

Marja Ridanpää

**INFORMAATIOTEKNOLOGIAN KÄYTTÖ NANO- JA
BIOTEKNOLOGIAN SEKÄ KOGNITIOTIETEeseen
PERUSTUVIEN UUSIEN TEKNOLOGIOIDEN KÄYTÖN
YHTEYDESSÄ**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA

2024

TIIVISTELMÄ

Ridanpää, Marja

Informaatioteknologian käyttö nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien uusien teknologioiden käytön yhteydessä

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2024, 27 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatintutkielma

Ohjaaja(t): Clements, Kati

On huomattu, että nano-, bio- ja informaatioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien teknologioiden integrointi ja synergia mahdollistavat ihmiselämän parantamisen monin tavoin järjestelemällä uudelleen perinteisiä tieteenalarajoja. Tutkielman tarkoituksena oli antaa lukijalle lisää tietoa informaatioteknologiaan (IT) liittyvistä mahdollisuuksista vastaamalla kysymykseen siitä, kuinka informaatioteknologiaa hyödynnetään nano- (NT) ja bioteknologian (BT) sekä kognitiotieteeseen (C) sisältyvien uusien teknologioiden eli muiden merkittävien teknologioiden käytössä. Tutkielmassa määriteltiin tutkimuskysymyksen keskeiset käsitteet ja käsiteltiin erikseen tämän kysymyksen yksittäisiin osiin liittyviä hyötyjä ennen kuin vastattiin tutkimuskysymykseen. Tutkimuksessa tietoa haettiin Google Scholarista ja Jykdok-tietokannasta löytyneestä lähdekirjallisuudesta, joka käsittelee aiempia aiheeseen liittyviä tutkimuksia eli tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Tutkimuksessa käytettyyn kirjallisuuteen kuului kirjallisuuskatsauksia, tieteellisiä artikkeleita ja kirjoja, joita luettiin ja analysoitiin, minkä jälkeen niistä tehtiin synteesiä. Tutkimuksessa päädyttiin siihen tulokseen, että informaatioteknologia on tärkeä osa useita erilaisia teknologioiden yhdistelmiä, joista on erilaisia hyötyjä yksilöille ja yhteisöille. On olemassa innovaatioita, joilla on jotain tekemistä useamman teknologian kanssa, ja informaatioteknologian ja muiden teknologioiden liittymiseen toisiinsa sisältyy paljon mahdollisuuksia ja innovaatioita. Lähteiden perusteella tuloksia voitiin luokitella esimerkiksi suoraan tuotteisiin ja ihmisiin kohdistuviin hyötyihin. Teknologioiden avulla voidaan parantaa prosesseja, tuotteita ja ihmisiä sekä luoda uusia teknologioita ja järjestelmiä. Tuloksista tehtiin se johtopäätös, että informaatioteknologia yhdistettynä muihin teknologioihin voi tehdä jopa mahdottomista asioista mahdollisia. Tuloksista voitiin tehdä myös se johtopäätös, että tässä laajassa aiheessa on vielä tutkittavaa.

Asiasanat: informaatioteknologia (IT), nanoteknologia, bioteknologia, kognitiotiede, NBIC, teknologia

ABSTRACT

Ridanpää, Marja

Using information technology in the context of nanotechnology, biotechnology and new technologies based on cognitive science

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2024, 27 p.

Information systems, Bachelor's thesis

Supervisor(s): Clements, Kati

It has been noticed that the integration and synergy of nano-, bio- and information technology and cognitive science -based technologies will enable the improvement of human life in many ways by reorganizing traditional disciplinary boundaries. The aim of the thesis was to provide the reader with more information about the opportunities related to information technology (IT). This was implemented by answering the question of how information technology is used in other major technologies including nanotechnology (NT), biotechnology (BT) and new technologies based on cognitive science (C). The thesis defined the key concepts of the research question and addressed separately the benefits associated with the individual components of this question before answering the research question. Information was sought from literature that was found from Google Scholar and Jykdok database. The literature addresses previous studies on the subject so the researching was about making a literature review. The literature used in the study included literature reviews, scientific articles and books, which were read, analyzed and then synthesized. The study concluded that information technology is one of a number of different combinations of technologies that have different benefits for individuals and communities. There are innovations that have something to do with more than one technology, and there are many opportunities and innovations in the interconnection of information technology and other technologies. Based on the sources, the results could be classified, for example, into direct benefits to products and benefits to people. Technologies can be used to improve processes, products and people and to create new technologies and systems. The conclusion was that information technology combined with other technologies can make even the impossible things possible and this wide topic still needs to be explored more.

Keywords: information technology (IT), nanotechnology, biotechnology, cognitive science, NBIC, technology

KUVIOT

KUVIO 1 NBIC-tetraedri.....	19
-----------------------------	----

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Informaatioteknologiaa sisältäviä NBIC-innovaatioita.....	22
--	----

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIOT

TAULUKOT

1	JOHDANTO.....	6
2	INFORMAATIOTEKNOLOGIA.....	8
	2.1 Informaatioteknologian määritelmä.....	8
	2.2 Esimerkkejä informaatioteknologian hyödyistä.....	9
3	NANO- JA BIOTEKNOLOGIA SEKÄ KOGNITIOTIETEeseen PERUSTUVAT UUDET TEKNOLOGIAT.....	13
	3.1 Nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteen ja siihen perustuvien uusien teknologioiden määritelmät.....	13
	3.2 Esimerkkejä nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien uusien teknologioiden hyödyistä.....	14
4	INFORMAATIOTEKNOLOGIAN SUHDE NANO- JA BIOTEKNOLOGIAAN SEKÄ KOGNITIOTIETEeseen PERUSTUVIIN UUSIIN TEKNOLOGIOIHIN.....	18
5	YHTEENVETO.....	23
	LÄHTEET.....	25

1 JOHDANTO

Nano-, bio- ja informaatioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien uusien teknologioiden integrointi ja synergia mahdollistavat ihmiselämän parantamisen monin eri tavoin ja perinteisten tieteenalarajojen uudelleenjärjestelyn tämän parantamispotentiaalin toteuttamiseksi (Roco & Bainbridge, 2002). Kyseisten teknologioiden nopea kehittyminen sisältää tällaista potentiaalia (Roco & Bainbridge, 2002).

