

Ja ihminen loi älyn podcast: jakso5, litteraatti

Pokeri, elinsiirrot ja ydinsota – peliteoria on kaikkialla – Tuomas Sandholm

Eric Malmi:

Teillä on nyt tällainen yli-inhimillinen pokeritekoäly. Onko tämä sellainen rahasampo, joka jauhaa teille tuolla online-foorumeilla nyt mammonaa pelaamalla ihmisiä vastaan?

Tuomas Sandholm:

Peliteoriahan on mullistanut kaikki tieteet. Me voimme ottaa näitä hyvin kompleksisia tärkeitä high stakes -ongelmia, laskea niihin ratkaisut ja sitten painaa ne ratkaisut suoraan käytäntöön.

Matemaatikotkin puhuvat siitä, että nyt on "mathematics without mathematicians". Ihmiset tietävät mitkä ne tärkeät ongelmat ovat, mutta nyt alkaa tekoälykin tietää sen.

Eric:

Tervetuloa Aalto-yliopiston Ja ihminen loi älyn -podcastin pariin. Nimeni on Eric Malmi ja toimin vierailevana professorina Aalto-yliopistossa ja Suomen ELLIS-instituutissa. Kanssani tätä podcastia juontaa Arno Solin.

Arno Solin:

Toimin koneoppimisen professorina niin ikään Aalto-yliopistossa ja ELLIS-instituutissa.

Tänään meillä on kunnia saada vieraaksi yksi kansainvälisesti tunnetuimmista suomalaisista tekoälytutkijoista, Carnegie Mellon -yliopiston professori Tuomas Sandholm.

Tuomas on maailman johtava epätäydellisen informaation pelien tutkija, ja hänet tunnetaan muun muassa ensimmäisen ihmiset päihittävän pokeritekoälyn luomisesta.

Tämän lisäksi hän on perustanut useita tekoälyalan yrityksiä.

Lämpimästi tervetuloa Tuomas Sandholm.

Tuomas:

Kiitos.

Eric:

Hienoa saada sinut mukaan.

Ihan tähän alkuun me ajattelimme, että olisi hyvä selventää, että kun me puhumme peliteoriasta ja peleistä, niin mitä näillä tarkoitetaan? Tutkitko sinä yksinomaan lautapelejä ja tietokonepelejä, vai mitä nämä pelit ovat?

Tuomas:

Pelit eivät siis ole vain tällaisia recreational-pelejä, lautapelejä tai korttipelejä, vaan ne ovat kaikkia sellaisia tilanteita, joissa on enemmän kuin yksi agentti. Agentit voivat olla ihmisiä, firmoja tai valtioita ja näin edespäin. Mutta kaikissa tilanteissa, joissa on enemmän kuin yksi päätöksentekijä, on kyse pelistä.

Usein benchmarkeina tässä tieteenalassa käytetään sellaisia tunnettuja pelejä kuin esimerkiksi pokerivariaatiot, shakki, go, fog of war chess ja niin edespäin. Mutta ainakaan minun mielestäni, minulle se ei ole mikään semmoinen applikaatio, vaan se on vain benchmark.

Niitä applikaatioita tehdään sitten erikseen. Mutta se teknologian kehitys on hyvä tehdä näissä recreational-peleissä sen takia, että niissä ei ole mitään salaista, ja kaikille on selvää, mitkä säännöt ovat. Sitten niissä voidaan kilpailla, julkaista niistä tekniikoista ja rakentaa toisten tekniikoiden päälle uutta ja hienompaa.

Eric:

Suurelle yleisölle peliteoriasta saattaa tulla ensimmäisenä mieleen Kaunis mieli -niminen elokuva, jossa Russell Crowe esittää Nobel-voittaja John Nashia. Luulen, että tämä oli minunkin ensimmäinen kosketukseni peliteoriaan. Kun tämä leffa tuli teattereihin vuonna 2001, niin millainen vaikutus sillä oli sinun omaan tutkimukseesi? Muuttuiko esimerkiksi rahoituksen hankinta tai opiskelijoiden rekrytointi helpommaksi?

Tuomas:

Ei ollenkaan. Opiskelijoiden rekrytointi on ollut helppoa koko ajan, ja rahoitus on kovin kilpailtua täällä USA:ssa, mutta kyllä se on onnistunut ihan hyvin.

Siinä leffassa puhuttiin vähän väärin peliteoriasta. Sitä oli yksinkertaistettu vähän liikaa.

Itse olen tavannut John Nashin pari kolme kertaa ennen kuin hän kuoli. Hän on käynyt meidän esitelmissämme ainakin kolme kertaa.

Vähän huonosti muistan sen elokuvan, mutta siinä puhuttiin jostain baarista ja seurustelusta, että kenen kanssa kannattaa ruveta puhumaan baarissa ja näin edespäin. Mutta sehän ei ollut John Nashin applikaatio siinä hänen väitöskirjassaan. Hänen väitöskirjassaan oli vain yksi applikaatio, ja se oli pokeria.

Arno:

No niin, pokeriin pääsemme myös myöhemmin syventymään. Me Ericin kanssa vähän pohdimme, että sinun nimesi tulee usein esiin, kun puhutaan suurista suomalaisista tekoälytutkijoista. Olet ilman muuta tunnetuimpien joukossa, ehkä jopa tunnetuin. Mutta koetko itse olevasi enemmän peliteorian vai tekoälyn tutkija?

Tuomas:

No sehän on hyvä kysymys. Siitä oli aikamoinen taistelu itse asiassa 1990-luvulla, että kuuluuko peliteorian tutkimus tekoälyn alaan vai ei. Että kuuluuko siitä julkaista näissä tekoälyn pääkonferensseissa. Siitä oli ihmisillä eri mielipiteitä.

Me voitimme sen taistelun. Tänä päivänä se on aika suurikin osa-alue tekoälyssä. Jos katsotaan, mitä näissä parhaissa tekoälykonferensseissa julkaistaan, niin niissä kaikissa on aika iso peliteorian osa-alue. Näin se on.

Se mikä jonkin tiedealan määritelmä on, elää ja muuttuu sen mukaan, mitä siellä julkaistaan. Että se on vähän niin kuin semmoinen itsensä täyttävä lupaus. Että jos jossain konferenssissa julkaistaan peliteorian papereita, niin sitten julkaistaan jatkossakin lisää. Se vaikuttaa siihen presedenssiin, että mitä siellä kuuluu julkaista, keitä siellä program-komiteassa on ja näin edespäin.

Että se oli aika iso muutos. 80-luvun loppuun asti sitä ei ollut ollenkaan. Oikeastaan voidaan yhden käden sormilla laskea nämä tekoälypaperit, jotka olivat peliteorioista. Sitten 90-luvulla se kaikki muuttui.

En mitenkään halua sanoa, että peliteoria on tekoälyn osa-alue, vaan sitä tehdään tietysti muillakin alueilla. Sitä tehdään sovelletussa matematiikassa, taloustieteessä, poliittisessa tieteessä, biologiassa ja näin edespäin. En mitenkään halua sanoa tässä, että tekoäly omii sen.

Mutta kyllähän jos ajatellaan, että missä ne käytännön algoritmit tehdään, joissa on paras eksperimentaalinen nopeus tai skaalautuvuus, niin kyllähän ne tehdään tekoälyn alalla. Ylipäätään minä en siitä oikein tykkää, että alat nostavat rajojaan ja yrittävät määritellä itsensä hyvin tarkasti ja pysyvästi. Minä enemmänkin tykkään siitä, että monien alojen pitäisi tehdä enemmän yhteistyötä ja lukea toisten alojen papereita ja näin edespäin.

Niitä tieteiden välisiä rajoja pitäisi yrittää purkaa ja laskea eikä nostaa. Oma tutkimukseni on aika poikkitieteellistä. Teen sitä tietotekniikan operaatiotutkimuksen ja taloustieteen välillä.

Eric:

Mainitsitkin Aallon, tai sen edeltäjän Teknillisen korkeakoulun, josta valmistuit vuonna 1991. Ainakin minun mielestäni tuotantotaloudella on maine, että se kouluttaa yritysjohtajia. Sinäkin olet itse asiassa perustanut useita yrityksiä. Oliko sinulle selvää jo silloin nuorena tutalaisena, että haluaisit ryhtyä myös tutkijaksi yliopistomaailmaan etkä vain jäädä sinne yritysmaailman puolelle?

Tuomas:

Muistaakseni se oli kyllä aina mielessä. Mutta se selvisi ihan tosi selkeästi siinä, olikohan se nyt toisen vuoden alussa, kun otin algoritmit ja tietorakenteet -kurssin siellä. Sitten se oli ihan selvää, että kyllä minun tätä täytyy ruveta tekemään. Se oli niin kiinnostavaa.

Eric:

Mikä sinut sitten vei Yhdysvaltoihin ja Carnegie Mellon -yliopiston professoriksi?

Tuomas:

Jatko-opiskelu. Siis väitöskirjan tekeminen ensiksi USA:ssa. Kun valmistuin vuonna -96 tohtoriksi, niin oli aika vaikea tilanne tekoälyssä. Olimme silloin siinä toisen tekoälytalven keskellä, eikä USA:ssa ollut kovin montaa professuuria auki siinä vaiheessa.

Siinä kävi sitten niin, että Michael Littman otti sen Duke Universityn paikan, ja minä otin sen Washington University in St. Louisin paikan. Ja sen vuoden akateeminen markkina oli sitten siinä. Ainakin näissä hyvissä tiedeyliopistoissa.

Että en minä heti sinne Carnegie Mellonin professoriksi päässyt. Olin ensin neljä vuotta siellä Washington Universityssä, ennen kuin sitten Carnegie Mellon tuli varastamaan minut.

Eric:

Jos mennään sitten enemmän menetelmäpuolelle ja tieteellisiin perusteisiin, niin erityisalaasi ovat tosiaan epätäydellisen informaation pelit ja pelit ylipäätään peliteoriassa. Mitä tarkoitetaan epätäydellisen informaation peleillä?

Tuomas:

Ne ovat sellaisia pelejä, joissa ei ole täyttä tietoa siitä, mitä on jo tapahtunut. Shakki on täydellisen informaation peli. Siinä tiedetään ihan tarkasti, että missä nyt mennään, mikä on tilanne. Eikä siinä ole mitään epäselvyyttä siitä, mitä on jo tapahtunut.

Mutta esimerkiksi pokerissa on päinvastoin. Siinä on epätäydellinen informaatio. Minä en tiedä sinun korttejasi ja sinä et tiedä minun korttejani. Siinä sattuma on tehnyt jo joitain tällaisia liikkeitä, joita me emme ole kumpikin yhdessä observeineet. Sattuma on antanut minulle pari korttia ja sinulle pari korttia sillä tavalla, että en ole nähnyt sinun korttejasi, ja sinä et ole nähnyt minun korttejani. Niitä on vähän erilaisia. Pokerissa ne pelaajien tekemät ratkaisut ovat täysin näkyvissä, mutta sattuman ratkaisut eivät ole.

