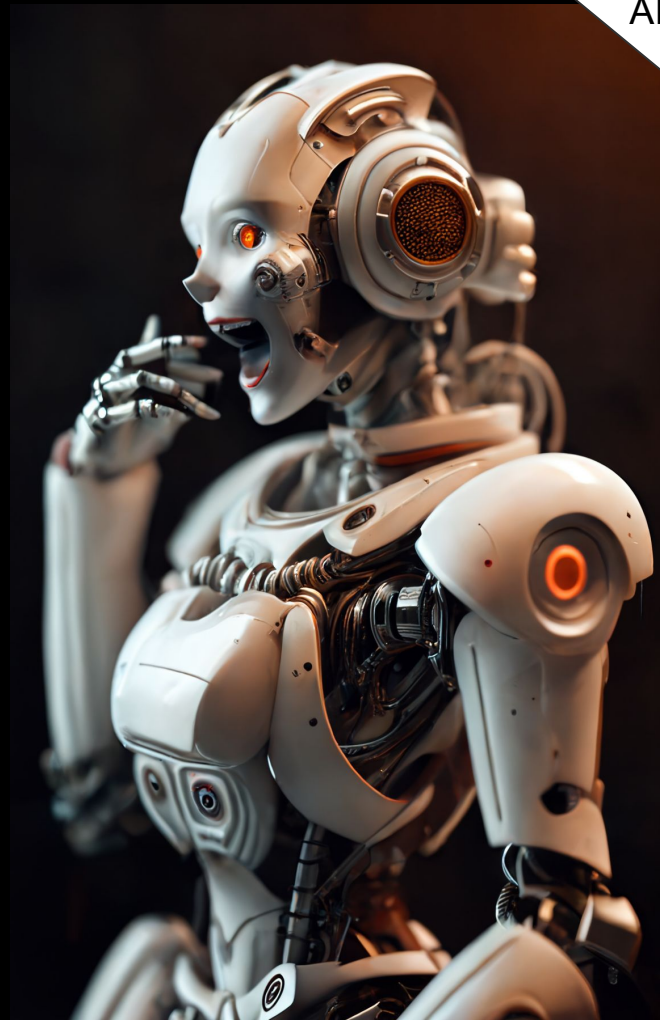
**“Tietokone ei osaa
arvioida tunnetiloja
kuvista tai tekstistä”**



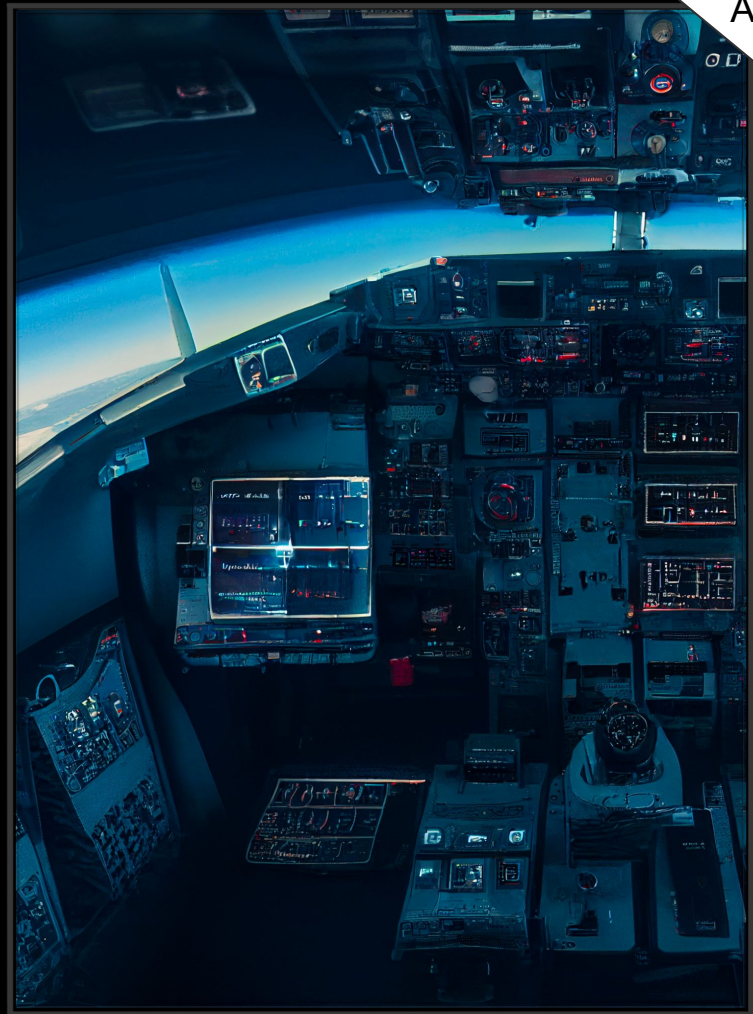
**“Tietokone ei osaa
tunnistaa sarkasmia
tai ironiaa”**