Tämän tutkielman tutkimusalueeseen kuuluvat Rocon ja Bainbridgen (2002) mainitsevat nano-, bio- ja informaatioteknologia sekä kognitiotieteeseen perustuvat uudet teknologiat eli NBIC-teknologiat. Tutkielman aiheena on informaatioteknologian käyttö nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien uusien teknologioiden käytön yhteydessä, eli tutkielmassa tarkastellaan NBIC:tä korostaen siihen kuuluvaa informaatioteknologiaa. Tämän tutkimuksen ansiosta saadaan tällöin enemmän tietoa siitä, millaisia ratkaisuja informaatioteknologian avulla voidaan tehdä eli saadaan lisää tietoa informaatioteknologiaan liittyvistä mahdollisuuksista. Tutkimuksesta on hyötyä esimerkiksi erilaisille organisaatioille, niiden väliselle kilpailulle, yritys- ja liikeideoinnille sekä innovoinnille. Tutkimus hyödyttää ihmisiä, jotka ovat tekemisissä informaatioteknologian tai muidenkin teknologioiden kanssa töissä tai vapaa-ajalla. Voidaan siis todeta, että myös yksilöt hyötyvät. Lisäksi tutkimuksen aiheesta tekee tutkimisen arvoisen se, että toisin kuin tässä tutkielmassa, usein informaatioteknologia yhdistetään muihin asioihin kuin toisiin teknologioihin.

Tutkimuksessa yhtenä keskeisenä käsitteenä on myös teknologia yleisesti. Teknologia on yhden määritelmän mukaan jokin asia, joka on itsessään luonnostaan tarpeeksi älykäs suorittamaan tai sisältää siihen liitetyn tarkoituksen, toiminnon tai hyödyn, jota vain älykkäät lajit osaavat arvostaa (Carroll, 2017). Teknologialla on aina jokin tarkoitus ja tehtävä, ja siitä on jotain hyötyä, minkä lisäksi se ei välttämättä ole aina ihmisten luomaa (Carroll, 2017).

Tutkimuskysymys, johon vastaamisessa käytetään apuna lähdekirjallisuutta, on seuraava:

- Kuinka informaatioteknologiaa hyödynnetään nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien uusien teknologioiden käytössä?

Tutkimuksen tavoitteena on antaa lukijalle lisää tietoa mahdollisuuksista ja innovaatioista, jotka ovat osa informaatioteknologian ja muiden teknologioiden liittymistä toisiinsa.

Teoreettisena viitekehyksenä on Rocon ja Bainbridgen (2002) käsittelemät nano-, bio- ja informaatioteknologia sekä kognitiotieteeseen perustuvat uudet teknologiat. Näistä teknologioista jokainen liittyy toisiinsa (Roco & Bainbridge, 2002, s. 2). Tutkielmassa tarkastellaan ennen kaikkea sitä, kuinka informaatioteknologia liittyy muihin kolmeen teknologiaan, jotka ovat Rocon ja Bainbridgen (2002) mukaan nano- ja bioteknologia sekä kognitiotieteeseen perustuvat teknologiat.

Tämä tutkimus on tehty kirjallisuuskatsauksena, mikä tarkoittaa sitä, että tietoa on haettu lähdekirjallisuudesta, joka käsittelee aiempia tutkimuksia. Lähdekirjallisuuteen kuuluu englanninkielisiä tieteellisiä artikkeleita, kirjoja ja kirjallisuuskatsauksia, joita haettiin Google Scholarista esimerkiksi hakusanoilla "information technology", "NBIC", "NBIC benefits", "information technology benefits", "NBIC Information technology" ja "information technology innovations". Lisäksi lähteitä löytyi JYKDOK-tietokannasta hakusanoilla "nanotechnology, biotechnology, information technology ja cognitive science". Kyseisiä lähteitä analysoitiin keskeisten käsitteiden määritelmien löytämiseksi ja tutkimuskysymykseen vastaamiseksi.

Tämä tutkielma on jaettu johdannon jälkeen kolmeen sisältöluukuun. Ensimmäisessä sisältöluvussa määritellään informaatioteknologian käsite ja lisäksi mainitaan joitain hyötyjä, joita informaatioteknologiasta on muun muassa yksilöille ja organisaatioille.

Toisessa sisältöluvussa esitetään nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteen ja siihen perustuvien teknologioiden määritelmät ja kerrotaan myös yksityiskohtaisemmin näiden sisällöstä. Luvussa myös käsitellään näiden teknologioiden hyötyjä.

Kolmannessa sisältöluvussa tarkastellaan erityisesti sitä, kuinka informaatioteknologia liittyy nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien teknologioiden käyttöön eli vastataan tutkimuskysymykseen. Tarkastelun kohteisiin kuuluu innovaatioita ja tulevaisuuden mahdollisuuksia, ja luvussa myös määritellään ennen näiden tarkastelua lyhyesti kyseisten teknologioiden konvergenssi. Tämän luvun jälkeen tutkielmassa on viimeisenä lukuna yhteenveto, jossa esitetään pohdintoja tutkielman aiheesta.

2 INFORMAATIOTEKNOLOGIA

Luvussa esitetään informaatioteknologian uusimpia määritelmiä ja mainitaan tiettyjä hyötyjä, joita informaatioteknologiasta on sekä nykyään että on ollut myös jo vuosia sitten. Hyötyjä voidaan jakaa esimerkiksi yksilöiden ja organisaatioiden hyötyihin tai informaatioteknologian eri osa-alueiden mukaan.

2.1 Informaatioteknologian määritelmä

Informaatioteknologian (IT) käsitettä on määritelty eri vuosina eri tavoilla, mikä voidaan huomata muun muassa Brynjolfssonin ja Hittin (2000) sekä Onnin ja Sorooshianin (2013) tutkimuksista. Informaatioteknologia voidaan määritellä siten, että se tarkoittaa tietokoneita ja niihin liittyvää digitaalista viestintäteknologiaa, joilla voidaan vähentää informaation (tieto) prosessoinnin, viestinnän ja koordinoinnin kustannuksia (Brynjolfsson & Hitt, 2000). Brynjolfssonin ja Hittin (2000) mukaan informaatioteknologian laajaan määritelmään kuuluu nimenomaan se, että informaatioteknologiaan sisältyvät tietoliikennelaitteet.

Määritelmiin liittyen on kuitenkin olemassa myös uudempia lähteitä, joissa informaatioteknologiaa määritellään laajemmin. Onnin ja Sorooshianin (2013) mukaan Tan ym. (2009) kuvailevat informaatioteknologian olevan tieto- ja viestintäteknologian työkalujen muodostama sovellus, joka sisältää tietokoneverkon ja ohjelmistot sekä laitteistot, joita tarvitaan internetyhteyden muodostamiseen. Lisäksi Onn ja Sorooshian (2013) kokoavat yhteen määritelmiä ja toteavat, että informaatioteknologia kattaa tietojärjestelmät, internetin, tieto- ja viestintäteknologiat sekä niiden infrastruktuurit, mukaan lukien tietokoneohjelmistot, verkot ja laitteistot, jotka käsittelevät ja siirtävät informaatiota yksilöiden ja organisaatioiden tehokkuuden lisäämiseksi. Termi

informaatioteknologia sisältää myös kaikki tietokonesovellukset ja tarvittavat laitteistopakettit, tietokoneavusteisen valmistuksen ja suunnittelun, sähköisen tiedonsiirron ja yrityksen resurssien suunnittelun, jotka vaikuttavat positiivisesti yhteistyön tuottavuuteen (Onn & Sorooshian, 2013).