Mutta sitten on monia muita pelejä, joissa pelaajien tekemät ratkaisut ovat myös osittain piilossa. Esimerkiksi stratego tai nämä hävittäjäasiat ja näin edespäin. Niissä yritetään sumuttaa vihollista omilla päätöksillä, eikä niinkään sattuman antamilla korteilla.

Eric:

Shakissa saavutettiin superhuman-taso jo paljon aikaisemmin, 90-luvun lopulla, kun taas pokerissa sitten sinun ja ryhmäsi tekemän tutkimuksen myötä aika paljon myöhemmin. Mikä tekee näistä epätäydellisen informaation peleistä menetelmällisesti haastavampia?

Tuomas:

Niissä ei voida käyttää sellaista yksinkertaista eteenpäinhakua. Esimerkiksi, kun ajatellaan shakkia tällaisena pelipuuna, niin siitä minkä siirron minä ensin teen ja jokaisesta mahdollisesta siirrosta, jonka sinä teet, ja jokaisesta, jonka minä teen, syntyy tällainen puu, miten tietotekniikassa näistä ajatellaan.

Niin shakissa tällainen osapuu, eli jos on jo jonkun matkaa peliä pelattu, niin se voidaan ratkaista täysin ihan vain katsomalla sitä loppupuuta. Mutta pokerissa näin ei voida tehdä. Pokerissa täytyy tasapainottaa se strategia eri loppupuiden välillä.

Yksinkertainen esimerkki on tällainen, että jos on aloittava pokeripelaaja, ja tuntuu että olisi hyvä niin kuin, mikäs raise onkaan suomeksi pokerissa? Onko se korottaa? No, sanotaan että se on korottaa. Eli, tuntuu että hyvillä käsillä kannattaa korottaa ja huonoilla käsillä vain callata.

Mutta jos sen tekee noin, niin se on liian läpinäkyvää. Vastustaja pystyy heti arvaamaan, että onko sinulla hyvät vai huonot kortit. Eli se strategia täytyy tasapainottaa niin, että jos sinulla on hyvät tai huonot kortit, niin et voi vain sitä hyvien korttien osapuuta ratkaista sanomalla, että ahaa, minulla onkin hyvät kortit, kannattaa korottaa.

Koska siitä tulee sitten liian läpinäkyvä strategia. Eli täytyisi tasapainotella näiden eri osapuiden välillä. Ja se tarkoittaa, että tämä endgame solving, tämä loppupuiden ratkaiseminen, on paljon vaativampaa ja haasteellisempaa, kuin täydellisten pelien ratkaisemisessa.

On muuten hauskaa puhua pitkästä ajasta suomeksi näistä ja hakea vähän sanoja.

Eric:

Minusta tuntuu, että ainakin mitä olen kuullut, niin näiden pokeritermien kohdalla suomalaisetkin kyllä käyttävät pääasiassa näitä englanninkielisiä termejä. Siellä raisataan ja callataan.

No me puhuimmekin vähän tästä, että millä perusteilla päätät, että tämä on hyvä yritysidea. Mutta jos puhutaan ihan tutkimusongelmista, niin olet aiemmassa haastattelussa maininnut, että pyrit valitsemaan sellaisia ongelmia, jotka ovat sekä kiinnostavia että tärkeitä.

No, ongelman tärkeys on helppoa nähdä esimerkiksi munuaisvaihtokauppojen kohdalla, mistä me ehkä puhumme myöhemmin lisää. Mutta minkä takia esimerkiksi pokerin kaltaisen pelin ratkaiseminen on tärkeää myös sellaiselle ihmiselle, jota välttämättä ei kiinnosta pokeri pelinä?

Tuomas:

Joo, minullekaan pokeri ei ole koskaan ollut applikaatio, vaan se on aina ollut vain benchmark. Nämä epätäydellisen informaation pelit ovat huomattavasti tärkeämpiä kuin täydellisen informaation pelit, koska maailmassa on pelejä kaikkialla. Aina kun on enemmän kuin yksi päättäjää, niin se on peli, ja maailma on täynnä epätäydellistä informaatiota. Eli maailma on täynnä näitä epätäydellisen informaation pelejä. Niitä on erittäin tärkeää ratkaista sen takia, että niitä on kaikkialla.

Tiedeyhteisössä piti löytää joitain yhteisiä benchmark-pelejä, joiden säännöt olisivat kaikille selvät ja saatavilla, ja ne olisivat haasteellisia pelejä. Sitten niistä

ratkaisutekniikoista voitaisiin julkaista. Ja niiden toisten ratkaisutekniikoiden päälle rakennettaisiin parempia ja parempia tekniikoita, ja näin se menisi eteenpäin.

Näinhän se menikin sitten, että pokeri on ollut se pääbenchmark peliteoriassa jo vuodesta 1921, kun Émile Borel aloitti applikaatioriippumattoman peliteorian.

Jotain tällaisia Cournot competition -juttuja taloustieteessä on tehty jo 1800-luvulla ajatuksilla, jotka ovat modernisti ajateltuna peliteorian ajatuksia. Mutta ihan tällaista pelistä riippumatonta peliteoriaa rupesi Émile Borel tekemään vuonna 1921. Eli sitä on tehty nyt vähän yli sata vuotta.

Hänen pääapplikaationsa, josta hän oli kiinnostunut oli pokeri. Se oli sellainen pokeri, jossa oli vain kaksi pelaajaa, kumpikin pelaaja sai yhden reaalinluvun ja suurempi reaalinluku voittaa.

Siinä oli sitten tällaista bettingiä mukana myös, mutta se oli hyvin yksinkertaistettua. Sitten Harold Kuhn rupesi myös tekemään pokeria. Mutta tällaisella diskreetillä tavalla, että on kolmen kortin pakka, eikä niinkään reaalinumeroita. Sitten John Nashin väitöskirjasta, joka on hyvin kuuluisa väitöskirja, siitä tuli se Nash Equilibrium -idea, ja se, että kaikissa peleissä on Nash Equilibrium. Mutta hänen ainoa applikaationsa, josta siinä puhuttiin, oli myös pokeri. Ja se oli nimenomaan tämä Kuhnin pokeri. Että siinä on pitkä historia, miten pokeri on ollut se benchmark, joka on peliteoriaa ajanut eteenpäin.

Ja sitten jos ajatellaan milloin se modernien ratkaisutekniikoiden synty alkoi, niin se alkoi siinä 2005 suunnilleen. Ja esimerkiksi siinä 2004 minä yhdessä opiskelijani Andrew Gilpinin kanssa keksimme sellaisen lossless abstraction -tekniikan, jolla ratkaistiin sellainen peli kuin Rhode Island Hold'em. Se oli siihen aikaan suurin epätäydellisen informaation peli, joka oli ratkaistu. Se oli neljä suuruusluokkaa isompi kuin isoin, joka oli ratkaistu sitä ennen. Se oli niin hyvä tekniikka, että siitä minä innostuin, että nyt on aika ruveta tekemään näitä epätäydellisen informaation pelejä tosissaan.

Sitten me aloitimme sellaisen kuin AAAI Annual Computer Poker Competition. Sellainen maailmanlaajuinen vuosittainen pokerikilpailu, jossa oli hyvin tarkasti tieteellisesti tehty evaluaatio, että oli tilastollinen merkitsevyys ja näin edespäin. Niistä julkaistiin sitten papereita, ja rakennettiin toistemme teknologioiden päälle parempia ja parempia ratkaisutekniikoita. Että siitä se lähti.

Arno:

Sinun nimesi on jäänyt historiaan monella tavalla. Mutta varmasti yksi semmoinen, joka näkyy tekoälynkin historiankirjoissa tästä eteenpäin on se, että teidän Pluribus-niminen menetelmänne voitti vuonna 2019 eliittitason ammattilaispelaajat kuuden pelaajan No Limit muotoisessa Texas Hold'em -pokerissa, joka on ilmeisesti pokerin suosituin pelimuoto. Yritin tätä selvittää, kun pokeriakin on monenlaista. Mutta tähän on ihan valtava juttu.

Tämähän linkittyy suoraan siihen toiseen asiaan, joka myös on tekoälyn historiassa, kun shakissa ensimmäistä kertaa Deep Blue voitti parhaat ihmispelaajat shakissa vuonna 1997. Miten nämä Deep Bluen ja Pluribuksen voitot konseptuaalisesti eroavat toisistaan?

Tuomas:

No, se on minun mielestäni aika lailla sama. Että on päästy superhuman -tasolle, mutta kuitenkin kumpakaan peliä ei olla täydellisesti vielä ratkaistu. Ei shakkia eikä pokeria. Siinä mielessä se on sama. Aika lailla mielestäni se on sama siinäkin mielessä, että kumpikin oli omana aikanaan vaikea saada aikaan. Mutta kuitenkin tekniikat, joilla noita pystytään ratkaisemaan ovat ihan erilaisia. Me puhuimme siitä osapuiden ratkaisusta noissa täydellisen informaation peleissä. Ne tekniikat eivät toimi ollenkaan epätäydellisen informaation peleissä.

Ja niin kuin sanoin, niin maailma on täynnä epätäydellisen informaation pelejä. Sellaisia täydellisen informaation pelejä on erittäin vähän todellisuudessa. Mielestäni se pokeri benchmarkina on huomattavasti realistisempi ja tärkeämpi kuin joku shakki tai go.

Arno:

Minä tartun tähän. Ovatko ne ihmisillekin erilaiset? On selvästi pokerinpelaajan ihmistyyppi ja shakinpelaajan ihmistyyppi? Minä nyt vähän paljastan tässä, että Eric on aika kova shakinpelaaja.

Ehkä vähän teille kummallekin kysymys, että onko semmoisia pelaajia, jotka ovat hyviä tai jotenkin tuntevat omakseen sen epätäydellisen informaation pelin, ja sitten niitä, jotka tykkäävät nimenomaan niistä täydellisen informaation peleistä?

Tuomas:

Minä tunnen aika paljon niitä pokerin huippupelaajia, ja heillä on useilla kyllä jonkinlainen shakkitausta. Mutta eivät he koskaan mitään tämmöisiä grand master -tasoisia ole olleet, ainakaan he, joita minä olen tuntenut. Olen tavannut Kasparovinkin, ja hän ei tietääkseni ole mikään kova pokerinpelaaja. Että kyllä siinä jotain...

Eric:

Ei varmaan ihan yksi yhteen. Mutta jossain kohtaa, kun tämä nettipokerin suosio kasvoi, niin tuli suuri joukkopako ammattishakinpelaajista sinne pokerimaailman pariin. Se liittyi ehkä enemmän siihen, että siellä olivat aika paljon isommat rahat pelissä.

Mutta kyllä minä luulen, että ainakin on joitain sellaisia yhteisiä piirteitä tai kykyjä, jotka auttavat kummassakin pelissä. Mutta on siinä varmaan joitain eroja. Ehkä vähän näin shakinpelaajana ja shakkia myös tutkineena pitää vähän haastaa tuota. Tavallaan minusta tuntuu, että aina joutuu tekemään tradeoffeja sen välillä, että kuinka realistinen se ongelma on, jota tutkii, ja kuinka kontrolloitava se on.