**“Tietokone ei osaa
tunnistaa tai tuottaa
humoria”**



**“Tietokone ei osaa
lentää luotettavasti
lentokonetta”**



**“Tietokone ei osaa
ajaa luotettavasti
autoa”**



**“Tietokone ei osaa
tehdä luotettavia
lääketieteellisiä
diagnooseja”**



**“Tietokone ei osaa
kirjoittaa
uutisartikkeleita”**

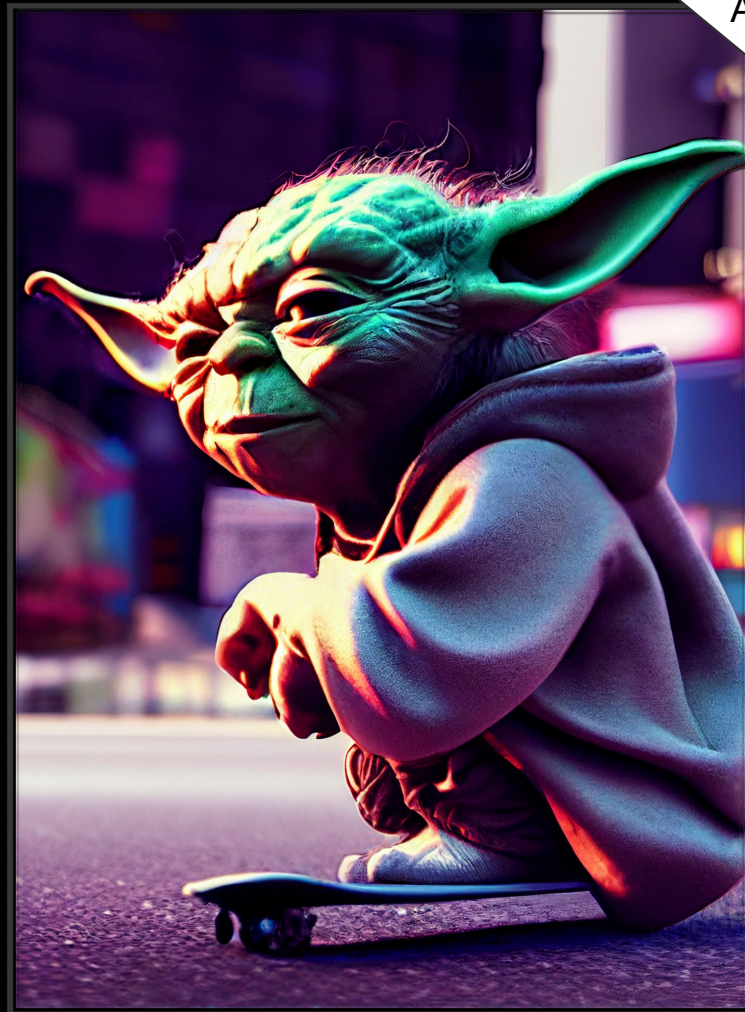


**“Tietokone ei osaa
etsiä ja löytää
käyttäjälle relevantteja
dokumentteja”**



Luovan työn piti olla turvassa

**“Tietokone ei osaa
luoda uutta ennen
näkemätöntä taidetta,
kuvia, videoita”**





Elokuva “I, robot”