2.2 Esimerkkejä informaatioteknologian hyödyistä

Informaatioteknologiasta on hyötyä muun muassa yksilöille ja organisaatioille, ja sitä kautta taloudelle. Atkinsonin ja Mckayn (2007) artikkelin perusteella yksi esimerkki tällaisesta hyödyllisyydestä on se, että informaatioteknologian avulla talous toimii täydellä kapasiteetilla, mikä johtuu siitä, että informaatioteknologia on lieventänyt suhdannevaihteluita. Artikkelin mukaan IT-ala nimittäin työllistää ihmisiä, ja informaatioteknologia helpottaa useampien ihmisten, kuten kehitysvammaisten ja vain osa-aikaiseen työhön kykenevien henkilöiden, pääsyä työelämään. Informaatioteknologia myös mahdollistaa joustavan työnteon kotoa käsin ja itsenäisen ammatinharjoittamisen (Atkinson & Mckay, 2007).

Yrityksissä informaatioteknologian mitattavat hyödyt kasvavat sitä enemmän, mitä kauemmin informaatioteknologia on ollut yrityksissä käytössä (Brynjolfsson & Hitt, 2000). Informaatioteknologian hankinta on siis yrityksille sijoitus, joka tuottaa ajan myötä voittoa. Lisäksi informaatioteknologian avulla voidaan vähentää informaation prosessoinnin, koordinoinnin ja viestinnän kustannuksia (Brynjolfsson & Hitt, 2000). Informaatiosta ja viestinnästä puhuttaessa de Barrosin, Ishikiriyaman, Peresin ja Gomesin (2015) mukaan informaatioteknologia voi myös tarjota useita välineitä, joilla voidaan lisätä, helpottaa ja tehostaa viestinnän ja organisaatioiden välisen tiedonvaihdon luotettavuutta. Informaatioteknologia parantaa tiedon laatua ja tarkkuuttakin yritysten toimitusketjuissa (de Barros ym., 2015). Lisäksi de Barrosin ym. (2015) mukaan informaatioteknologia lisää toiminnallista tehokkuutta ja prosessien parantumista, mikä viittaa esimerkiksi tuottavuuden, ketteryyden ja joustavuuden lisääntymiseen, omaisuuden hallintaan, varastonvalvonnan ja koordinoinnin parantumiseen, toimitusaikojen lyhentymiseen ja prosessien tai toimintojen päällekkäisyyksien poistamiseen.

Lisäksi informaatioteknologia vaikuttaa monella tavalla myönteisesti tuotteisiin ja palveluihin. Atkinson ja Mckay (2007) toteavat, että informaatioteknologian ansiosta tuotteita ja palveluita on mahdollista kohdentaa tehokkaammin. Kun erilaisille tuotteille ja palveluille eli hyödykkeille luodaan verkkomarkkinat, yritykset löytävät helpommin tarvitsemansa hyödykkeet, mikä lisää lopulta kilpailua (Atkinson & Mckay, 2007). Internetin avulla myös vähemmän tunnetut myyjät ja tuottajat löytävät

asiakkaita, jotka puolestaan löytävät hyödykkeitä ja saavat kokemuksia, joita he eivät muuten välttämättä löytäisi ja saisi ollenkaan (Atkinson & Mckay, 2007). Informaatioteknologia siis mahdollistaa verkkokaupankäynnin. Informaatioteknologian avulla yhdistetään kuluttajia heille sopiviin tuotteisiin, mikä helpottaa kuluttajien ja organisaatioiden osallistumista markkinoihin (Atkinson & Mckay, 2007). de Barrosin ym. (2015) mukaan myös jo Carr (2003) toteaa, että informaatioteknologia yhdistää yrityksiä asiakkaisiin yhä enenevässä määrin. Informaatioteknologian avulla hallitaan kumppanuuksia ja yhdistetään toisiinsa niitäkin tuotteiden toimitusketjun osia, jotka ovat kaukana toisistaan (Carr, 2003, de Barrosin ym., 2015 mukaan). Esimerkkejä toisistaan kaukana olevista osista ovat erään SCOR-mallin (Supply Chain Operations Reference-Model) perusteella de Barrosin ym. (2015) mukaan toimitusketjun suunnittelu ja viimeinen vaihe, johon kuuluu muun muassa raaka-aineiden palauttamista ja myynnin jälkeistä toimintaa.

Informaatioteknologia parantaa lisäksi tuotteiden ja palveluiden laatua, sillä sen avulla kerätään enemmän tietoa laadusta, jolloin organisaatiot voivat paremmin tämän tiedon avulla parantaa laatua (Atkinson & Mckay, 2007). Atkinsonin ja Mckayn (2007) tekstin mukaan informaatioteknologia helpottaakin räätälöidympien eli paremmin kuluttajien toiveita vastaavien lähtökohtaisesti laadukkaampien tuotteiden ja palveluiden suunnittelua. Tekstissä kerrotaan, että näitä tuotteita ja palveluita voidaan informaatioteknologian ansiosta massaräätälöidä, koska informaatioteknologia lyhentää niiden valmistusaikoja, mikä mahdollistaa useiden eri hyödykkeiden valmistamisen vähäisillä lisäkustannuksilla. Atkinson ja Mckay (2007) toteavat myös, että informaatioteknologian avulla aiempaa useammat kuluttajatkin saavat tietoa hyödykkeiden laadusta, mikä saa organisaatiot parantamaan laatua pärjätäkseen paremmin kilpailussa.

Lisäksi informaatioteknologialla on myönteinen merkitys innovoinnin eri vaiheissa. Tämä on huomattavissa muun muassa siitä, että sen avulla on helpompi löytää ja kehittää hyviä ideoita, mikä tekee uusien tuotteiden ja palveluiden luomisesta helpompaa (Atkinson & Mckay, 2007). Atkinson ja Mckay (2007) kuitenkin väittävät, että informaatioteknologia edistää innovointia suoraviivaisimmin antamalla tutkijoille entistä tehokkaampia välineitä tutkimusten tekemiseen. Heidän mukaansa informaatioteknologia mahdollistaa lisäksi myynnin jälkeen saumattomamman ja tarkemman palvelun ylläpidon. Myös de Barros ym. (2015) toteavat, että informaatioteknologia edesauttaa tuotteiden ja palveluiden erilaistamista eli esimerkiksi innovointia ja uusien tuotteiden tai palveluiden kehittämistä.