Väittäisin kuitenkin, että myös shakin parissa on tehty paljon. Esim. AlphaZerossa se idea siitä self-playstä tai miten se menetelmä saadaan kehittämään itseään.

No, self-playtä oli hyödynnetty jo ennen AlphaZeroa, pääasiassa täydellisen informaation peleissä. Jos olen oikein ymmärtänyt, niin tekin olette käyttäneet samanlaisia tekniikoita tutkimuksessanne.

Että varmaan näillä yksinkertaisemmilla ja vähemmän realistisilla peleillä on myös arvoa siinä menetelmäkehityksessä. Koska niitä on vielä helpompi jotenkin kontrolloida. Sitten on helpompaa saada joitain uudenlaisia menetelmiä kehitettyä. Mutta en tiedä. Mitä ajattelet tästä?

Tuomas:

No minä ajattelen, että se AlphaZero-juttu oli aika tärkeä kyllä, mutta ei niinkään pokeriin. Me emme ainakaan käyttäneet pokeriin yhtään niitä tekniikoita, joita siitä tuli. Mutta me olemme tehneet jonkun verran tutkimusta niiden tekniikoiden käyttämisestä yhden agentin sekventiaalisessa päätöksenteossa. Kyllä siitä tuli sille puolelle aika paljon hyötyä käytännössäkin. Mutta pokerissa tosiaan ne tekniikat eivät toimineet ollenkaan.

Se self-play-idea on vanha idea. Se on jo 50-luvulta tullut idea Arthur Samuelin Checkers-pelaajasta. Ja siinä mielessä sama kyllä, mutta se, miten se self-play tehdään, on täydellisen ja epätäydellisen informaation peleissä ihan erilainen.

Arno:

Me keskustelimme ennen tätä jaksoa, ja ehkä yksi kysymys on pakko kysyä. Et ehkä halua vastata tähän. Se liittyy siihen, että kun teillä nyt on tällainen yli-inhimillinen pokeritekoäly, niin onko tämä sellainen rahasampo, joka jauhaa teille tuolla online-foorumeilla nyt mammonaa pelaamalla ihmisiä vastaan? Onko tässä käynyt mielessä tällainen?

Tuomas:

Sehän on ensimmäinen kysymys, jonka kaikki kysyvät, että saako siitä tehtyä rahaa pistämällä ne botit pelaamaan jonnekin saiteille. Me emme ole tehneet sitä yhtään. Minä olen sitä mieltä, että on aika epäeettistä leikkiä olevansa ihminen, jos ei ole ihminen. Että en siihen ollenkaan ole lähtenyt. Me olemme olleet aika tarkkoja sen teknologian kanssa. Sitä source-koodia ei ole julkaistu, ja näin edespäin.

Siinä oli reviewereiden kanssa aikamoinen taistelu, kun nykyisin reviewerit papereissa usein vaativat, että siellä on julkaistu source code. Me pidimme aika tiukasti sen linjan, että ei julkaista juuri tästä syystä sitä source-koodia. Päinvastoin, olen tehnyt pienen konsultoinnin niille pokerisaiteille, että miten niitä botteja sieltä identifioidaan. Sehän on iso ongelma online-pokerissa, että siellä on niitä botteja. Ja ihmiset pelkäävät niitä. Sitten ihmiset, jotka eivät pelkää, häviävät rahansa siellä ja lähtevät pois. Sehän on koko tämän online-pokerin aika suuri ongelma, jos ajattelee niitä saitteja.

Arno:

Tämähän on ymmärrettävää. Se on vähän kuin olympialaisissa sprintterit kilpailisivat mopoja vastaan.

Tuomas:
No just niin.

Arno:
Jatketaan vielä hei peleistä. Pokeri ei ole ainoa peli, jossa olet tehnyt isoja edistysaskeleita. Teidän tuore Obscuro-niminen järjestelmänne saavutti yli-inhimillisen tason fog of war -shakissa, jossa siis koko lauta ei ole näkyvissä, vaan pitää myös päätellä, mitä vastustaja tietää.

Tämähän tavallaan vertautuu pokeriin. Shakki ja pokeri ovat erilaisia, mutta onko tämä tavallaan jonkinlainen kosketuspinta siinä? Pystyykö näitä pokerissa toimivia hakumenetelmiä suoraan siirtämään tähän fog of war -shakkiin?

Tuomas:
Ne eivät suoraan siirry siihen. Tai teoriassa siirtyisivät, kun ne teoriassa toimivat kaikkiin epätäydellisen informaation peleihin. Mutta käytännössä ne eivät skaalaudu siihen fog of war -shakkiin. Koska kun puhutaan esimerkiksi kahden hengen pokerista ja kahden hengen fog of war -shakista, niin niissä informaatioseiteissä on yleensä pokerissa noin 2000 tilaa. Voidaan ajatella, että Ericillä voi olla kaksi korttia, ja niistä suunnilleen 2000 mahdollisuutta. Jotkut niistä mahdollisuuksista ovat kyllä ihan symmetrisiä, että niitä ei tarvitse kaikkia katsoa. Mutta suunnilleen tuhatkunta, sanotaan nyt noin 10 potenssiin kolme.

Ja sitten jos katsotaan niin sanottua common knowledge -settiä, jossa katsotaan, että mitkä ovat ne tilat, joista kumpikin tietää, että todellisuus on niiden tilojen joukossa, niin se on Ericin information setit kerrottuna minun information seteilläni.

Eli jos olisi vaikka tuhat kertaa tuhat, 10 potenssiin 6, niin se on vain miljoona. Se on helppo tietokoneen käsitellä edestakaisin näissä hakualgoritmeissa ja näin edespäin. Kun tehdään näitä pokerien osapelien ratkaisualgoritmeja, jotka me olimme suunnitelleet. Niin se toimii hyvin pokeriin.

Mutta fog of war -shakissa nämä information setit ovat niin isoja, siinä on niin paljon epätäydellistä informaatiota, paljon enemmän kuin kaksi korttia. Siinä voivat olla ne vihollisen nappulat melkein missä tahansa konfiguraatiossa, varsinkin pelin keskellä. Alussahan me tietenkin tiedämme, missä konfiguraatiossa ne ovat.

Että siinä voi näitä common knowledgejä olla 10 potenssiin 18 tai jopa 10 potenssiin 22. Sen takia niitä ei voida käsitellä tietokoneella ylipäänsäkään ja varsinkaan hakualgoritmeissa edestakaisin.

Piti keksiä uusia hakualgoritmeja, jotka eivät ala sillä, että rakennetaan tämmöinen common knowledge set. Me kutsumme niitä nimellä knowledge-limited subgame solving -techniques. Me kehitimme siis sellaiset.

Vuonna 2021 muistaakseni julkaistiin ensimmäinen sellainen, ja se ei ollut vielä niin hyvä kuin maailman paras pelaaja siinä fog of war -shakissa. Tänä vuonna ICLR-konferenssissa julkaistiin sitten se algoritmi, joka on parempi kuin kukaan ihminen.

Me pelasimme sillä sitä maailman korkeimmin rankattua pelaajaa vastaan. Pelasimme 20 matsia ja voitimme 16-4.

Eric:

Jos siirrytään peleistä muihin tosielämän sovelluskohteisiin, niin yksi josta sinut tunnetaan ovat nämä munuaisvaihtoalgoritmit, joita olet kehittänyt sitä varten vuodesta 2010 alkaen. Eli tässä luovuttajien käynnistämä ketju... Tai, no, aloitan alusta. Luovuttajien käynnistämät ketjut ovat johtaneet tuhansiin elämää pelastaneisiin siirtoihin. Mistä tämä hanke lähti liikkeelle?

Tuomas:

No, se lähti liikkeelle siitä, että olin järjestämässä tätä International Congress of the Game Theory Society konferenssia vuonna 2004 Ranskassa. Se on konferenssi, joka järjestetään kerran neljässä vuodessa. Ja yksi puhuja, taloustieteilijä, jonka me kutsuimme sinne, puhui tästä munuaisvaihtokauppaideasta. He olivat tehneet sellaisen pienen munuaisvaihtokauppapaikan tänne Uuteen-Englantiin, USA:han.

Sitten minä kuuntelin sen esitelmän. Tuli heti selväksi, että tämä ei tule skaalautumaan. Tämä on tärkeä ongelma, ja tähän tarvitaan parempia algoritmeja. Muuten tämä ei tule maanlaajuisesti toimimaan USA:ssa. Tämä ei tule skaalautumaan. Tähän täytyy se tehdä. Sitten lähdin sitä tekemään. Kun puhuin siitä evankelismista, niin tässä ei tarvinnut mitään semmoista tehdä. Kaikki tiesivät heti.

Kuka tahansa näkee sen ensimmäistä kertaa, niin tietää heti, että se on tärkeää. Siihen ei tarvinnut mitään tällaista evankeliointia tehdä. Siihen pääsi heti algoritmipuolelle kiinni, ja ne sovellukset lähtivät aika nopeasti siitä sitten.

Eric:

Voitko kuvata vielä sellaisille, joille tämä sovelluskoodi ei ole tuttu, että mistä tässä on kyse? Ja myös ehkä että millainen on se optimointiongelma, joka tätä vastaa?

Tuomas:

Joo. Tämä on sellainen, että taas tulee aika pitkä vastaus. Kuolettavat munuaissairaudet ovat lisääntyneet maailmassa sekä kehittyvissä että kehittyneissä maissa. Ja tällaisia kuolleita luovuttajia ei ole tarpeeksi. Että siellä on aikamoinen epäbalanssi sen kysynnän ja tarjonnan välillä. Niitä siirrännäisiä ei ole tarpeeksi, ja ihmisiä kuolee siihen jonoon.

On mahdollista tehdä myös tällainen elävä munuaisluovutus. Eli Eric, jos sinä tarvitsisit munuaisen, niin minä voisin antaa sinulle munuaisen. Minä voin elää hyvin yhdellä. Siinä ei ole mitään ongelmaa. Mutta luultavasti en pysty antamaan sinulle sitä kudostyyppin, verityypin ja muutaman muun parametrin takia. Ja siitä tulee sitten tämä idea siihen munuaisvaihtokauppaan.

Minä kerron siitä simppelimmän version ensiksi, ja sitten voidaan puhua näistä myöhemmistä keksinnöistä. Se simppeli idea on se, että me otamme tämmöiset epäsovivat parit. Parissa on luovuttaja ja potilas. Esim. minä olisin luovuttaja, ja sinä olisit potilas. Ja me olemme yhteen epäsovivat. Me laitamme kaikki epäsovivat parit sellaiseen tietokantaan, josta me algoritmisesti rupeamme katsomaan sellaisia vaihtoja. Simppelein vaihto on se, että pari A antaa parille B, ja pari B antaa parille A. Sillä tavalla kumpikin potilas pystyy elämään. Parin A potilas ja parin B potilas pystyvät elämään. Se, että kuka on sopiva kenellekin, on hyvin helppo ongelma.