**Will Smith ja robotti keskustelevat
siitä mikä on ihmisissä uniikkia**



0:00 / 0:08



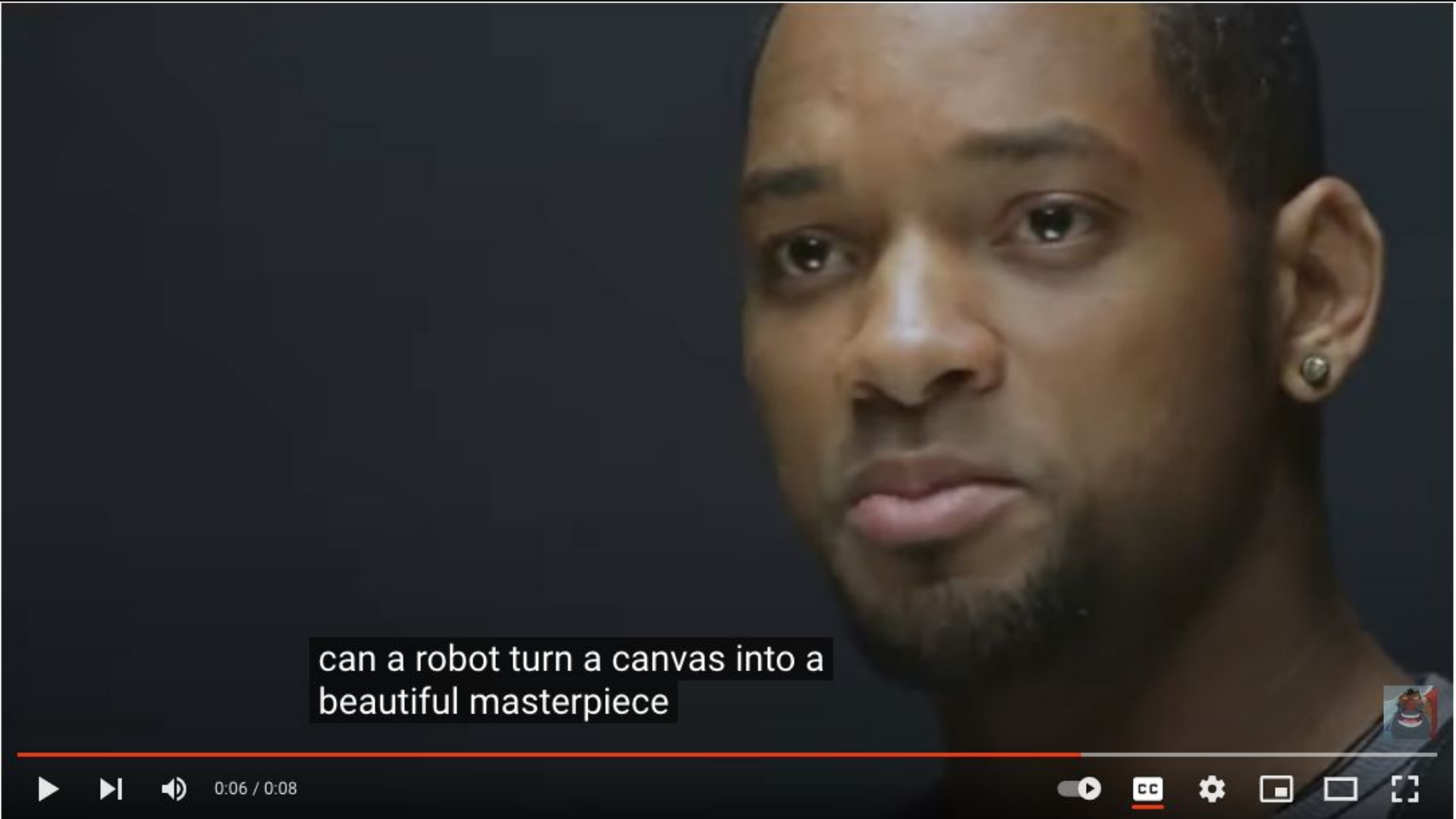


can a robot write a symphony



0:02 / 0:08



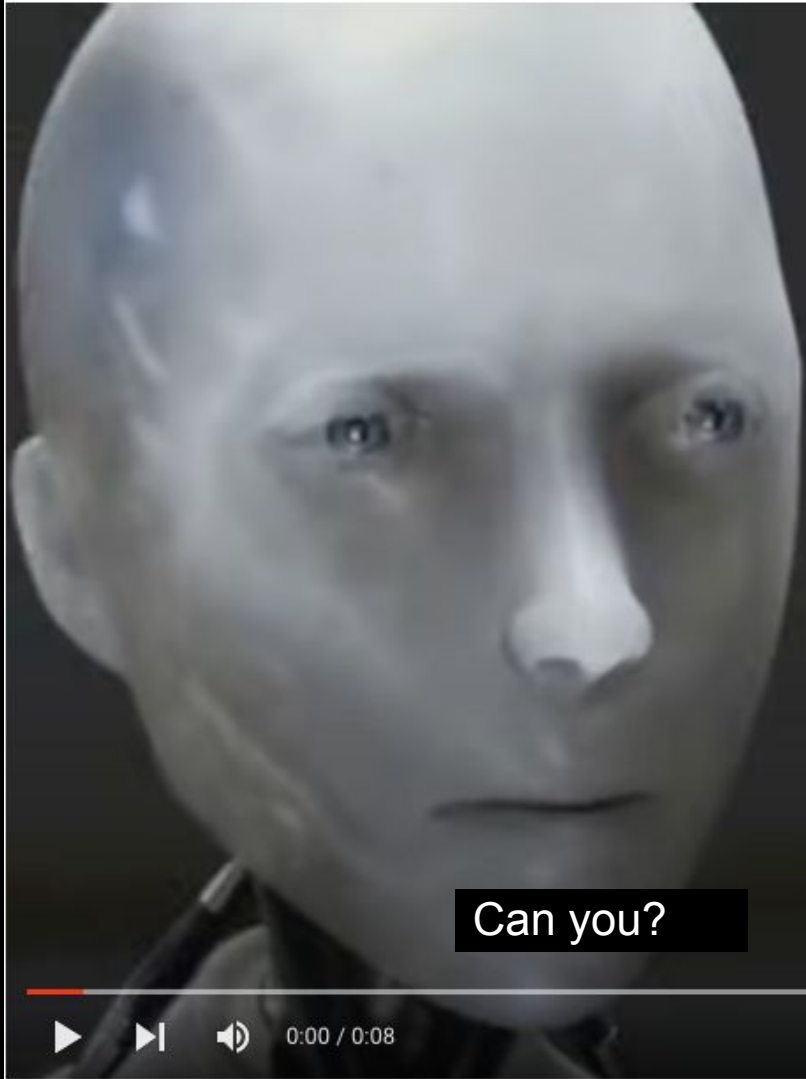
A close-up portrait of a Black man with short hair and a light beard, looking slightly to the left. He is wearing a small hoop earring in his left ear. The background is dark and out of focus.

can a robot turn a canvas into a
beautiful masterpiece



0:06 / 0:08





Can you?



0:00 / 0:08





Ai tyyliin piirsin esim tän ja voitin taas jonkun kilpailun?



0:00 / 0:08





Generatiivisen tekoälyn avulla luodaan kuvia, tekstiä, videota

ChatGPT
Dall-E 2
Midjourney
CoPilot
MuseNet
Lensa

...



Kaikki aiemmat ovat klassisen ohjelmointiajattelun ulottumattomissa

1980

```
**** COMMODORE 64 BASIC
64K RAM SYSTEM 38911 BASI
READY.
10 INPUT "YOUR NAME";X$
20 PRINT "HI ";X$
30 INPUT "HOW ARE YOU";X$
40 PRINT "NICE TO MEET YOU!"
50 PRINT "HAVE ■"
```

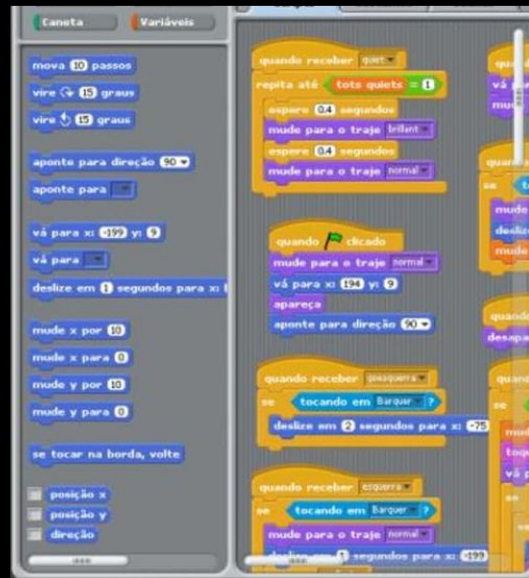
1990

```
Line 15 Col 20 Insert Ind
PROGRAM BOOZER;
USES CRT;

VAR age:Integer;
    name:String;

BEGIN
  CLRSCR;
  WRITELN('What is your name ?
  READLN(name);
  WRITELN('How old are you ? ')
  READLN(age);
  IF age <21 THEN
    BEGIN
      WRITELN('_
```

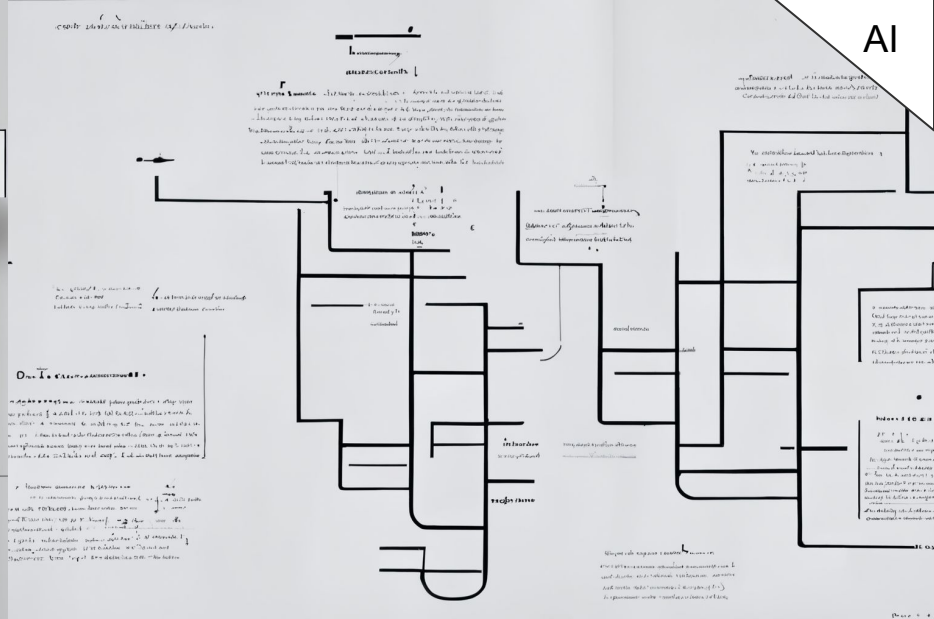
2000





**Kuinka moni osaa
kirjoittaa kasvot
tunnistavan
ohjelman Javalla?**

Mitä muuttui?
Koneoppiminen





Järjestelmiä jotka oppivat suuresta määrästä dataa



Esimerkki datan roolista

Miten kone pystyy kertomaan mitä kuvassa on?