Edellä mainittuja lähteitä uudemmista lähteissä puolestaan käsitellään tarkemmin rajattuja ja erityisempiä informaatioteknologian hyötyjä. Esimerkiksi Sakurai ja Murayama (2019) käsittelevät informaatioteknologian ja etenkin tietojärjestelmien hyötyjä katastrofien hallinnassa. Sakurain ja Murayaman

(2019) artikkelin mukaan tietojärjestelmillä on keskeinen rooli tietojen tallentamisessa, vaihtamisessa ja käsittelyssä esimerkiksi luonnonkatastrofien aikaan. Artikkelin perusteella katastrofien hallinta voidaan jakaa riskien vähentämiseen, riskeihin varautumiseen ja reagointiin sekä riskeistä toipumiseen, ja tietojärjestelmillä on tietty rooli jokaisessa vaiheessa. Riskien vähentämiseen kuuluu tapahtuneisiin katastrofeihin liittyvien tietojen tallentaminen tietojärjestelmiin (Sakurai & Murayama, 2019). Sakurain ja Murayaman (2019) mukaan riskeihin varautumista on esimerkiksi se, että ihmisille opetetaan virtuaalitodellisuuden (Virtual Reality) avulla katastrofeista selviytymistä. He toteavat, että riskeihin reagoidaan puolestaan muun muassa siten, että katastrofien uhrit voivat raportoida tilanteista sosiaalisen median välityksellä. Kun riskeistä toivutaan, tietojärjestelmiä voidaan käyttää käytettävissä olevien evakuoituille henkilöille tarkoitettujen resurssien koordinointiin (Sakurai & Murayama, 2019).

Katastrofeihin liittyvien informaatioteknologian hyötyjen lisäksi erityistä hyötyä informaatioteknologiasta on Dikmenin (2021) mukaan urheilu suorituksissa, ja Dikmen (2021) käsittelee nimenomaan informaatioteknologian psykologisia hyötyjä. Nämä hyödyt voidaan luokitella viiteen eri ryhmään: motivaatioon ja sitoutumiseen, tietoon perustuvaan päätöksentekoon, kilpailuun ja sosiaaliseen vuorovaikutukseen, reaaliaikaiseen palautteeseen sekä henkiseen valmistautumiseen liittyviin hyötyihin (Dikmen, 2021). Dikmenin (2021) mukaan interaktiiviset harjoitteluohjelmat, reaaliaikainen data ja yksilöllinen palaute voivat lisätä urheilijoiden motivaatiota, ja aktiivinen osallistuminen harjoitteluun voi puolestaan auttaa urheilijoita säilyttämään sitoutumisensa ja keskittymisensä urheiluun. Datan ja analytiikan avulla urheilijat ja valmentajat voivat tehdä parempia päätöksiä, sillä urheilijat voivat esimerkiksi tunnistaa omia vahvuuksiaan ja kehityskohteitaan ja kehittää räätälöityjä harjoitteluohjelmia suorituskyky mittareiden datan ja analytiikan pohjalta (Dikmen, 2021). Dikmen (2021) toteaa, että kilpailusta ja sosiaalisesta vuorovaikutuksesta puhuttaessa teknologia puolestaan auttaa urheiluyhteisöjä lisäämään sosiaalista vuorovaikutustaan, mikä mahdollistaa muun muassa sen, että urheilijat voivat kilpailla vertaistensa kanssa eri puolilla maailmaa ja jakaa tietoa saavutuksistaan. Reaaliaikainen palaute taas voi hänen mukaansa edistää urheilijoiden myönteistä käyttäytymistä sekä auttaa heitä korjaamaan nopeasti virheitään harjoitusten aikana ja parantamaan tekniikkaansa nopeammin. Lisäksi esimerkiksi mindfulness-sovellukset, virtuaalitodellisuussimulaatiot ja visualisointiharjoitukset voivat auttaa urheilijoita henkisessä valmistautumisessa lisäten heidän keskittymiskykyään ja vähentäen heidän ahdistuneisuuttaan (Dikmen, 2021). Informaatioteknologian avulla on siis kaiken kaikkiaan mahdollista ylläpitää tai lisätä jopa urheilijoiden kokonaisvaltaista hyvinvointia.

Edellä mainittujen informaatioteknologian etujen lisäksi informaatioteknologian yksi hyöty on se, että se tarjoaa myös viihdettä, jota etenkin internet sisältää. Dhoten (2021) mukaan esimerkkeinä tällaisesta viihteestä eli digitaalisesta viihteestä ovat internet-pohjainen pelaaminen, langaton pelaaminen ja urheilun tai musiikin harrastajien verkkokeskusteluketjut. Lisäksi keskeisiä esimerkkejä ovat musiikin kuunteleminen ja YouTube-videopalvelun videoiden katselu internetissä (Liikkanen & Salovaara, 2015).

Jotta viihteestä voitaisiin nauttia, jonkun täytyy tuottaa sitä. Liikkanen ja Salovaara (2015) käsittelevät muun muassa YouTube-videopalvelun sisällön tuottamista, ja heidän mukaansa sekä tavalliset käyttäjät että erilaiset ammattilaiset lisäävät sisältöä (esim. musiikki- ja lemmikkieläinvideot) YouTube-sivustolle. Esimerkiksi omien versioiden tekeminen palvelussa jo olevista alkuperäisistä videoista on yksi sisällöntuotantotapa (Liikkanen & Salovaara, 2015). Videot ovat myös esimerkki informaatioteknologian mahdollistamasta luovasta tuotannosta (National Research Council, 2003). Videoiden lataamisella palveluun on erilaisia motiiveja, joista yhtenä esimerkkinä on käyttäjien mahdollisuus ansaita rahaa (Liikkanen & Salovaara, 2015). Muun muassa Riederin, Borran, Corominan ja Matamoros-Fernándezin (2023) artikkelin perusteella sisällön lisääminen internetiin onkin myös siinä mielessä hyödyllistä, että se voi olla joillekin ihmisille työ. Tästä huomataan taas, kuinka informaatioteknologia mahdollistaa Atkinsonin ja Mckayn (2007) mainitseman ja jo aiemmin tässä luvussa käsitellyn itsenäisen ammatinharjoittamisen. Lisäksi Liikkanen ja Salovaara (2015) käsittelevät sitä, miten Burgess ja Green (2009) korostavat, kuinka esimerkiksi YouTube voimaannuttaa kansalaisia ja vähentää heidän eriarvoisuuttaan mediatilassa (sähköinen tila), jota yritykset muuten hallitsevat.