Ihmiset luulevat, että se on se vaikea ongelma. Mutta se on itse asiassa hyvin helppo katsoa, että voitko sinun parametreilläsi antaa Arnolle. Se on hyvin helppoa. Sieltä ne tällaiset mahdolliset annot on helppo löytää. Mutta se vaikea ongelma on se kombinatorinen ongelma, että sieltä pitää hakea se paras mahdollinen vaihtorinkien kombinaatio. Eli esim. kun tuossa pari A antaa parille B, ja pari B antaa parille A, niin se olisi kahden mittainen ringi. Mutta voidaan tehdä pidempiäkin rinkejä. Esimerkiksi A antaa B:lle, joka antaa C:lle, joka antaa A:lle. Se olisi kolmen mittainen ringi.

Nämä pidemmät ringit, mitä pidempiä ne ovat, sitä vaikeampaa niitä on suorittaa. Koska ne täytyy suorittaa samanaikaisesti. Koska muuten joku voisi sanoa, että ahaa, olenkin saanut jo munuaisen, että en minä nyt taida antaa sitten.

Ei meidän pari taida sittenkään antaa mitään ja näin edespäin. Ja se tehdään USA:ssa niin, että nämä kirurgit kännykällä koordinoivat minuutilleen sen, että milloin ne antajien munuaiset lähtevät vartaloista pois. Että kukaan ei pysty sieltä vetämään ketään välistä pois ja näin edespäin.

Sen takia ne pitää tehdä samaan aikaan. Se tarkoittaa, että jos tehdään kolmen mittaista ringiä, niin siellä pitää olla kuusi kirurgihuonetta, kirurgia ja kaikki anestesiologit ja hoitajat ja muut yhtä aikaa toiminnassa maailmanlaajuisesti. Sen takia tehdään käytännössä vain kahden ja kolmen rinkejä.

Mutta on niitä tehty sellaisia pidempiäkin rinkejä. On ollut pr-juttuja, joissa on joskus tehty. Mutta jatkuvassa toiminnassa tehdään vain kahden ja kolmen pituisia. Jos on kolmen pituisia, niin se optimointiongelma, että löydetään siitä se paras rinkien kombinaatio, niin me todistimme, että se on NP-kova optimointiongelma. Siinä siis se ongelma on, että pitäisi löytää semmoinen paras kombinaatio rinkejä, jotka eivät jaa yhtäkään paria. Siellä ei saa olla yksikään pari useammassa kuin yhdessä ringissä. Koska mitä se tarkoittaisi? Se tarkoittaisi, että joltain otetaan pois enemmän kuin yksi munuainen, ja sitten hänelle ei jäisi yhtään munuaista jäljelle. Sehän ei tietenkään toimi.

Sitten siinä on vielä sellaisia painoja, että kaikki nämä annot eivät ole yhtä hyviä. Jollakin on parempi compatibility kuin toisilla, ja sen takia se munuainen kestää paremmin potilaassa. Huono compatibility voi kestää 10 vuotta. Hyvä voi kestää 25 vuottakin.

Eric:

Jos voin tarttua tuohon, niin jos tarvitsisin munuaista, ja olisit valmis luovuttamaan, mutta myös Arno tarvitsisi munuaista, niin millä perusteella sinun algoritmisi määrittäisi, että kummalle se menee? Jos oletetaan, että vaikka kudostyyppin suhteen molemmat olisimme sopivia pareja.

Tuomas:

Joo. Se on erittäin hyvä kysymys. Ja miten se tehdään siinä UNOS -vaihtokaupassa, niin se on julkaistu, ja ne ovat komitean keksimät painokertoimet. Siinä otetaan huomioon, kuinka hyvä se kudostyyppimatch on. Verityyppimatch täytyy olla täydellinen. Kuinka kauan potilas on odottanut, onko hän pediatriinen potilas vai aikuispotilas?

Pediatriasia suositaan. Kuinka kaukana hän asuu? Kuinka logistisesti vaikeaa se on? Olisikohan siinä ollut vielä yksi muu? Mutta nämä on julkaistu siellä. Nämä ovat täysin julkisia, koska se UNOS-vaihtokauppa on julkinen ja koko maan kattava. Niitä päätöksiä ei tehdä missään sivuhuoneissa. Ne tehdään ihan julkisesti, ja kaikki päätöspäätökset on julkaistu siellä websaitilla, että miten ne tehdään.

USA:ssa on myös laillista tehdä tällaisia yksityisiä munuaisvaihtokauppapaikkoja, ja niitäkin on. Ne saavat tehdä ihan millä perusteilla vain. Ne tekevät eri perusteilla. Ja joskus tekevät niin, että ihan vain päivä kerrallaan päätetään case by case. Yksi ihminen päättää, että mitä tänään tehdään. Että siinä on ihan eri menetelmät. Me olemme tehneet nyt pari paperia siitä, että miten näitä perusteita pitäisi tehdä.

Esim. sellainen paperi kuin FutureMatch, joka julkaistiin vuonna 2015, niin minun mielestäni ihmisten ei pitäisi tehdä noita tuommoisia juttuja, joissa tehdään detaljeja, kerrotaan että tähän pitäisi panostaa näin monta pointsia ja tähän näin monta pointsia.

Ja kerron hetken päästä miten se pitäisi tehdä. Mutta voin ensiksi kertoa kauhutarinan tällaisesta komiteatapamisesta. Me olemme puhelinlinjoilla siinä. Olen siinä komiteassa mukana, ja siellä on kirurgeja ja muita ekspertejä myös päättämässä tästä.

Ja kysymys oli siitä, että jos meillä on perfect 6-way HLA match, eli human leukocyte antigen match, niin kuinka paljon enemmän pointseja siitä pitäisi antaa kuin siitä, jos kaikki täydet kuusi parametriä sitä HLA:sta eivät ole täydellinen match? Niin kuinka paljon pointseja siitä pitäisi antaa?

Yksi kirurgi siellä sanoi, että "well, I think it should be 150 points, that sounds about right". Ja seuraava puhui, että "well, I think it should be zero, it's not that important". Se jäi mieleen, mitä tuossa tapahtui.

Me teimme sitten niin, että datasta katsoimme kaikki vuodesta 1988 lähtien USA:ssa tehdyt munuaissiirrot, ja jos on perfect 6-way HLA match tai ei ole, niin kuinka kauan pidempään se munuainen kestää siinä uudessa potilaassa? Kuinka paljon siitä tulee enemmän elämää?

Sitten meillä ihan koneoppimisen perusteella tiedetään se, että kuinka paljon niiden pointsien pitäisi olla. Että siellä ei mutumenetelmällä niitä tehdä. Ja ei, mielestäni ei pitäisikään tehdä tuollaisella mutumenetelmällä niitä.

Eric:

Eli tavallaan maksimoidaan sitä, kuinka paljon elämää saadaan jotenkin odotusarvoisesti pidennettyä?

Tuomas:

Se on semmoinen, että siitä mitä maksimoidaan, niin ihmisillä on eri mielipiteitä. Se on semmoinen, mitä ei tekoälyllä oikein pystytä tekemään.

Vaikka me olemme esimerkiksi tehneet sellaista preference elicitation -softaa, joka pystyy kyselemään ihmisiltä, että mitä mielipiteitä heillä on näistä asioista, ja miten ne sitten aggregoidaan, niin se, mitä siellä pitäisi optimoida, on aina semmoinen arvokysymys, joka pitää ihmisten ratkaista.

Mutta se miten sitä optimoidaan sitten kun on päätetty mitä optimoidaan, niin se pitäisi tehdä ihan täysin algoritmisesti. Ja voin kertoa miten se pitäisi tehdä. Mutta tuota... Yksi niistä arvoista on juuri tämä elämän pidentäminen. Kuinka paljon lisää elinvuosia. Jotkut ovat sitä mieltä, että pitäisi katsoa vain kuinka monta siirrännäistä tehdään. Että maksimoitaisiin siirrännäisten määrää.

Jotkut ovat sitä mieltä, että pitäisi priorisoida radikaalisti niitä, joilla on vaikea kudostyyppi, tällainen sensitized blood type. Koska niille ei oikein muuten ole mitään mahdollisuutta saada munuaista. Niille on niin vaikea löytää, että niitä pitäisi ensisijaisesti priorisoida ja sitten vasta muita. On oikeasti monta eri mielipidettä siitä asiasta. Mutta sitten kun se on päätetty, niin miten me suosittelemme, että sitä tehdään?

Moneen tekoälyasiaan itse asiassa pitäisi tehdä näin, ei vain siirrännäisjuttuihin. Eli katsotaan, että miten ne policyparametrit simulaation kautta vaikuttavat siihen, miten se kokonaissysteemi toimii ajan myötä. Ja me voimme katsoa, että jos me näitä policyparametreja muuntelemme näin, niin kuinka paljon sieltä tulee tätä featurea ja kuinka paljon tulee tätä featurea ja tätä featurea?

Ja sitten kun meillä on ollut se value system siinä päällä, me voimme evaluoida niitä, niin me voimme käyttää erilaisia optimointialgoritmeja siihen sen allokointipolitiikan optimointiin. Tämän policyn optimointiin.

Siinä on monta eri osa-aluetta. Se itse allokatio-ongelma on NP-kova. Tämä on semmoinen policy gradient optimization -juttu.

Mutta jossa jokainen vaihe on itse asiassa NP-kova optimointiongelma, joka tehdään integer programming -tekniikoilla. Sitten sen ympärille optimoidaan niitä parametreja. Me olemme siihen keksineet parempia ja parempia optimointialgoritmeja, koska se on aika vaikeaa.

Se on vaikeampaa kuin tavallinen policy gradient -optimointi, koska siellä on se kombinatorinen ongelma keskellä.

Eric:

Onko tässä myös joku peliteoreettinen ulottuvuus? Vai onko tämä ihan puhtaasti kombinatorinen optimointiongelma?

Tuomas:

No se, mikä siellä on käytännössä toteutettu, niin on ihan puhtaasti kombinatorinen juttu.

Mutta me olemme myös tehneet siinä peliteoreettista juttua. Puhun ensiksi munuaisista ja sitten voin kertoa vähän sydänsiirrännäisistä hetken päästä. Se mikä munuaisissa on hyvä, niin siellä ei oikeastaan voida huijata niiden potilaiden parametreista.

Et voi sanoa, että sinun verityyppisi on AB, jos se on A. Se mitataan ihan verikokeella, niin niistä ei voida valehdella. Mutta siinä on erilaisia juttuja, joissa ne siirrännäiskeskukset voivat huijata. Ne voivat esimerkiksi tehdä niin, että ne pistävät sinne maanlaajuisen vaihtokauppaan vain ne vaikeat tapaukset ja ne helpot tapaukset, jotka ne pystyvät tekemään paikallisesti, ne tekevät paikallisesti.

Ja minkä takia ne tekisivät näin? No, siinä on kaksi syytä. Ensinnäkin se on logistisesti heille helpompaa. Ne vaan tekevät ne siitä suoraan, eikä tarvitse puhua minkään maanlaajuisen vaihtokaupan kanssa. Toisekseen ne saavat jokaisesta siirrännäisestä rahaa.

Eli siinä on tämmöinen finanssi-insentiivi tehdä ne paikallisesti sen sijaan, että laittaisi ne johonkin tämmöiseen maanlaajuiseen vaihtokauppaan, jossa voi käydä niin, että sen leikkauksen tekee jokin muu siirrännäiskeskus.