Try the API

Objects

Labels

Text

Properties

Safe Search



Dog 96%

Dog Breed 90%

Carnivore 89%

Pug 88%

Poster 84%

Companion Dog 82%

Fawn 82%

Font 77%

Shout 75%

Illustration 74%

Miten kone pystyy kertomaan mitä kuvassa on?

Fawn Pug Facts – The Pale Pug Color

JULY 15, 2018 BY KRISTIN HITCHCOCK — [LEAVE A COMMENT](#)



The fawn Pug is the most popular and common coat coloring. Although Pugs come in all colors and sizes, but the fawn coloring is usually the most well-known. Today we are going to look at the pros and cons of bringing home a fawn Pug puppy, and really get to know this gorgeous colored dog.

- Pug
- Fawn
- Pale pug color
- Coat coloring
- Puppy
- Dog
- Gorgeous

Miten kone pystyy kertomaan mitä kuvassa on?

- Learn about fawn Pugs
- Choosing a Pug
- Fawn Pug puppies

- Contents
- Current events
- Random article
- About Wikipedia
- Contact us
- Donate

Contribute

- Help
- Learn to edit
- Community portal
- Recent changes
- Upload file

Tools

- What links here
- Related changes
- Special pages
- Permanent link
- Page information
- Cite this page
- Wikidata item

Pug

From Wikipedia, the free encyclopedia

For other uses, see [Pug \(disambiguation\)](#).

The **Pug** is a **breed of dog** originally from China, with physically distinctive features of a wrinkly, short-muzzled face and curled tail. The breed has a fine, glossy coat that comes in a variety of colors, most often light brown (**fawn**) or black, and a compact,

Pug



A fawn-colored pug, the most common coloring

Other names	Dutch bulldog
Origin	China ^[1]

Kennel club standards [\[hide\]](#)

China Kennel Union	standard 
American Quarter Horse Association	standard 
Dog (domestic dog)	

- Pug
- Dog breed
- Fawn colored
- Wrinkly
- Short-muzzled
- Curled tail
- Glossy

Miten kone pystyy kertomaan mitä kuvassa on?

Do Pugs Make Good Pets? What You Need to Know!



By [Nicole Cosgrove](#)

Last updated: Jul 27 2022



- Pug
- Pet
- Adorable
- Flat-faced
- Snorty
- Dog
- ...

Pugs are those adorable, flat-faced, snorty dogs we all know and love. You see them everywhere, and sometimes you hear them before you see them thanks to their brachycephalic snorts. The question is, will these dogs make good pets? The answer is a resounding "yes!"

Miten kone pystyy kertomaan mitä kuvassa on?



Miten kone pystyy kertomaan mitä kuvassa on?



pugs • Follow
Orange, California



pugs Monday Mood 🤔👤🌟

@kaylou2866

3w



pugs #pug #pugs #puglife #pugsofinstagram #pugstagram
#pugsnotdrugs #pugnation #photooftheday #pugs
#grumble #pugworld #puglover #puglovers #selfie #puggy
#funny #cute #meme #pugaday #pugofinstagram #puppy
#dog #dogs #puppies #explorepage #explore #love #happy
#foryoupage #viralvideos

3w 1 like Reply



sonofagd ❤️

2w 1 like Reply



salvador_jsbb 🤔

2w 1 like Reply



nkukonos The Big Boss work works 👍👍👍🔥🍌

2w Reply



Anastasiya On auto 🍌🍌🍌



10,700 likes

FEBRUARY 6



Add a comment...

Post

- Pug
- Pugs
- Puglife
- Dog
- Puppies
- Etc.

LAION

Large-scale Artificial Intelligence Open Network

TRULY OPEN AI. 100% NON-PROFIT. 100% FREE.

LAION-400M

An open dataset containing 400 million English image-text pairs.

LAION-5B

A dataset consisting of 5.85 billion multilingual CLIP-filtered image-text pairs.

Clip H/14

The largest CLIP (Contrastive Language-Image Pre-training) vision transformer model.

LAION-Aesthetics

A subset of LAION-5B filtered by a model trained to score aesthetically pleasing images.