3 NANO- JA BIOTEKNOLOGIA SEKÄ KOGNITIOTIETEeseen PERUSTUVAT UUDET TEKNOLOGIAT

Luvussa määritellään nano- ja bioteknologia sekä kognitiotiede ja siihen perustuvia uusia teknologioita, ja kerrotaan myös tarkemmin, mitä ne sisältävät. Lisäksi tarkastellaan erilaisia kyseisten teknologioiden hyötyjä.

3.1 Nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteen ja siihen perustuvien uusien teknologioiden määritelmät

Nanoteknologia on osa nanotiedettä, ja bioteknologiaan sen sijaan kuuluu muun muassa biolääketiede, ja yksi esimerkki bioteknologiasta on geenimuuntelu (Roco & Bainbridge, 2002). Kognitiotieteeseen puolestaan sisältyy kognitiivinen neurotiede (Roco & Bainbridge, 2002), ja kognitiiviset teknologiat ovat tieteeseen perustuvia menetelmiä (Bainbridge, 2006).

Näitä teknologioita voidaan kuitenkin esitellä vielä tarkemmin. Nanoteknologialla tarkoitetaan mitä tahansa 1–100 nanometrin kokoista teknologiaa, jolla on lukuisia sovelluksia reaali maailmassa (Nasrollahzadeh, Sajadi, Sajadi & Issaabadi, 2019). Nanoteknologia on mahdollista jakaa kolmeen osaan: materiaalit ja rakenteet, nanoelektroniikka ja tietojenkäsittely sekä sensorit ja avaruus alusten komponentit (Roco & Bainbridge, 2002).

Bioteknologiaan puolestaan kuuluu geenimuuntelun lisäksi muun muassa proteiinimolekyylien dynaamisen rakenteen mallintaminen (Roco & Bainbridge, 2002). Rocon ja Bainbridgen (2002) mukaan geenimuunteluun liittyy myös geenimuunneltujen viljelykasvien ja niiden luonnollisen ympäristön välisen vuorovaikutuksen ymmärtäminen.

Kognitiotieteessä puolestaan tutkitaan esimerkiksi sitä, kuinka ja miksi ihmiset oppivat (Roco & Bainbridge, 2002), ja Lahloun (2008) mukaan kognitiotieteeseen perustuviin teknologioihin kuuluvat muun muassa tietokoneet, sensorit, ohjelmistot, mobiiliviestintälaitteet ja internet. Nämä sisältyvät siis myös informaatioteknologiaan edellisessä luvussa käsiteltyjen informaatioteknologian määritelmien perusteella, eli tietyillä teknologioilla on yhtäläisyyksiä. Lisäksi Walkerin ja Herrmannin (2005) mukaan kognitiotieteeseen perustuviin teknologioihin kuuluvat myös esimerkiksi pankkiautomaatit ja sähköiset sanakirjat. Kognitiiviset teknologiat voidaan määritellä laajempanakin kokonaisuutena, jonka alakokonaisuuksia ovat tekoäly, suurteholaskenta, kehittynyt analytiikka ja kyberfyysiset järjestelmät (Elia & Margherita, 2021, Kuziorin & Kwilinskin, 2022 mukaan). Kognitiotieteessä käytettävien teknologioiden avulla jäljitellään ihmisen aivotoimintaa esimerkiksi luonnollisen kielen käsittelyn, tiedonlouhinnan ja kuviontunnistuksen keinoin (Techopedia, 2022, Kuziorin & Kwilinskin, 2022 mukaan). Muiden informaatioteknologiajärjestelmien tavoin kognitiiviset järjestelmät on suunniteltu työskentelemään jäseneltyjen ja jäsentelemättömien tietojen, kuten tekstien, kuvien ja videoiden, kanssa (Kaya, Turkyilmaz & Birol, 2019).

3.2 Esimerkkejä nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien uusien teknologioiden hyödyistä

Nanoteknologiasta on monenlaista hyötyä, mistä on yhtenä esimerkkinä sen käyttö aiempaa parempien tuotteiden kehittämisessä. Nanoteknologia nimittäin mahdollistaa sen, että kehitetään uusia ja parempia tuotteita, joilla on pitkä säilyvyysaika ja aiempaa parempi suorituskyky (Kamarulzaman, Lee, Siow & Mokhtar, 2020).

Nanoteknologiaa hyödynnetään muun muassa elintarvikepakkauksissa (Adeyeye, 2019). Adeyeye (2019) toteaa, että pakkaamalla elintarvikkeet nanoteknologiaa hyödyntäviin pakkauksiin on mahdollista saada elintarvikkeet säilymään paremmin, tarkkailla elintarviketurvallisuutta sekä estää elintarvikkeiden väärentämistä. Jotta elintarvike voidaan suojata paremmin ympäristövaikutuksilta, pakkauksissa voidaan käyttää nanomateriaaleja, jotka ovat vuorovaikutuksessa elintarvikkeen tai ympäristön kanssa (Adeyeye, 2019). Adeyeyen (2019) mukaan pakkaukset saadaan esimerkiksi kestävämpään paremmin kosteutta ja eri lämpötiloja, ja elintarvikkeiden säilyvyyttä voidaan parantaa tarkkailemalla pakkausten olosuhteita nanosensoreilla. Adeyeye (2019) toteaaakin, että nanoteknologia voisi monipuolisuutensa ansiosta

parantaa paljon ihmisten elämää, sillä sen avulla voidaan parantaa tuotteita sekä lisätä ihmisten vaurautta, terveyttä ja elämänlaatua.

Nanoteknologiasta onkin lisäksi potentiaalista hyötyä esimerkiksi Alzheimerin taudin hoidossa (Ling ym., 2021). Lingin ym. (2021) mukaan nanoteknologian avulla kehitetään lääkkeitä, terapeuttisia proteiineja ja antiamyloidien (lääkkeitä) kuljettamista veri-aivoesteen (solukerroksen muodostama pintakudos) läpi. Nanoteknologian mahdollistamiin viimeaikaisiin edistysaskeliin Alzheimerin taudin hoidossa kuuluvat kantasolujen regenerointi (ennalleen palauttaminen), nanolääketiede ja hermosolujen suojaaminen (Ling ym., 2021). Alzheimerin taudin hoidon lisäksi nanolääketiede ja -teknologia voivat mahdollistaa muun muassa erilaisten uusien proteesien ja selkärangan vammoja korjaavien laitteiden kehittämistä (Roco & Bainbridge, 2001, Rocon & Bainbridgen, 2002 mukaan).