Me katsoimme, että kyllähän tämmöinen voisi tapahtua, mutta onko se nyt todellinen ongelma? Ja teimme siitä sellaisen tutkimuksen. Mehän emme tiedä sitä, kuinka paljon paikallisesti on tehty. Mutta me tiedämme kaiken sen datan, jonka ne ovat laittaneet sinne meidän vaihtokauppaamme.

Joten voimme katsoa sieltä meidän vaihtokauppaamme laitetusta datasta, että kuinka moni vaihto olisi ollut paikallisesti mahdollinen. Ja arvaatteko mikä prosentti niistä pareista, jotka oli julkaistu sinne meidän vaihtokauppaamme, olisi ollut paikallisesti mahdollisia?

Eric:

Jotain aika pientä, oletettavasti.

Tuomas:

Nolla prosenttia. Eli kaikki nämä siirrännäiskeskukset huijasivat niin paljon kuin mahdollista, joka ikinen. Niitä on USA:ssa meidän ketjussamme 180 tällä hetkellä. Jokainen niistä 180:stä vaihdannaiskeskuksesta huijasi niin paljon kuin mahdollista. Että se on tosi ongelma. Me teimme siitä yhden paperin. Se nyt ei ole mikään huippupaperi omasta mielestäni. Mutta siitä, että pystyisikö siihen tekemään credit-mekanismiin.

Että jos joku siirrännäiskeskus on julkaissut paljon näitä pareja sinne vaihtokauppaan, niitä preferoitaisiin jotenkin siinä päätöksenteossa. Erittäin kovilla oletuksilla siitä pystyy tekemään semmoisen mekanismin.

Mutta on olemassa myös muiden julkaisemia semmoisia peliteoreettisia mechanism design impossibility results, jotka sanovat, että täydellistä ratkaisua siihen ei peliteoreettisesti pystytä tekemään.

Ja mitä se tarkoittaa käytännössä, niin mikä se oikea juttu olisi, joka pitäisi tehdä minun mielestäni on se, että se pitäisi olla lainsäädännöllinen. Että näitä ei saisi paikallisesti tehdä. Ne täytyisi tehdä kaikki siinä vaihtokaupassa, ja yksityisiä vaihtokauppoja ei saisi olla. Mutta USA:ssa tällainen ronski lainsäädäntö ei oikein maistu ihmisille. Siihen munuaisvaihtokauppaan me keksimme semmoisen kuin never-ending altruistic donor chain, joka ei olekaan tällainen ringi.

Vaan jos siellä on joku, joka haluaisi antaa munuaisen ilman, että odottaisi munuaista takaisin, niin silloin me voisimme tehdä semmoisen ketjun, jonka lopussa on sitten se viimeinen pari, jonka antajaa ei olekaan vielä käytetty. Me voimme sitten seuraavan viikon optimointiajoissa käyttää sitä uutena niin sanottuna altruist donerina ja jatkaa niitä ketjuja.

Siinä kävi sitten niin, että niissä ketjuissa on paljon enemmän mahdollisuuksia, kun ei tarvitse sulkea sitä ringiä. Ja se meni niin, että nykyisin näissä munuaisvaihtokaupoissa onkin niin, että siellä on suurimmaksi osaksi vaan ketjuja. Joku harva ringi joukossa, mutta suurimmaksi osaksi ketjuja. Ketjuja on useita rinnakkain, ja niitä jatketaan viikoittain.

Että se, miltä se munuaisvaihtokauppa näyttää tänä päivänä, on ihan eri kuin silloin vuonna 2004 siellä konferenssissa, jossa puhuttiin ringeistä, jotka ovat kahden ja kolmen pituisia.

Tänä päivänä se on lähinnä näitä ketjuja, jotka me keksimme. Never-ending altruistic donor chains. Niillä on yli 10 000 munuaissiirtoa tehty maailmanlaajuisesti, niillä ketjuilla. Nyt tehdään sitten tutkimusta myös sydänsiirrännäisistä.

Niissä ei tietenkään mitään vaihtokauppoja voida tehdä, kun ihmisellä on vain yksi sydän, ja sitä ei voida leikata kahtia, niin kuin jotain maksaa voidaan. Se on ihan vaan kuolleiden ihmisten sydänten allokointia ja sen optimointia. Sitä, miten sitä pystyttäisiin parhaiten optimoimaan. Ja siinä se policy optimization -juttu on mielenkiintoinen. Sitä ollaan tehty. Sitten siinä on niitä peliteoreettisia juttuja, joissa on myös kaikenlaista.

Meillä on tällainen position paper ICML-konferenssissa tänä kesänä ihan vain siitä, mitä nämä tällaiset peliteoreettiset ongelmat siinä ovat. Siinä on aika mielenkiintoisia juttuja. Esimerkiksi kun 2018 USA:ssa muuttui laki, että miten näitä allokoidaan ja millä perusteella.

Yksi mikä tuli siihen oli semmoinen, että jos sinulla on sellainen pumppu, joka pumppaa sydäntä auttaen, niin silloin katsotaan, että on kiireisempi tilanne. Niin sitten täällä pannaan nyt pumppuja semmoisiin ihmisiin, joiden olisi parempi olla ilman sitä pumppua. Vain sen takia, että tulee priorisointi siinä jonossa.

Että se on yksi. Toinen on tämmöinen, että täällä USA:ssa on niin sanottuja organ procurement -organisaatioita vähän toistakymmentä, jotka vastaavat siitä, että kun ihmiset kuolevat, niin heidän siirrännäisensä saadaan allokoitua eri siirrännäiskeskuksiin. Niin niitä on ruvettu evaluoimaan.

Sanotaan näin, että niitä on ruvettu evaluoimaan tehokkuuden perusteella. Sitten ne rupesivat kiertämään niitä sääntöjä. Ne rupesivat lähettämään niitä siirrännäisiä sellaisiin keskuksiin, jotka ottivat niitä useammin vastaan.

Siinä tuli kaikenlaista vedätystä. Ja sitten semmoinen, että tietyin aikavälein evaluoidaan niitä keskuksia, että tehdäänkö siellä turvallista työtä. Ja siinä voidaan katsoa, sanotaan vaikka esimerkiksi puolen vuoden välein, että viimeisen puolen vuoden aikana, onko siellä niissä sydänleikkauksissa kuollut enemmän vai vähemmän ihmisiä kuin olisi pitänyt kuolla?

Vähemmän on tietysti hyvä ja enemmän on niin huono, että sitten niitä pannaan tarkkailuun. Ja jos homma ei parane, niin ne pannaan sitten kiinni.

Niin siinä tulee sellainen vedätys, että jos ollaan oltukin vain onnekkaita niissä leikkauksissa, että sen mittausperiodin aikana on tullut vähemmän kuolemia kuin olisi keskimäärin pitänyt tulla, niin sitten voidaankin ottaa enemmän riskiä siellä periodin loppuosassa.

Ottaa joitain sellaisia keissejä, joita ei pitäisi ottaa. Että tehdään semmoisia siirrännäisiä, jotka ovat liian vaarallisia. Ja päinvastoin, jos on ollut huono onni siinä periodin alkupäässä, niin lopussa ei tehdäkään sellaisia siirrännäisiä, joita pitäisi tehdä, vaan niitä jätetään väliin, koska se risk aversion on noussut sen takia, että on ollut huono tuuri siinä sen periodin alkuosassa. Kaikenlaisia tällaisia pelijuttuja tapahtuu siinä allokoinnissa.

Eric:

Minulle tulee näistä vedätyksistä mieleen tämä Netflixin Squid Game. Suosittu sarja, jossa nämä vartijat varastavat pelissä kuolleilta henkilöiltä sisäelimiä ja sitten muistaakseni kauppaavat niitä eteenpäin.

Tuomas:

Ai jaa.

Eric:

Ehkä he ovat lukeneet teidän artikkeleitanne.

Tuomas:

En tunne sitä leffaa. Mutta näin näitä yritetään tässä vähitellen parannella ja ratkaista näitä juttuja.

Arno:

Olet tehnyt paljon tällaisten high stakes -ongelmien parissa töitä. Näitä elinluovutusketjuja on tehty kymmenille tuhansille ihmisille. Voidaan helposti käsiä heilutellen laskea, että siellä on säästetty tuhansia elämiä, tuotu hyviä elinvuosia ihmisille.

Mutta tämä ei ole ainoa tällainen high stakes -homma, jonka parissa teet töitä. Sinun yrityksesi Strategy Robot vie peliteoreettista tekoälyä puolustuslalle, jossa tuetaan päätöksentekoa, hävittäjälentäjiä, komentorakenteissa tehtäviä päätöksiä ja niin edespäin. Tekeekö tekoäly maailmasta turvallisemman vai pelottavamman? Mikä sinun näkökulmasi tähän on?

Tuomas:

Tekoälyllä on kummankinlaisia vaikutuksia.

Minä en ainakaan halua niihin huonoihin vaikutuksiin lähteä mukaan.

Olen yleensä aina yrittänyt löytää sellaisia, joissa on maailmaa parantavia vaikutuksia. Mutta kyllähän jos ajatellaan joitain large language models -juttuja, joita en itse varsinaisesti tutki, niin kyllä niillä on huonojakin vaikutuksia.

Sieltä voidaan saada ohjeet siihen, miten rakennetaan joku biologinen ase, miten joku terroristi voi rakentaa jonkun biologisen aseensa ja näin edespäin. Se on klassinen esimerkki.

Ja sitten mielestäni ihmiset voivat tulla vähän tyhmemmiksi ajan myötä, jos he käyttävät LLM:iä liikaa ja näin edespäin. Siitä on ollut jo tutkimusta. Puhuin itse asiassa siellä Sijoituskästissä tästä, ja jotkut kommentoivat, että tuohan on ihan surkea argumentti. Että jos ihminen kaivaa lapiolla niin huonompi kaivaa sormilla sitten. Että tuohan on ihan tyhmä argumentti. Mutta kyllä siitä nyt on tullut aika paljon tutkimusta, että kyllä ihmiset tulevat vähän tyhmemmiksi, jos käyttävät sitä liikaa. No, joka tapauksessa.

Eric:

Mitä muuten tuohon liittyen omille opiskelijoillesi neuvot? Kehotako heitä käyttämään näitä suuria kielimalleja vai olla käyttämättä?

Tuomas:

Kyllä minun opiskelijani käyttävät ihan pyytämättäkin niitä tutkimuksessa sekä ohjelmoinnissa että myös teoreemien todistuksessa. Että kyllä niillä on ollut tosi paljon vaikutusta.

Joo, niin se Strategy Robot. Siellä tehdään tosiaan semmoisia sekä päätöksentekojärjestelmiä että päätöksen tuen järjestelmiä. Ja ihan hyvin taktisissa asioissa. Meillä on esimerkiksi USA:n paras hävittäjäpilotti, joka voi ajaa niitä hävittäjiä automaattisesti, tai sitten niin, että siellä ovat lentäjät mukana. Ja sitten ihan sellaisia operatiivisia järjestelmiä, että miten jotain maata pitäisi puolustaa. Ja sitten hyvin strategisiakin, että mikä pitäisi olla tällainen nuclear escalation and de-escalation strategy.