Try the API

Objects

Labels

Text

Properties

Safe Search



Dog 96%

Dog Breed 90%

Carnivore 89%

Pug 88%

Poster 84%

Companion Dog 82%

Fawn 82%

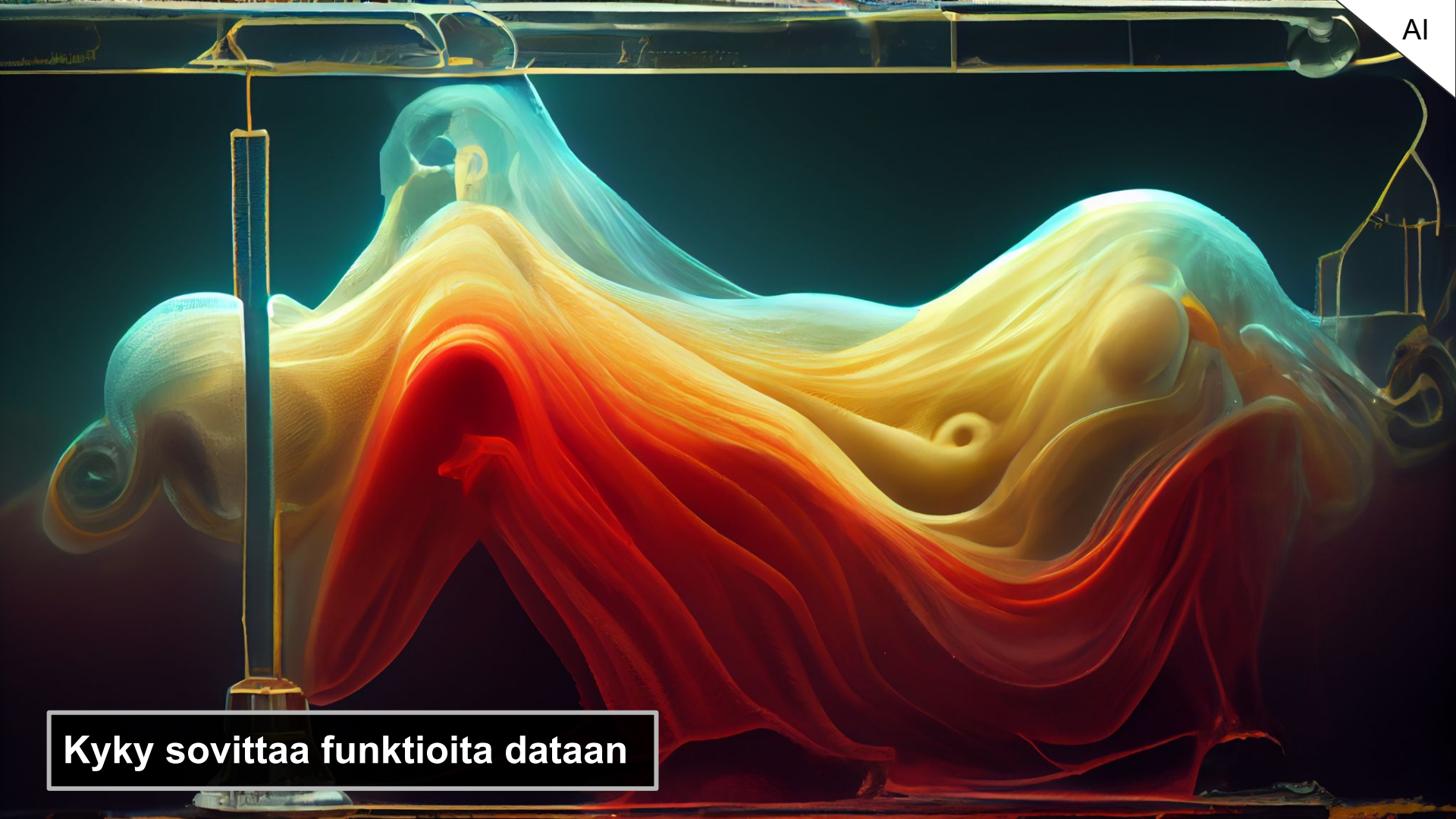
Font 77%

Shout 75%

Illustration 74%

Miten kone pystyy kertomaan mitä kuvassa on?

SYITÄ KONEOPPIMISEN MENESTYKSEEN



Kyky sovittaa funktioita dataan



Käytännön ymmärrys siitä mitä data/funktiopohjaisesti voi tehdä



Uuden onnistumisen kriteerit



Kaupallinen potentiaali



Avoimet teknologiaratkaisut, datasetit, mallit

- Kaikki netissä saatavilla oleva data kelpaa koneoppivien järjestelmien raaka-aineeksi
- Kuvat
 - Taide
 - Valokuvat
 - Grafiikka
 - Uutiset
- Teksti
 - Wikipedia
 - Uutiset
 - Some
 - Jne.
- Ääni
 - Spotify
 - Youtube
- Video

- Kaikki netissä saatavilla oleva data kelpaa koneoppivien järjestelmien raaka-aineeksi
- Kuvat
 - Taide
 - Valokuvat
 - Grafiikka
 - Uutiset
- Teksti
 - Wikipedia
 - Uutiset
 - Some
 - Jne.
- Ääni
 - Spotify
 - Youtube
- Video



2010-luvun puolen välin paikkeilla kävi selväksi että suuri osa reaailmaailman ongelmista on helpompaa automatisoida paljon esimerkkejä keräämällä kuin miettimällä erikseen sääntö joka tilanteeseen



2010-luvun puolen välin paikkeilla kävi selväksi että suuri osa reaalimaailman ongelmista on helpompaa automatisoida paljon esimerkkejä keräämällä kuin miettimällä erikseen sääntö joka tilanteeseen



2010-luvun puolen välin paikkeilla kävi selväksi että suuri osa reaailmaailman ongelmista on helpompaa automatisoida paljon esimerkkejä keräämällä kuin miettimällä erikseen sääntö joka tilanteeseen



2010-luvun puolen välin paikkeilla kävi selväksi että suuri osa reaailmaailman ongelmista on helpompaa automatisoida paljon esimerkkejä keräämällä kuin miettimällä erikseen sääntö joka tilanteeseen



Uusia työelämätaitoja



Tekoäly muuttaa arkea

#about



ChatGPT



Examples

"Explain quantum computing in simple terms" →

"Got any creative ideas for a 10 year old's birthday?" →

"How do I make an HTTP request in Javascript?" →



Capabilities

Remembers what user said earlier in the conversation

Allows user to provide follow-up corrections

Trained to decline inappropriate requests



Limitations

May occasionally generate incorrect information

May occasionally produce harmful instructions or biased content

Limited knowledge of world events after 2021

 Join the Beta

 Sign In

 Getting Started

 Community Showcase

[Jan 30 Version](#). Free Research Preview. Our goal is to make AI systems more natural and safe to interact with. Your feedback will help us improve.



**EETTISIÄ ONGELMIA
PUUTTUVIA YHTEISIÄ PELISÄÄNTÖJÄ
AVOIMIA KYSYMYKSIÄ**



Tekoäly ei ole virtuaalista.

1. Juuret



Tekoäly ei ole virtuaalista.

2. Energiankulutus



Tekoäly ei ole virtuaalista.

3. Minne hyödyt valuvat?



Tekoäly ei ole virtuaalista.

4. Joutomaat



Neuroverkot vaativat paljon dataa

> prime minister giving a speech

AI



Algoritminen vinouma

1. Yliedustus



Algoritminen vinouma

2. Haitallinen yleisty



Algoritminen vinouma

3. Alledustus

Seuraukset yksityisyyden ja tietoturvan näkökulmasta

- Datapohjainen seuranta
- Profilointi ja klusterointi
- Mallinnus ja ennustaminen
- Tunnereaktioiden hyödyntäminen
(emotion farming)
- Huomionhallintatekniikka
(attention engineering)
- Käyttäytymisenohjaustekniikka
(behavior engineering)
- Valeuutiset, deep fake
- Läpinäkyvyyden puute
- Vinoumat
- Yksityisyyden suoja

(Lanier, 2018; Valtonen ym., 2019; Vartiainen ym., 2021)



Klassinen (sääntöpohjainen)

Datapohjainen

Yksiselitteiset tilasiirtymät

Askeleittainen suoritus

Deterministinen toiminta

Yksiselitteinen syntaksi

Diskreetit tilat ja data (symbolit)

Strukturoitu data

Deduktiivinen ongelmanratkaisu

Tutkittuja mentaalisia malleja

Ei kontrollilauseita

Laskenta tapahtuu rinnakkaisesti

Epädeterministisiä malleja

Ei varsinaisesti syntaksia

Analogisen kaltaisia

Datan muoto ei ole kovin tarkkaa

Induktiivinen ongelmanratkaisu

Ei tietoa mentaalisista malleista

Uusi käsitehorisontti

- Oppivat järjestelmät
- Opetusdata
 - Esimerkki
 - Kuratointi
 - Opettaminen
 - Datan laatu, monipuolisuus, vinoumat
- Syöte
- Käyttöönotto
- Luokittelija
 - Luokka
 - Varmuus
 - Luokan nimi
 - Toiminto





HAASTE

KUINKA OTETAAN HUOMIOON OPETUKSESSA?