Edellä mainittujen suoraan tuotteisiin ja ihmisiin liittyvien hyötyjen lisäksi yksi merkittävä nanoteknologian hyöty liittyy kasveihin. Fu, Wang, Dhankher ja Xing (2020) nimittäin toteavat, että nanoteknologian avulla on mahdollista torjua viljelykasvien tauteja ja lisätä maataloustuotantoa. Nanoteknologian käyttö on muihin kasvitautien torjuntakeinoihin verrattuna tehokkaampi, ja se vaatii vähemmän tuotantopanoksia, eikä se ole kovin myrkyllinen keino (Fu ym., 2020). Fun ym. (2020) mukaan nanomateriaalit voivat toimia kemiallisina aineina, kasvien synnynäistä immunitettia lisäävinä aineina eli biostimulantteina ja esimerkiksi torjunta-aineiden kantajina kasvipatogeenien (kasvitautien aiheuttajat) tukahduttamiseksi. Laajimmin tutkittuja antimikrobisina aineina käytettyjä nanomateriaaleja ovat esimerkiksi hopean (Ag), kuparin (Cu) ja sinkin (Zn) eli tiettyjen metallien nanohiukkaset (Baker ym., 2017, Fun ym., 2020 mukaan). Lisäksi taudinaiheuttajaepidemioita voidaan muun muassa sensoreiden avulla ennustaa ja diagnosoida helpommin, mikä on tärkeää kasvitautien torjunnan kannalta (Elmer & White, 2018, Fun ym., 2020 mukaan). Fun ym. (2020) mukaan Hao ym. (2018) väittävät, että sopiva määrä nanomateriaaleja myös parantaa kasvien kasvua.

Edellisessä kappaleessa mainittuihin asioihin liittyen bioteknologian merkittävin hyöty puolestaan on se, että sen avulla voidaan muokata erilaisten organismien genejä paremmiksi. Tämä on huomattavissa esimerkiksi Juman, Mweun, Ngugin ja Mbindan (2021) kirjallisuuskatsauksesta, joka käsittelee kasvien geenien muokkaamista. Juman ym. (2021) mukaan on olemassa geeninmuokkaustyökalu nimeltä CRISPR/Cas9 (Clustered Regular Interspaced Short Palindromic Repeats/CRISPR-associated protein 9, suom. klusteroidut säännölliset lyhyet palindromiset toistot/CRISPR:ään liittyvä proteiini 9, eräs CRISPR/Cas-väline, injektio), ja kyseisellä välineellä voidaan muuttaa minkä tahansa organismin perimää haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. CRISPR/Cas-välineellä, joka on nykyään yleisin käytetty väline geenien muokkaamisessa, on mahdollista kehittää muun muassa uusia

viljelykasvilajikkeita (Juma ym., 2021). Lisäksi CRISPR:n avulla voidaan siis muuttaa myös ihmisen geenejä (Jinek ym., 2012; Doudna & Charpentier, 2014, Juman ym., 2021 mukaan).

CRISPR/Cas-menetelmien käyttöön on olemassa omat syynsä. Juman ym. (2021) mukaan tätä menetelmää on nimittäin sovellettu viljelykasveihin elintarvikkeiden saatavuuden parantamiseksi, sillä maailman väestönkasvu aiheuttaa elintarvikepulaa, mikä lisää ruoan kysyntää. CRISPR/Cas9-menetelmää käytetäänkin todennäköisesti laajalti viljelykasvien suorituskyvyn ja elintarviketurvan parantamiseen lähitulevaisuudessa (Juma ym., 2021). Juman ym. (2021) mukaan tätä muokkausmenetelmää saatetaan käyttää esimerkiksi maniokin (kasvi) sadon lisäämiseen sekä maniokin laadun, lehtien ja juurten syanogeenisten glykosidien (syanohydriini eli hydroksynitriili R₂C(CN)(OH)) pitoisuuden parantamiseen. He toteavat, että tarkoitus on myös parantaa kyseisen kasvin bioottisen (elollisen tekijän aiheuttama) ja abioottisen (elottoman tekijän aiheuttama) stressin sietokykyä ja muita ominaisuuksia. Geenimuokkausmenetelmällä on pyritty kehittämään tauteja kestäviä lajikkeita (Juma ym., 2021). Kun vastaavasti kyseistä menetelmää käytetään ihmisen geenien muokkaamiseen, ihmiset voivat päästä eroon perinnöllisistä sairauksistaan ja parantaa ominaisuuksiaan (Heidari, Shaw & Elger, 2016).

Geenien muuttamiseksi CRISPR/Cas9-menetelmässä käytetään CRISPR-assosioituneita 9-proteiineja (DNA:n toimintaa muokkaava proteiini), opas-RNA:ta (molekyyli) koodaavaa CRISPR RNA (crRNA) -sarjaa (molekyyli), crRNA:n prosessoinnissa auttavaa transaktivoituvaa (hormonistimuluksen geenien aktivoituminen) crRNA:ta (tracrRNA) (molekyyli) ja ribonukleaasi III:ta (RNAasi III) (entsyymi) (Juma ym., 2021). Kun taas on kyse nimenomaan kasvien geenien muokkaamisesta, Juman ym. (2021) mukaan Hui-Li ym. (2014) ja McFarlane ym. (2018) kertovat, että CRISPR/Cas-DNA siirretään vastaanottajasoluihin (hermoviestin vastaanottaja) *Agrobacterium*-välitteisen transformaation (geenisiirto) tai hiukkaspommituksen avulla. Kun valitaan merkkigeeni (geeninsiirron yhteydessä kohdegeenin kanssa siirrettävä geeni), kasvin genomiin (perimä) integroituu DNA, joka ilmentyy genomien muokkauksen aikaansaamiseksi (Hui-Li ym., 2014; McFarlane ym., 2018, Juman ym., 2021 mukaan).

Bioteknologiaa on kuitenkin mahdollista käyttää myös muihin tarkoituksiin kuin geenien muuttamiseen. Esimerkiksi Rezaei (2020) mukaan lääketieteellisen bioteknologian avulla voitaisiin kehittää farmaseuttisia ja diagnostisia tuotteita. Näitä tuotteita olisi tarkoitus käyttää koronavirusten, kuten COVID-19-viruksen torjunnassa, ja lääketieteellisen bioteknologian kehittäminen kyseisten tuotteiden tuottamiseksi edellyttää tiivistä yhteistyötä muiden tieteenalojen kanssa (Rezaei, 2020). Kaikkiaan voidaankin todeta, että bioteknologian käytöllä on mahdollista edistää esimerkiksi terveyttä.