Minulla olisi kaksi kommenttia, joiden takia mielestäni maailma paranee tällä. Ensinnäkin tällainen sodankäynnin päätöksenteko on niin huonoa ja hyvin tunnepohjaista. Ihmiset tekevät huonoja päätöksiä. Minun mielestäni tekoälyllä pystytään sitä päätöksentekoa parantamaan.

Maailma paranee sillä, että siellä ei kukaan vahingossa tee mitään typerää, esimerkiksi paina jotain ydinsotanappia pelkästään sen takia, että siltä tuntuu. Näitä eskalaatio ja de-eskalaatiojuttuja on ihmisten erittäin vaikea ymmärtää.

Ihan skarpimmatkin tästä kirjoittaneet ihmiset tekevät niitä ihan ilman hyviä peliteoreettisia työkaluja. Että kyllä niistä tulee parempia. Me olemme niitä evaluoineet. Ja kyllä nämä tekoälyn kehittämät strategiat ovat huomattavasti parempia kuin parhaiden eksperttien kehittämät strategiat. Se on ensimmäinen, että minun mielestäni maailmasta tulee turvallisempi sillä.

Toinen on sitten se, ja tästä voivat ihmiset olla montaa eri mieltä, mutta kyllä minun mielestäni länsimaaisilla demokratioilla pitää olla parempi tällainen sotilaallinen kapasiteetti kuin muilla, että maailma pysyy hyvänä paikkana. Siitähän voi olla montaa mieltä. Mutta esimerkiksi nyt mitä tapahtuu Ukrainassa ja Kiinan läheisillä merialueilla, tällaista muiden maiden ottamista, niin kyllä tuntuu, että juuri tällä hetkellä se on helpompi argumentti tehdä kuin joinakin muina aikoina.

Arno:

Eli tämä tehostaminen ja päätösten tekemisen tukeminen, vähentävätkö ne sodan riskiä?

Vai tekeekö se vain sen konfliktin suorittamisesta nopeampaa ja tehokkaampaa? Tapahtuvatko ne asiat, jotka muutenkin tapahtuisivat, tehokkaammin vai estävätkö nämä työkalut sitä, että kukaan ihminen ei lähde sooloilemaan siellä?

Tuomas:

Se voi olla kyllä vähän kumpaaikin, riippuen vähän siitä, että mistä applikaatiosta puhutaan.

Esimerkiksi jos puhutaan siitä nuclear de-escalation -strategian optimoinnista, niin siinä kyllä se on lähinnä sitä, että siellä ei kukaan lähde sooloilemaan ja tehdään järkeviä strategioita ja ne mietitään etukäteen, että ne strategiat ovat sitten valmiina, jos tapahtuu jotain. Että siellä ei tarvitse kenenkään paniikissa ruveta päättämään mitään.

Se hävittäjäjuttu, niin kyllä ne hävittäjästrategiatkin ovat parempia kuin ihmislentäjien strategiat. Tuleeko niistä jotenkin nopeampia? Ei se hävittäjien nopeus siinä muutu. Kyberpuolella kyllä se, mitä siellä yleensä tapahtuu, on tosi nopeaa. Mutta sitä me olemme tehneet itse asiassa aika vähän. Siitä minulla ei ole eksperttinä mitään sanomista. Siellähän nämä asiat tapahtuvat tosi nopeasti, ja siellä tapahtuu paljon koko ajan.

Arno:

Monissa sovelluksissa, joita sinä olet näitä menetelmiäsi kehittämällä taklannut, korostuu tavallaan se, että ne ovat sellaisia, joissa on iso impakti tai suuri näkyvyys. Ne ovat sellaisia vuosikymmenten haasteita, niin kuin tämä pokeri tai fog of war -shakki.

Tai sitten tämä esimerkki siitä, että elinsiirtopotilaat saavat elinvuosia. Mutta kun katsot seuraavaa kymmentä tai kahtakymmentä vuotta, niin onko sinulla mielessä joku sellainen ratkaisematon ongelma, jota haluaisit ratkaista ja tulla ehkä eniten muistetuksi siitä?

Tuomas:

No kyllä minulla tällä hetkellä on tällainen missio, että haluaisin näyttää, että peliteoria on käytännöllinen. Peliteoriahan on mullistanut kaikki tieteet. Tai en sano, että kaikki, mutta useita tieteitä. Taloustieteen, poliittisen tieteen, biologian ja osittain myös tietojenkäsittelyn.

Mutta semmoisia suoria sovelluksia ei oikeastaan ole kovin paljon, jos ollenkaan. Tai sanotaan, että ei kovin paljoa. Esimerkiksi sellaiset sovellukset jotka ovat aika kuuluisia, Spectrum-lisenssien allokointi esimerkiksi ja näin edespäin, niin ne eivät oikeastaan ole peliteoreettisia ratkaisuja.

Niissä peliteoreettisesti koulutetut ihmiset ottavat jotain intuitiota sieltä peliteorian puolelta, mutta kuitenkin ne mekanismit, joita käytetään, eivät ole peliteoreettisesti sound. Että ei edes tiedetä yhtään rationaalista huutostrategiaa niihin huutokauppoihin. Minä yritän nyt sitten Strategy Robotin puolelta todistaa, että peliteoria on suoraan käytännöllinen, näyttämällä, että laskennallinen peliteoria on suoraan käytännöllinen. Että voidaan ottaa näitä hyvin kompleksisia, tärkeitä high stakes -ongelmia täydessä detaljissaan. Ei mitään pieniä abstraktioita, vaan täyttä detaljia, ja laskea niihin ne ratkaisut ja sitten panna ne ratkaisut suoraan käytäntöön.

Eli tämä on tällaista missiota. Ja sovellusalue nyt ainakin ensiksi on nämä puolustussovellukset. Ne ovat siinä mielessä hyviä myös peliteoreettisesti, että siinä on hyvin selvää, että se peliteoreettinen pohja on vahva.

Jos meillä on kahdenvälisiä nollasummapelejä, esimerkiksi ne hävittäjäjutut, niin siinä, jos vastustaja ei pelaa peliteoreettisesti, se voi vain auttaa meitä. Kun taas jos on monenvälisiä pelejä tai ei nollasummapelejä, niin siellä se ei ole niin selvää, että semmoista peliteoreettista strategiaa kannattaa käyttää. Jos vastustaja ei olekaan rationaalinen, niin sieltä tulee tällaisia kysymyksiä, että mitä sitten tehdään.

Näissä kahden pelaajan nollasummapeleissä se on ihan selvää, että se peliteoreettinen ratkaisu on turvallinen.

Eric:

Siirrytään sitten puhumaan kielimalleista. Olet jossain haastattelussa kritisoinut ajatusta, että kielimalli itsessään olisi hyvä strateginen päättelijä ja korostanut eroa näiden tällaisten autoregressiivisten kielimallien, jotka sana kerrallaan vaan tuottavat sen vastauksen ja sitten peliteoreettisen päättelyn välillä. Niin mikä olisi sellainen koe tai tulos, joka saisi sinut muuttamaan kantasi tässä asiassa? Että voisit sanoa, että no nyt se kielimalli todella pääättelee strategisesti.

Tuomas:

Tuo on hyvä kysymys. Tuo onkin hyvä kysymys. Joo, kyllä se pitäisi ihan peleissä näyttää. Jos olisi joku tällainen kompleksinen peli, esimerkiksi Texas Hold'em -pokeri tai Fog of War Chess. Jos se kielimalli päihittäisi nämä peliteoreettiset ratkaisut, niin silloin ainakin sanoisin, että se osaa pelata strategisesti.

Eric:

Joo. Varmaan sitä tosiaan ei ole vielä. Tässä on viime aikoina julkaistu jotain tällaisia, niin kuin Game Arena, jossa vertaillaan kielimalleja juuri pokerissa esimerkiksi. Mutta ne eivät ole vielä tosiaan superhuman. Että tehtävää on jäljellä.

Tuomas:

Joo. Tämä on nyt vähän vaarallista arvioida, keksiä tai projektoida tulevaisuutta, mutta jotenkin tuntuu, että se training data, jota niihin tarvitaan, niin se täytyy jonkun kirjoittaa. Joko ihmisten tai joidenkin bottien täytyy kirjoittaa se training data.

Jotenkin tuntuisi siltä, että sillä ei pysty sen paremmaksi tulemaan kuin mitä se training data on. Että jos on ihmisten kirjoittama training data, niin silloin luulisi, että sillä ei pysty tulemaan superhumaniksi. Jotenkin tuntuu siltä.

Eric:

Mutta eikö siinä toisaalta juuri tämä self-play-idea ole vastaus tähän?

Tuomas:

Joo, siis self-play on, mutta se ei ole sitten enää kielimalli. Tai ehkä se riippuu, sinulla voi olla jotain muuta mielessä siitä self-playstä kielimallien avulla.

Mutta minä ajattelin vaan ihan sitä peruskielimallin juttua, että luetaan dataa ja sen perusteella ruvetaan ennustamaan.

Se on jotenkin sellaista, että voisi olla vaikea kuvitella, että siitä tulee paremman tasoista peliä kuin mitä se data itse asiassa on.

Eric:

Sinun yksi opiskelijasi Noam Brown on väitellyään ollut kehittämässä näitä niin sanottuja reasoning-malleja tai päättelymalleja, jotka ennen kuin vastaavat käyttäjälle, niin tuottavat jonkinlaisen tekstimuotoisen päättelyketjun ja sen perusteella antavat sen lopullisen vastauksen. Näissä se koulutus perustuu ei vain siihen, että se oppii toistamaan ihmisen kirjoittamia päättelyketjuja, vaan näitä optimoidaan sitten taas sen vahvistusoppimisen avulla.

Siinä minä ajattelisin, että on mahdollista päästä superhuman-tasolle, jos on vaan datasettejä, joissa on niitä oikeita vastauksia. Mutta kielimalli voi itse tutkia sitä hakuvaruutta ja löytää sellaisia toimivia ratkaisuja.

Mutta se, mitä haluaisin kysyä näistä on, että tämä on ollut tosi merkittävä läpimurto kielimallien alalla viime vuosina, että se vastausten tarkkuus on parantunut huomattavasti, kun annetaan tavallaan miettimisaikaa niille malleille ennen kuin ne vastaavat.

Olen ymmärtänyt, että ehkä tätä on sinun ryhmässäsi kehitetty kielimallien ulkopuolella jo ennen? Miten näet näiden nykyisten reasoning-mallien ja oman tutkimuksesi suhteen?

Tuomas:

Joo, aivan. Minulla on monta opiskelijaa, jotka ovat tällä hetkellä töissä näissä LLM-firmissa tekemässä tätä reasoning-juttua, ja jotka ovat siis minun ryhmästani valmistuneita.

Itse asiassa minun ainoa LLM-paperini on tämmöinen RLHF, eli reinforcement learning from human feedback -paperi. Joka tapauksessa se reasoning-juttu lähti sieltä epätäydellisen informaation pelien puolelta ryhmässäni.