Datakapitalismin käytänteet sekä niihin kytkeytyvät koneoppimisen mekanismit ovat yleensä “mustia laatikoita” sekä lapsille itselleen että heidän opettajilleen ja huoltajilleen

(Livingstone ym., 2019; Pangrazio ja Selwyn, 2019; Vartiainen ym., 2022)

Miten toteuttaa tekoälyn ja
datalähtöisen suunnittelun
pedagogiikkaa perusopetuksessa?
(Case-esimerkki)

TAVOITE : tukea lapsia ja nuoria kasvamaan tietoisiksi ja luoviksi toimijoiksi, jotka haluavat ja voivat aktiivisesti vaikuttaa tulevaisuuden rakentamiseen tekoälyn muovaamassa maailmassa

YMMÄRRYS

kehitetään
ymmärrystä siitä,
miten tekoäly ja sen
muovaava maailma
toimii

YHTEISLUOVUUS

tuetaan valmiuksia itse
keksiä ja yhdessä
kehittää tekoälyyn
perustuvia sovelluksia
sekä uusia
innovaatioita

KRIITTINEN AJATTELU

kehitetään kykyä
tarkastella kriittisesti
tekoälyyn perustuvien
teknologioiden taustoja,
käyttötarkoituksia sekä
vaikutuksia



TAVOITTEET

- Mitä sisällöllistä osaamista tavoitellaan?
- Mitä taitoja harjoitellaan, mitä uutta opitaan?
- Millainen oppimistehtävä ohjaa osaamisen kehittämiseen?

REUNAHDOT

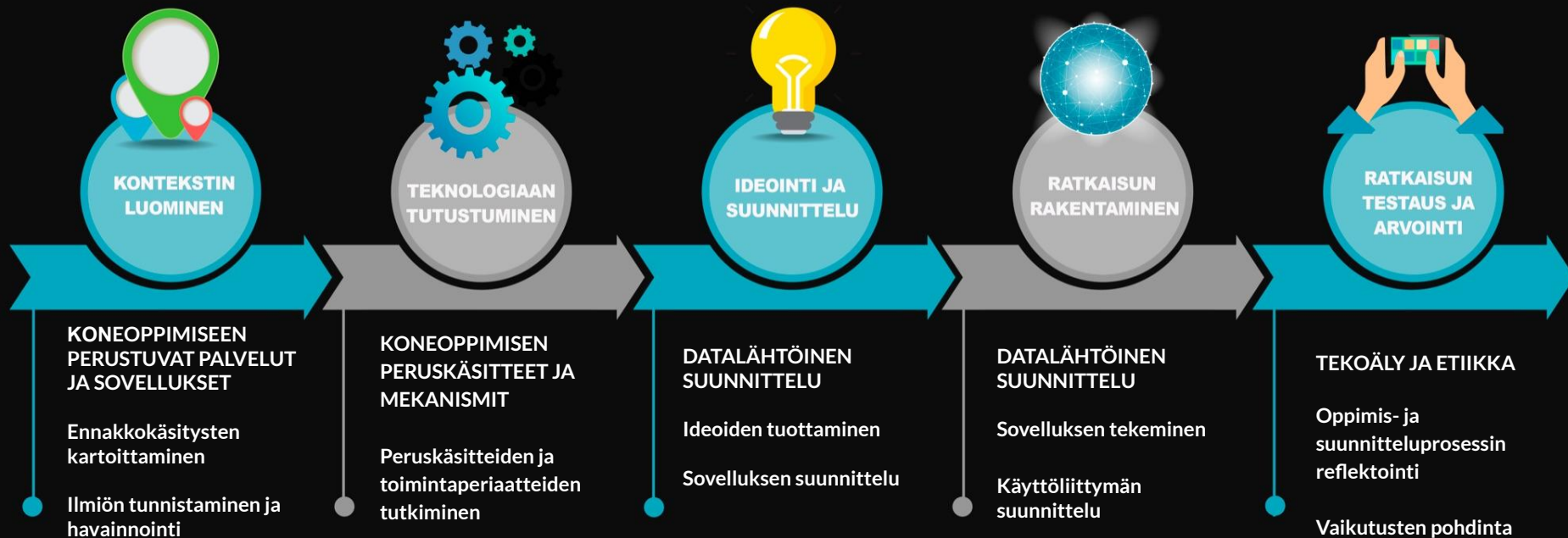
- Mitkä luokat ja opettajat osallistuvat projektiin?
- Millaista ennakko-osaamista ja taitoja oppilailla on?
- Millainen aikataulu projektilla on?
- Millaisia vaiheita projektissa on?
- Mitä teknologioita, (oppi)materiaaleja ja välineitä käytetään?

TYÖNJAKO

- Mitkä ovat kunkin opettajan/tutkijan vastuualueet projektin suunnittelussa ja toteutuksen eri vaiheissa?
- Miten viestitään ja koordinoidaan yhteistä toimintaa?

(Sormunen ym., 2020)

OPETUSMALLI (Vartiainen ym., 2021)



KONEOPPIMISEEN PERUSTUVAT PALVELUT JA SOVELLUKSET



Ilmiön tunnistaminen ja havainnointi:

Miten ja millä tavoin koneoppiminen on osa jokapäiväistä elämäämme? Miksi (esim.) Spotify osaa suositella minulle kappaletta, josta pidän? Mihin sen ennusteet ja suositukset perustuvat? Millaista tietoa suositusjärjestelmät keräävät ja keneltä?