Edellä mainittujen teknologioiden hyvien puolten lisäksi edellisessä alaluvussa mainittuun kognitiotieteeseenkin perustuviin uusiin teknologioihin liittyy tutkimusten perusteella merkittäviä hyötyjä. Nämä hyödyt liittyvät ihmisiin sekä yrityksiin ja tiettyihin muihin järjestelmiin. Kognitiivisten teknologioiden avulla voidaan muun muassa parantaa tai lisätä ihmisen tietoisuutta, ajattelua ja luovuutta (Bainbridge, 2006). Lisäksi kognitiiviset järjestelmät oppivat, mallintavat ja tuottavat hypoteeseja (alkuoletus), toisin kuin muut informaatioteknologiset järjestelmät (Hurwitz ym., 2015, s. 1–37, Kayan ym., 2019 mukaan). Kognitiivisilla teknologioilla, kuten roboteilla, myös automatisoidaan rutiininomaisia manuaalisesti toteutettavia ja standardoituja (vakioitu) yritysten toimintoja (Kaya ym., 2019).

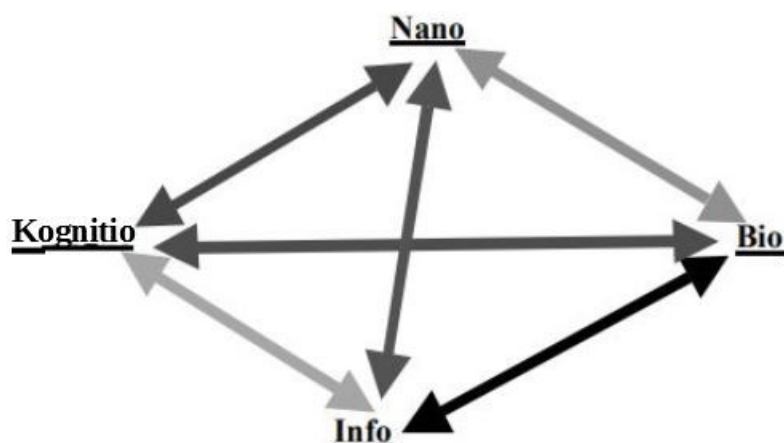
Yksi esimerkki kognitiivisten teknologioiden hyödyllisyydestä on myös se, että kognitiivisia radioteknologioita voidaan integroida pienitehoisiin laajakaistaverkkoihin eli LPWAN-verkkoihin (low power wide area network - verkot) (Onumanyi, Abu-Mahfouz & Hancke, 2020). Tämä integrointi vähentää verkkojen häiriöitä, lisää tiedonsiirtonopeutta ja mahdollistaa suurempien tietomäärien siirtämisen, jolloin verkkojen ruuhkautuminen vähenee (Onumanyi ym., 2020). Kognitiivisilla radioteknologioilla tarkoitetaan radioita tai järjestelmiä, jotka havaitsevat sähkömagneettisen toimintaympäristönsä ja voivat itsenäisesti ja dynaamisesti säätää radiotoimintaparametrejaan järjestelmän toiminnan muuttamiseksi, jotta esimerkiksi sen häiriöt lieventyisivät (Yucek & Arslan, 2009, Onumanyin ym., 2020 mukaan).

Lisäksi kognitiotieteeseen perustuvien teknologioiden sekä aiemmin käsiteltyjen nano- ja bioteknologian yhtäaikaiseen käyttöön liittyy paljon merkittäviä etuja. Tämä on huomattavissa esimerkiksi siitä, että Rocon ja Bainbridgen (2002) mukaan teknologioiden lähentyminen voi parantaa ihmisten suorituskykyä ja kansakunnan tuottavuutta. Muun muassa bio- ja nanoteknologian yhdistämisen ansiosta on mahdollista käsitellä viljelykasveja uusilla tavoilla, mikä lisää ravinneseosten ja torjunta-aineiden tehokkuutta (Roco & Bainbridge, 2002). Nano- ja bioteknologian lähentyminen kognitiotieteen kanssa voisi puolestaan mahdollistaa käyttäjän mielialojen mukaan muuttuvan ja ihmisen tunneilmaisuuskykyä lisäävän uudenlaisen kosmetiikan tuottamisen (Roco & Bainbridge, 2002).

4 INFORMAATIOTEKNOLOGIAN SUHDE NANO- JA BIOTEKNOLOGIAAN SEKÄ KOGNITIOTIETEeseen PERUSTUVIIN UUSIIN TEKNOLOGIOIHIN

Luvun alussa määritellään lyhyesti nano-, bio- ja informaatioteknologian sekä kognitiotieteen konvergenssi ja käsitellään nykyisiä ja tulevia sellaisia teknologisia innovaatioita, joihin kuuluu informaatioteknologia. Luvussa siis vastataan tutkimuskysymykseen: ”Kuinka informaatioteknologiaa hyödynnetään nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien uusien teknologioiden käytössä?”.

Nano-, bio- ja informaatioteknologian sekä kognitiotieteen yhteinen lyhenne on NBIC (engl. nano-bio-info-cogno) (Roco & Bainbridge, 2002). Roco ja Bainbridgen (2002) mukaan näiden neljän tekijän konvergenssi eli NBIC-konvergenssi tarkoittaa nano-, bio- ja informaatioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien uusien teknologioiden yhdistelyä (kuvio 1). Näistä teknologioista on mahdollista yhdistää kahta, kolmea tai neljää keskenään.



KUVIO 1 NBIC-tetraedri (Roco & Bainbridge, 2002, s. 2)

Roco ja Bainbridge (2002) väittävät, että kyseisen konvergenssin avulla voidaan luoda uusia tieteellisiä menetelmiä, teknisiä paradigmoja ja teollisuustuotteita, jotka parantavat jopa ihmisen henkisiä ja vuorovaikutuksellisia taitoja, lisäävät kestävästä kehitystä ja esimerkiksi lieventävät ikääntyneiden ruumiillista ja kognitiivista heikkenemistä.

Edellä mainituista teknologioista enintään neljää voidaan siis yhdistää toisiinsa, ja usein näissä yhdistelmissä yhtenä osana on informaatioteknologia, jonka käyttöön liittyy moninaisia mahdollisuuksia. Eräänä esimerkkinä näistä neljän teknologian yhdistämiseen liittyvistä mahdollisuuksista on se, että informaatioteknologian entistä intensiivisempi käyttö nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteen yhteydessä, voisi Rocon ja Bainbridgen (2002) teoksessaan mainitseman National Research Councilin (1998) mukaan mahdollistaa erilaisten tuotteiden valmistusprosessien ja tuotelinjojen erittäin nopean uudelleenjärjestelyn ja lisäksi vähentää jäte- ja saastekustannuksia.