Vuoteen 2006 asti aina näitä epätäydellisen informaation pelejä oli käsitelty tällaisena monoliittina. Niitä aina lähdettiin jollain tällaisella equilibrium finding -algoritmillä ratkaisemaan. Kun taas täydellisen informaation pelejä, kuten shakkia, oltiin jo ihan alusta asti lähdetty tällaisella real-time reasoning -periaatteella tekemään.

Jos ajatellaan 50-luvun Claude Shannonin ja Alan Turingin töitä, niin aina lähdettiin hakupuuta katsomaan sillä osapuun hakualgoritmillä. Sitten minä ajattelin, että pystyisimmekö me tekemään näin jotenkin myös epätäydellisen informaation peleissä. Vaikka siinä on se balancing-ongelma.

Ja sitten me keksimme minun opiskelijani Andrew Gilpinin kanssa sellaisen menetelmän, jonka me julkaisimme AAAI 2006 -konferenssissa. Se oli ensimmäinen real-time reasoning -menetelmä epätäydellisen informaation peleihin. Sen idea oli se, että meillä on siihen koko peliin joku sellainen blueprint-ratkaisu, joka on tehty

tämmöisessä hyvin karkeassa abstraktiossa. Että se peli on tehty niin pieneksi abstraktiolla, että sitä pystytään ratkaisemaan. Sitten reaaliaikaisesti, kun tullaan johonkin tilanteeseen, niin tehdään sellainen haku siinä osapuussa, jossa ollaan.

Mutta se koko karkea blueprint-ratkaisu antaa tarpeeksi kontekstia, että se balanssi pystytään hakemaan sen kautta. Siitä tuli sitten semmoinen tekoälyn osa-alue kuin real-time reasoning games tai subgame solving in imperfect information games. Sitä minulla on ollut useita opiskelijoita tekemässä.

Ensiksi Andrew Gilpin, sitten Sam Ganzfried, sitten Noam Brown, sitten Brian Zhang ja näin edespäin. Osa heistä nyt sitten tekee kielimallien parissa tätä reaaliaikahakua. Se on vähän eri asia kuitenkin.

Hyvin salaistahan se puuha on, että eivät sitä ulkopuoliset tiedä, että mitä siellä todellisuudessa tehdään. Mutta ne eivät yleensä ratkaise tämmöisiä epätäydellisen informaation pelijuttuja. Ne ovat siinä mielessä helpompia, että sieltä katsotaan vain tämmöisiä token-sekvenssejä ja katsotaan niitä rinnakkain. Että mikä nyt on kaikista lupaavin sekvenssi. Eri tavoilla katsotaan ja näin edespäin. Että se reaaliaikainen päättely on ihan eri avaruudessa kuin mitä se on näissä epätäydellisen informaation peleissä.

Arno:

Mutta voiko tässä kuitenkin ajatella, että se reasoning-mallin perusidea, ja ehkä tämä menee vähän semantiikan puolelle, että mitä se älykkyys loppujen lopuksi edes on koneissa, mutta voisiko sanoa, että älykkyys syntyy näissä osittain siitä, että vähän niin kuin näissä teidän pokerimalleissannekin, pysähdytään välillä hakemaan ja arvioimaan vaihtoehtoja? Vai onko tämä vaan liian yksinkertainen analogia tähän?

Tuomas:

Ei, kyllä se minun mielestäni on ihan hyvä analogia. Se mikä näissä on samaa on se, että siellä ei ole vain tämmöisiä staattisia vaihtoehtoja, vaan ne ovat tämmöisiä sekvenssejä. Kummassakin tapauksessa ne ovat sekvenssejä, mutta ne ovat eri asioiden sekvenssejä. Peleissä ne ovat näitä pelitilojen sekvenssejä, kun taas LLM:n puolella ne ovat token-sekvenssejä.

Arno:

LLM:t pystyvät nykyisin ratkomaan ongelmia, joita huippumatemaatikotkaan eivät ole ratkaisseet. Minusta tuntuu, että joka viikko tulee uutisia, että joku LLM-kehittäjä on pyytänyt malliaan ratkaisemaan jonkun matemaattisen detaljin, joka on ollut ratkeamatta sata vuotta, ja sitten se malli on löytänyt siihen jonkun uuden kulman tai jotain. Miten sanoisit, omassa työssäsi mikä rooli näillä malleilla on?

Ne pystyvät varmaan heittämään ideoita ja todistamaan asioita erityisesti koodaamisessa. Mutta miten itse näet tämän? Käytätkö itse näitä apuna sinun tutkimustyössäsi?

Tuomas:

Olen käyttänyt liian vähän omassa tutkimustyössäni itse. Mutta minun opiskelijani ja postdocit kyllä käyttävät niitä paljon. Jotkut enemmän, jotkut vähemmän. Mutta kyllä se koodaamisessa auttaa. Se nopeuttaa sitä työtä.

Ja se on nyt ollut jo monta vuotta näin. Mutta ihan viime aikoina, nyt ihan niin kuin sanotaan, viimeisen viikon aikana on tapahtunut kaksi asiaa, jotka ovat ihan mielenkiintoisia, joita ei ole ennen itselläni ollut.

Ensinnäkin yhdessä kollaboraatioissa nyt on LLM:ää yksi kollaboraattori käyttänyt ratkaisemaan sellaista osaongelmaa semmoisessa isommassa paperissa. Sitä osaongelmaa ei kukaan meistä ollut ratkaissut. En ollut sitä asiaa itse niin paljon miettinyt. Enkä ole koettanut LLM:illä. Että se ei ollut minun itseni tekemää, mutta se oli minun kollaboraattorini tekemää. Siinä on monta minun vanhaa opiskelijaani, valmistunutta opiskelijaa mukana. Mikä collaboration on suomeksi? Joka tapauksessa, yhteistyössä.

Niin se oli yksi. Että nyt ensimmäistä kertaa luultavasti sitten julkaistaan paperi, jossa osa siitä paperista on todistettu alun perin LLM:llä. Sitähän ovat monet tehneet jo jonkun aikaa, varmaan vuoden ehkä. Mutta tämä oli omassa tutkimuksessani ensimmäinen kerta. Tämä on ihan viikon vanha asia vaan.

Ja sitten toinen on aika jännä semmoinen, josta vanha opiskelijanikin Vincent Conitzer, joka on nyt kollegani täällä Carnegie Mellonissa, julkaisi LinkedInissäkin. Niin Vincentin kanssa minä keksin vuonna 2002 sellaisen automated mechanism design -jutun, jossa ideana on se, että näitä sääntöjä peleihin ei keksitäkään käsin todistamalla, vaan laskennallisesti tekemällä.

Jos esimerkiksi jonkun huutokaupan säännöt, äänestysäännöt, reallokaatiosäännöt tai verotussäännöt pitäisi keksiä, niin ne tehdäänkin automaattisesti, että niistä tulee peliteoreettisesti parempia.

Niin sellainen suunta keksittiin. Sitä on aina tehty niin, että ihmiset ovat siihen löytäneet ne mielenkiintoiset tärkeät ongelmat ja sitten ihmiset ovat niitä todistuksia tehneet. Ja ehkä viime vuoden aikana siellä on tehty LLM:illäkin niitä todistuksia.

Mutta mitä tapahtui viimeisen viikon aikana, niin Vincent oli laittanut sinne vain johonkin LLM:ään, että keksi nyt joku tärkeä ongelma tällä automated mechanism design -alalla ja todista se. Ja se toimi.

Se LLM ei vain keksinyt sitä todistusta, vaan se keksi myös sen ongelman ja osasi priorisoida niin, että se ongelma oli ihan järkevä ja kiinnostava. Ei nyt välttämättä mikään hirveän tärkeä maailmalle, mutta silti tieteellisesti kiinnostava ongelma. Että se osasi identifioida ei vain sen ratkaisun, vaan myös sen ongelman.

Eric:

Minä olen kokenut, että oma työni on mennyt enemmän ja enemmän siihen, että minun roolini on esittää oikeita kysymyksiä. Ja sitten tekoäly hoitaa sen vastaamisen. Mutta tuo on vähän huolestuttavaa, jos myös se osa-alue viedään pois.

Tuomas:

Niin. Matemaatikotkin puhuvat siitä, että nyt on mathematics without mathematicians.

Se on aika jännä juttu, että mitä siinä tulee käymään. Siitä on puhuttu paljon, että ihmiset tietävät mitkä ne tärkeät ongelmat ovat. Mutta nyt alkaa tekoälykin tietää sen.

Ei yhtä hyvin kuin ihmiset vielä. Mutta nyt on ainakin meille tullut tällainen yksi esimerkki käytännössä jo. Niin onkohan se jonkunlainen harbinger tulevaisuudesta?

Arno:

Jäljelle jää vain se, että vielä ne pitäisi saada tekemään strategisia päätöksiä, eikä ainoastaan tuota järkevää outputtia.

Tuomas:

Joo.

Arno:

Tässä on mainittu monia asioita, joita olet tehnyt ja joissa olet luonut mainetta, mutta me katsoimme sinun urasi alkupuolta ja tieteellisten ansioidesi lisäksi olet voittanut myös purjelautailun Suomen mestaruuden joskus. Onko näin?

Tuomas:

Kyllä joo. Siinä olympialuokassa olin Suomen rankingykkönen vuonna -86 ja sitten voitin Suomen mestaruuden siinä latteapohjaisten lautojen luokassa vuonna -87.

Arno:

Jouduitko jossain vaiheessa tekemään ratkaisun purjelautailun ja tieteellisen uran välillä? Olisiko tässä ollut sellainen potentiaalinen elämänura tämä urheilupuoli?

Tuomas:

Kyllähän minä sitä mietin. Sitten minä päätin asepalveluksen jälkeen lopettaa varsinaisen tosissaan kilpailemisen siinä ja keskittyä opintoihin silloisella Polilla, nykyisellä Aallolla. Se oli ihan hyvä päätös. Kyllähän minua aina tämmöiset älylliset ongelmat ovat kiinnostaneet, että se oli siinä mielessä hyvä päätös. Ja sitten oli myös siinä mielessä hyvä päätös, että se purjelautailu on aika lailla kuollut.

Minä harrastan itse edelleen ja jotkut kaverit harrastavat sitä edelleen, mutta ei se niin populaaria ole enää kuin mitä se oli aikanaan. Ja ammattilaisilla on aika pieni elanto tässä vaiheessa. Silloin 80-luvulla niillä oli ihan hyvä elanto.

Arno:

Puhuttiinkin vähän siitä, että sinusta ei tullut yritysjohtajaa ainakaan sellaisessa perinteisessä tutalaismielessä.

Mutta Goldman Sachs nimesi sinut muutama vuosi sitten sadan kiinnostavimman yrittäjän joukkoon. Tämä on aika kova settiä kyllä. Miten olet saanut yrittäjyyden ja akateemisenä tutkijana olemisen yhdistettyä? Miten jaat aikasi tavallaan näiden kahden välillä?

Tuomas:

No kyllähän se aika on aika kortilla. Ihan selkeästi. Mutta minä olen aina yrittänyt yhdistää niitä.