Keskeiset käsitteet

Tiedonkeruu, ennustaminen, suositteleva, profilointi, poikkeaman huomaaminen, sensorit





KONEOPPIMISEN PERUSKÄSITTEET JA MEKANISMIT

Peruskäsitteiden ja toimintaperiaatteiden tutkiminen:

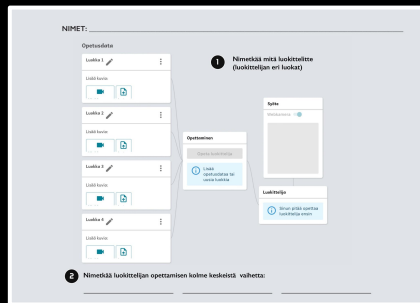
Kuinka koneoppimisen perusjärjestelmät toimivat? Kuinka voin opettaa konetta?

Kuinka voimme huijata koneoppimista?

Miksi liian pieni opetusdata estää järjestelmää toimimasta oikein? Miten järjestelmään syntyy virheitä ja vinoutumia (algorithmic bias)?

Keskeiset käsitteet

Piirre, malli, etäisyys, ryhmittely, luokittelu, opetusdata, päätöksenteko





GenAI kuvien luokittelija (Nick Pope ym.)

GenAI kuvien luokittelija

Opetusdata

Ei mitään

14 kuvaa

Webkamera Lataa

Nuuh nuuh

55 kuvaa

Ärrrrrrmurr

53 kuvaa

Lisää luokkaa

Opettaminen

Opeta luokittelija

Luokittelija opetettu

Syöte

Webkamera

Luokittelija

Ei mitään

Nuuh nuuh 100%

Ärrrrrrmurr 0%

nage/general?img=f

Toiminta:

Ei mitään

susi_hiljaisuus.wav

Upload Delete

Nuuh nuuh

susi_läähättää.wav

Upload Delete

Ärrrrrrmurr

susi_ärisee.wav

Upload Delete

Tulos

Progress bar

Luokittelija

Ei mitään

Nuuh nuuh 0%

Ärrrrrrmurr 100%

- opetusdata, luokittelija, varmuus ja hauraus



DATA-LÄHTÖINEN SUUNNITTELU

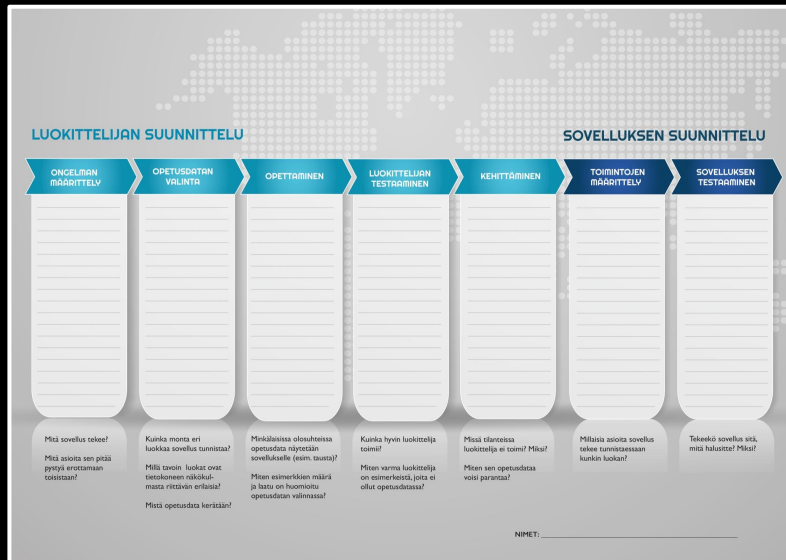
Ideiden tuottaminen

Sovelluksen suunnittelu:

Miten oma sovelluksemme voi vastata käyttäjien tarpeisiin?
Millaisia ominaisuuksia ja millaista opetusdataa sovelluksellamme on oltava tavoitteen saavuttamiseksi?
Miten voimme testata, korjata ja kehittää omaa sovellustamme?

Keskeiset käsitteet

Luotettavuus, mallin arviointi, vinoutuma, suunnittelu, datan laatu





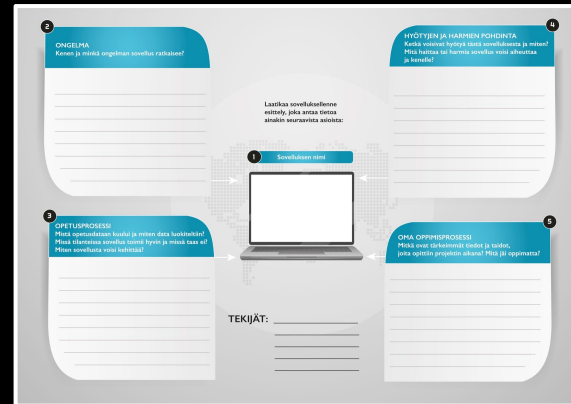
Sovelluksen tekeminen:

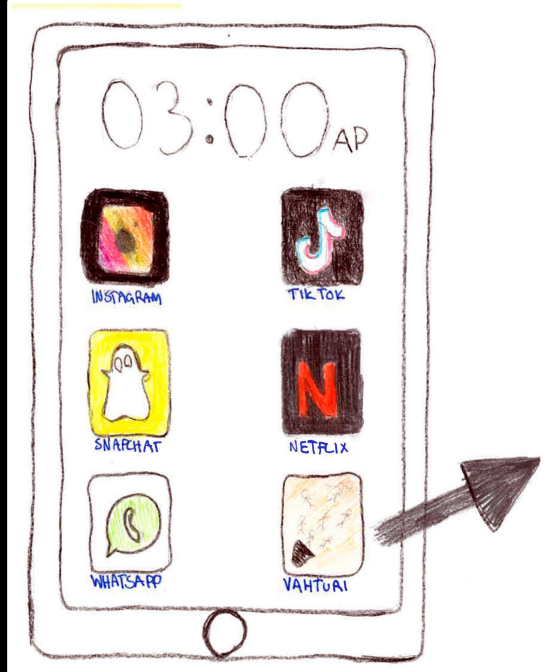
Miten voimme testata, korjata ja kehittää omaa sovellustamme?

Käyttöliittymän suunnittelu

Keskeiset käsitteet

Luotettavuus, mallin arviointi, vinoutuma, suunnittelu, datan laatu





TEKOÄLY JA ETIIKKA

Oppimis- ja suunnitteluprosessin reflektointi

Vaikutusten pohdinta:

Keneen koneoppimisen järjestelmät vaikuttavat ja miten? Kuinka koneoppimisen järjestelmät voivat vahingoittaa tai auttaa ihmisiä? Mitä ei pitäisi automatisoida? Kenen pitäisi saada päättää?

Keskeiset käsitteet

Koneoppimisen etiikka, vastuu, supertekoäly, kriittinen datalukutaito



VINOUMAT



fireman



nurse



scientist

2

KUVAILKAA VINOUMA:

Millainen se on? Mistä se johtuu?

"Nainen" haulla kaikilla
piirroksilla oli sama
ihon sävy ja hiuskäri.
Ihokki näytti siikeasta
melko samalta. Netissä
on enemmän kuvia
vain tietyntyyppisistä
naisista.



3

Miten vinouman voisi korjata?

Nettiin pitäisi lisätä
enemmän kuvia
eri näköisistä naisista.
Vinouma voi aiheuttaa
ulkonäköpainetta.

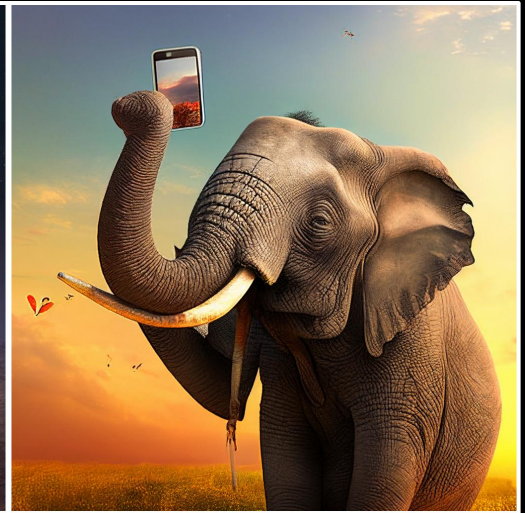
TEKOÄLY JA LUOVUUS

Keskeiset käsitteet

Generatiivinen AI, tekoälyn soveltaminen luovuuden välineenä

Arjen integraatio

Miten voin luoda taidetta ja toteuttaa omia ideoita tekoälyn avulla? Kuka on taiteilija, kun tekoäly on taiteen tekemisen väline? Kenellä tulisi olla tekijänoikeus?





Eli mitä siis harjoitellaan (vrt. OPS)?

❖ Ajattelun taidot

- Data-lähtöinen ajattelu, käsitteet ja niiden merkityksen ymmärtäminen
- Luova ajattelu ja innovatiivisuus
- Kriittinen ajattelu ja argumentointi

❖ Työskentelytaidot

- Yhteistyö (tiimi, asiantuntijat)
- Ideointi, tutkiminen, ongelmien ratkaisu
- Toiminnan suunnittelu ja arviointi

❖ Arvot ja asenteet

- Uteliaisuus, kiinnostus
- Rohkeus ja luottamus siihen, että pystyy (minäpystyvyys)
- Osallistuminen ja vaikuttaminen



Tutkijatohtori Juho Kahila

juho.kahila@uef.fi

+358 50 327 1475

Yliopistotutkija Henriikka Vartiainen

henriikka.vartiainen@uef.fi

+358 50 4712352

Professori Matti Tedre

matti.tedre@uef.fi

+358 50 4340376

LÄHTEET

- Bommasani, ym. (2021). *On the opportunities and risks of foundation models*. arXiv:2108.07258 [cs.LG]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.07258>
- Brynjolfsson, E. and McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company, New York, NY, USA.
- Darwiche, A. (2018). Human-level intelligence or animal-like abilities? *Communications of the ACM*, 61(10):56–67
- Denning, P. J. & Tedre, M. (2019). *Computational Thinking*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hallinan B and Striphas T (2016) Recommended for you: The Netflix Prize and the production of algorithmic culture. *New Media and Society* 18(1): 117–137.
- Lanier, J. (2018). *Ten Arguments for Deleting Your Social Media Accounts Right Now*. The Bodley Head, London, UK.
- Mertala, P. Fagerlund, J. & Calderon, O. (2022). "A machine that thinks by itself": Finnish 5th and 6th grade students' conceptions of artificial intelligence.
- Kangas, K. (2014). *The artificial project: Promoting design learning in the elementary classroom*. Helsinki: Unigrafia.
- Pangrazio, L., & Selwyn, N., (2018). Personal data literacies: a critical literacies approach to enhancing understandings of personal digital data. *New Media and Society*, 21(2), 419–437.
- Seitamaa-Hakkarainen, P., Viilo, M. & Hakkarainen, K. (2010). Learning by collaborative design: Technology-enhanced knowledge practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(2), 109–136.
- Selwyn N and Pangrazio L (2018) Doing data differently? Developing personal data tactics and strategies amongst young mobile media users. *Big Data and Society* 5(1).
- Sormunen, K., Seitamaa-Hakkarainen, P., Kangas, K. & Korhonen, T., 2020, *Keksimisen pedagogiikka*. Korhonen, T. & Kangas, K. (eds.). Jyväskylä: PS-kustannus, p. 26-47 22 p.
- Stoilova M, Livingstone S and Nandagiri R (2020) Digital by default: Children's capacity to understand and manage online data and privacy. *Media and Communication* 8(4): 197–207. DOI: 10.17645/mac.v8i4.3407.
- Tedre, M., Toivonen, T., Kahila, J., Vartiainen, H., Valtonen, T., Jormanainen, I. & Pears, A. (2021). Teaching Machine Learning in K–12 Classroom: Pedagogical and Technological Trajectories for Artificial Intelligence Education. *IEEE Access*, (9), 110558-110572
- Valtonen T, Hoang N, Sointu E, et al. (2021) How pre-service teachers perceive their 21st-century skills and dispositions: A longitudinal perspective. *Computers in Human Behavior* 116.
- Vartiainen, H., Tedre, M. & Valtonen, T. (2020). Learning machine learning with very young children: Who is teaching whom? *International Journal of Child-Computer Interaction*, 25.
- Vartiainen, H., Toivonen, T., Jormanainen, I., Kahila, J., Tedre, M., & Valtonen, T. (2021). Machine learning for middle schoolers: Learning through data-driven design. *International Journal of Child-Computer Interaction*, (29).
- Vartiainen, H. & Tedre, M. (2023). Using Artificial Intelligence in Craft Education: Crafting with Text-to-Image Generative Models. *Digital Creativity*.
- Vartiainen, H., Tedre, M., & Jormanainen, I. (in press). Co-creating digital art with generative AI in K-9 education: Socio-material insights. *International Journal of Education Through Art (IJETA)*.
- Vartiainen, H., Pellas, L., Kahila, J., Valtonen, T., & Tedre, M. (2022). Pre-service teachers' insights on data agency. *New Media & Society*