Ihmiset ajattelevat niin, että yliopistoissa tehdyistä keksinnöistä ja softista tehdään yrityksiä. Mutta se menee mielestäni enemmänkin vielä toisinpäin. Että jos tekee yrityksen jollain uudella idealla ja jollain uudella alalla, siitä tulee aika paljon sellaisia kysymyksiä, joita ei olla vielä ratkaistu. Sieltä tulee semmoisia akateemisiakin kysymyksiä sieltä yrityspuolelta.

Se toimii synergisesti kumpaankin suuntaan. Esimerkiksi kombinatoristen huutokauppojen alalla. Tai sanotaan, että ylipäänsä useat tekoälyn osa-alueet, joita olen aloittanut, niin ovat lähteneet ihan yrityskysymyksistä, Esimerkiksi bidding languages in combinatorial auctions, preference elicitation from multiple agents, automated mechanism design.

Nämä alat, jotka ovat nyt ihan tunnettuja osa-alueita tekoälyssä, niin ne ovat semmoisia, jotka minä aloitin. Mutta en sen takia, että olisin keksinyt tyhjästä jotain mitä kukaan muu ei keksinyt, vaan sen takia, että minulla oli yritys, jossa tällaisia asioita tarvittiin. Ja muilla ei ollut. Että sen takia pystyin olemaan ensimmäinen siinä.

Eric:

Okei, no tuo oikeastaan osittain varmaan vastaakin. Kun varmaan yksi lähestymistapa on, että sinulla on joku vasara, joku menetelmä, jonka olet kehittänyt, ja sitten käyt etsimässä niitä sovelluskohteita ja perustat yrityksiä. Mutta jos oikein ymmärrän, niin olet enemmän mennyt niin, että mitä ovat asiakkaiden tarpeet, tai missä on kiinnostavia ongelmia, joita ratkaistaan. Ja siitä on lähtenyt syntymään sitä tutkimusta.

Mutta millä perusteella olet sitten päättänyt, että tämä on nyt semmoinen ongelma, jota minun kannattaa lähteä ratkaisemaan yrityksen muodossa? Varmaan jotenkin vaikuttaa se, että onko se myös mahdollisesti tulevaisuudessa tieteellisesti mielenkiintoinen? Vai miten lähestyt tätä?

Tuomas:

Joo. Olen tehnyt nämä ihan tietyllä tavalla, joka on hyvä ja huono. Olen lähtenyt sillä tavalla ihan visiopohjalta näitä yrityksiä tekemään ylipäänsä.

Että ne eivät ole lähteneet oikeista asiakkaiden vaatimuksista, että joku asiakas olisi sanonut, että me haluaisimme kombinatorisen huutokaupan. Ei kukaan asiakas sourcing-puolella tiennyt, että mikä se on. Minulla oli aikamoinen tällainen

evankelointitehtävä siinä myös. Yritin selittää siellä, minkä takia te tätä tarvitsette ja kuinka paljon parempi se on ja näin edespäin.

Se on ollut mielenkiintoinen siinä, että silloin on pystynyt muuttamaan aika paljon maailmaa, kun lähtee noin. Mutta sitten siinä se evankelointi on aika iso taakka myös. Se ei lähde itse lumipallona vyörymään vuorta alaspäin, vaan koko ajan pusketaan sitä palloa ylämäkeen.

Se on se huono puoli. Mutta hyvä puoli on, että siinä tehdään aina mielenkiintoista asiaa, kun sillä tavalla lähdetään tekemään.

Arno:

Sinulla tämä teoria, käytännön sovellukset, yrittäjäyys, kaikki jotenkin nivoutuvat yhteen tähän sinun rooliisi ja siihen mistä sinut tunnetaan.

Mutta kun eteesi tulee joku uusi ongelma, uusi sovellusalue tai muuta, niin yrityksen perustamiseen tai uusiin tutkimushankkeisiin liittyy kuitenkin se, että siinä joutuu tekemään aika hartiavoimin varmasti töitä. Miten valitset tavallaan sitten ne, joihin kannattaa satsata?

Tämän parissa aiot viettää seuraavat viisi vuotta. Miten sinä valitset nämä?

Tuomas:

Joo, kyllä se on hyvä kysymys. Tästä tulee vähän pitkä vastaus. Ensinnäkin se, että onko se markkina nyt sellainen tarpeeksi iso? Se on ihan standardi venture capitalist -kysymys. Mutta se on hyvä itseltäänkin kysyä, että onko se markkina tarpeeksi iso.

Sitten toisekseen se, että onko niin, että sinun tekemäsi teknologia tai teknologia, jonka tulet tekemään, on sitten maailman paras? Että sieltä ei tule sitten mitään kilpailijaa, joka pystyy tekemään yhtä hyvin.

Se vaikuttaa siis siihen, että onko se sinun alallasi. Voi olla paljon hyviä ideoita, jotka kuitenkin eivät ole ihan tarkasti siinä sinun osa-alallasi tekoälyä.

Ja siinä sitten ei välttämättä sellainen competitive advantage ole. Että minä yritän katsoa sellaisten alojen juttuja, joissa olisi competitive advantage sen puolesta, mitä tässä on nyt tehty 35 vuotta.

Sitten tämä on aika lailla henkilökohtainen juttu. Mutta olen tehnyt firmoja kummallakin tavalla, eli venture capital backed -firmoja ja sitten tällaisia bootstrap-firmoja. Niin minä tykkään siitä bootstrap-mallista enemmän.

Ja sitten tykkään olla siinä toimitusjohtajana itse. Olen tehnyt kumminkin päin, että olen palkannut toimitusjohtajan tai tehnyt itse. Minä tykkään olla toimitusjohtajana itse. Se tarkoittaa sitä, että jos on professorina ja toimitusjohtajana, niin se firma ei voi olla henkilömäärältään kovin suuri. Se voi olla joku 50 henkeä, mutta se ei voi olla 150 henkeä.

Ja se tarkoittaa sitä, että täytyy valita sellaisia aloja, joilla on asiakkaita vähän. Mutta jokainen asiakas ostaa suuria dollarimääriä. Se ei voi olla sellainen, jossa on 100 hengen myyntiorganisaatio esimerkiksi. Se täytyy olla sellainen ihan teknologiapohjainen yritys, jolla on pieni määrä asiakkaita, mutta ne ovat isoja diilejä.

Se pistää sitten aika lailla rajoituksia sille, millaisia firmoja ne voivat olla.

Arno:

Sinulla on monia esimerkkejä tällaisista firmoista: CombineNet, Strategic Machine, Strategy Robot, Optimized Markets. Ovatko nämä kaikki tavallaan syntyneet samalla tavalla? Vai millä tavalla?

Tuomas:

Ei. Siinä ensimmäisessä, CombineNetissä, tein enemmänkin traditionaalista venture backed -juttua. Tein viisi roundia venture capitalia siihen ja 55 miljoonaa taalaa. Se oli aika paljon siihen aikaan. Se oli 25 vuotta sitten. Sitten palkkasin siihen toimitusjohtajan sitä vetämään, ja me kasvoimme 130 henkeen. Se olisi ollut liian iso vetää itse. Joistakin asioista tykkäsin siinä ja joistakin en. Mutta sen jälkeen olen sitten ruvennut tekemään tällaisia toisenlaisia firmoja, jotka on bootstrapatty.

Eric:

Mikä saa sinut haluamaan olla siinä toimitusjohtajan paikalla itse? Voisin kuvitella, että siihen liittyy tosi paljon sellaisia muitakin vastuita kuin vaan vaikka sen tieteellisen vision eteenpäinvieminen.

Tuomas:

Joo, siihen liittyy ilman muuta. Itse asiassa kysyit siitä tuta-taustasta, niin kyllä minä tykkään siitä, että menee asiakkaiden luokse ja puhuu niiden ongelmista. Ja ihan myyntityöstä ja tällaisestakin tykkään.

Varsinkin, jos puhutaan semmoisista diileistä, jotka ovat isoja ja harvoja diilejä, mutta erittäin suuria, niin siinä on aika tärkeää itse asiassa, että on itse mukana. Sinne ei ihan mitään perus myyntitykkiä voi lähettääkään sellaisia diilejä sulkemaan. Kyllä olen tykännyt siitä. Myös se, että jotenkin tuntuu, että asiat menevät nopeammin niin. Jos tekee kaikki päätökset itse, väärä tai oikeita, mutta kuitenkin nopeita päätöksiä. Ettei siinä tarvitse olla sellaisessa influencer-roolissa. Että vaikuttaa hallitukseen ja johonkin palkattuun toimitusjohtajaan ja näin edespäin.

Minulla meni CombineNetissä paljon aikaa sellaiseen, missä oli ihan päivänselvää minulle, että mitä piti tehdä, mutta kuitenkin hallitukselle piti selittää. Siinä meni paljon aikaa sellaiseen päätöksen hitauteen.

Arno:

Päätösten tekeminen ja strategiset päätöksethän ovat erikoisalaasi muutenkin, niin varmasti tavallaan se vaikuttaa asiaan.

Tuomas:

Joo.

Eric:

Meillä on tapana kysyä vierailta haastattelun lopuksi, että mikä on sinun P(doom)-lukusi? Eli minkä todennäköisyyden antaisit sille, että tämä tekoälyn kehitys johtaa katastrofaalisiin seurauksiin, niin kuin esimerkiksi ihmiskunnan tuhoon?

Tuomas:

No en minä siitä ole huolestunut. Kyllähän se tulee kaikkeen vaikuttamaan. Työtehtävät tulevat muuttumaan täysin.

Mikä niistä kaikista minua pelottaa eniten on se, että jollekin terroristille joku tekoäly antaa ohjeet siitä, miten keksitään joku uusi virus. Että se on se P(doom)-skenaario, joka minua huolettaa vähäsen.

Mutta että se tekoäly jotenkin itse lähtisi käsistä ja tappaisi kaikki ihmiset, niin se on semmoinen, joka ei minua pelota ollenkaan. Se on minun mielestäni ihan science fiction -juttua.

Arno:

Minun näkökulmastani olet meidän vieraistamme tähän mennessä se, joka kontrolloi niitä tekoälyjä lähimpänä sitä ydinasenappulaa, koska sinun strateginen päätöksentekosi menee hyvinkin pitkälle sille sektorille. Niin tämä on huojentavaa kuulla sinun suustasi, että tämä ei ole huolenaiheena.

Tämä on ollut ilo ja kunnia jutella sinun kanssasi näistä aiheista. Me jäämme innolla odottamaan, mitä tulevaisuus tuo mukanaan.

Sinulla on ollut tosi high stakes -sovelluksia, niin et selvästikään tee mitään näpertelyä jonninjoutavien sovellusten kanssa, vaan semmoisten asioiden kanssa, jotka vaikuttavat ihan oikeasti ihmiskunnan tulevaisuuteen. Toivottavasti me olemme hyvissä käsissä myös jatkossa.

Tuomas:

Hyvä hyvä. Kiitos ja hyvää jatkoa sinne. Ja terveisiä kaikille Aaltoon.

Eric:

Kiitos. Suuret kiitokset vierailusta Tuomas.