Lisäksi Roco ja Bainbridge (2016) toteavat, että Rocon ym. (2013) mukaan nano-, bio- ja informaatioteknologian sekä kognitiotieteen kehittymisen ansiosta seuraavien 20 vuoden aikana kehitetään ihmisen kaltaisia älykkäitä robotteja, taskukokoisia supertietokoneita sekä älypuhelimia, joissa on reaaliaikainen kielenkääntötoiminto. Rocon ja Bainbridgen (2016) mainitsemat Roco ym. (2013) eivät olekaan olleet täysin väärässä, sillä jo nykyään on olemassa esimerkiksi robotteja sekä reaaliaikaisella kielenkääntötoiminnolla varustettuja puhelimia. Muun muassa Kaya ym. (2019) mainitsevat tekstissään, kuinka nykyään robotit tekevät ihmisten töitä, ja esimerkiksi Bulchand-Gidumalin (2020) mukaan on olemassa erilaisia kielenkääntösovelluksia.

Nano-, bio- ja informaatioteknologian sekä kognitiotieteen konvergenssin avulla voidaan myös tehdä ihmisen itsensä suorituskykyyn liittyviä sovelluksia. Ihmisen suorituskykyä parantavat sovellukset voivat sisältää nanoteknologiaa yhdistettynä bio- ja informaatioteknologiaan sekä ihmisen kognitiota koskevaan

tietoon (Roco & Bainbridge, 2016). Rocon ja Bainbridgen (2016) tutkielman mukaan näiden ja muidenkin teknologioiden lähentyminen muuttaa ihmisen kykyjä tulevaisuudessa, ja näihin sovelluksiin sisältyy robotiikan edistymistä ja luvussa 3.2 mainittuja geneettisiä parannusmahdollisuuksia. Haasteena tällaisessa kehityksessä on kuitenkin vielä se, kuinka kalliita sovelluksista tulee eli ovatko ne vain varakkaiden saatavilla (Gorman ym., 2013, Rocon & Bainbridgen, 2016 mukaan), jolloin niitä eivät välttämättä pahimmassa tapauksessa saisi kaikki, jotka niitä tarvitsisivat.

Neljän eri teknologian avulla on myös mahdollista valmistaa terveyttä optimoivia hyödykkeitä. On nimittäin olemassa terveyttä edistäviä tekniikoita, jotka ovat esimerkkejä bio- ja informaatioteknologian yhdistämisestä kognitiotieteen periaatteisiin ja nanoteknologiaan (Roco & Bainbridge, 2002). Esimerkki tällaisesta tekniikasta on biofeedback-tekniikka, jossa sensoreiden avulla mitataan kehon fysiologisia toimintoja, ja tarkoituksena on, että ihminen voi korjata itse näitä toimintoja haluamallaan tavalla nähtyään ne tietokoneen näytöllä (Roco & Bainbridge, 2002). Roco ja Bainbridge (2002) toteavat, että tällainen yhdistelmä voi antaa tutkijoille mahdollisuuden tutkia, missä määrin fysiologista itsesäätelyä voidaan tarkentaa jopa molekyyalitasolle, mikä voi johtaa täysin uusien tehokkaiden terveyttä edistävien ja optimoivien teknologioiden keksimiseen. Heidän mukaansa tällaisia teknologioita olisivat pienet kehonsisäiset biofeedback-sensorit, joita muun muassa potilaat voisivat käyttää, ja joiden ansiosta lääkärit tai valvontatietokoneet voisivat hienosäätää esimerkiksi potilaan lääkityksen virtausnopeutta.

Lisäksi Rocon ja Bainbridgen (2002) mukaan informaatio-, nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteen lähentymisen pitäisi mahdollistaa psykiatristen teorioiden ja hoitojen systemaattisen arvioinnin sekä parhaiden hoitojen parantamisen. Bainbridgen (2007) mukaan teknologioiden konvergenssi lisääkin ihmisten hyvinvointia.

Kun on puolestaan kyse kolmen teknologian yhdistämisestä, informaatioteknologia mahdollistaa monien uusien kognitiivisten teknologioiden kehittämisen, ja bio- sekä nanoteknologia tukevat tarvittaessa tätä kehittämistä (Bainbridge, 2006, s. 203). Bainbridgen (2006, s. 203) mukaan esimerkkeihin kehitetyistä sovelluksista kuuluvat tekoälyllä varustetut henkilökohtaiset neuvonantajat ja dynaamiset elinkaaritietojen säilytysjärjestelmät. Informaatiotieteen ja informaatioteknologian avulla syntyy myös tietokantoja (bioinformatiikkaa, nanoinformatiikkaa ym. sisältäviä), uusia välineitä ihmisten väliseen kommunikointiin ja tekoälyä, joka täydentää omaa mieltämme (Bainbridge, 2006, s. 204).

Yksi esimerkki kolmen teknologian yhdistämisestä ja informaatioteknologian merkityksestä muille teknologioille on myös se, kuinka sekä nanoteknologiaan perustuvaa tietotekniikkaa että bioteknologialla tuotettuja uusia materiaaleja yhdistämällä voitaisiin valmistaa lämpötilojen ja

sääolosuhteiden perusteella mukautuvia niin sanottuja älyvaatteita (Roco & Bainbridge, 2002). Roco ja Bainbridge (2002) myös pohtivat, että voisi olla mahdollista, että tällaisten vaatteiden tekstuurit ja värit mukautuisivat käyttäjänsä toimintaan ja sosiaaliseen ympäristöön.

Lisäksi joissain tapauksissa riittää, että yhdistellään vain kahta teknologiaa kolmen tai neljän sijaan. Esimerkkinä tästä on se, kuinka ainoastaan nano- ja informaatioteknologiaakin hyödyntämällä voidaan mahdollistaa älyvaatteiden käyttö (Roco & Bainbridge, 2002). Nano- ja informaatioteknologian avulla on mahdollista tallentaa dataa tietynlaisten puettavien ja kannettavien tietokoneiden kautta käytettäville siruille, ja dataa voidaan jopa syöttää vaatteiden sisään kudottuihin älykankaisiin (Roco & Bainbridge, 2002). Tähän liittyvät kenties Bainbridgen (2007) mainitsevat nanokokoluokan komponentit, joita informaatioteknologiset laitteet sisältävät.

Toinen esimerkki kahden teknologian yhdistämisestä on Rocon ja Bainbridgen (2002) mukaan se, kuinka informaatioteknologian ja kognitiotieteen avulla voitaisiin puolestaan luoda yhteiskuntaan kattava hätätilannearkkitehtuuri. Kyseinen järjestelmä voisi vaikuttaa paljon siihen, kuinka hyvin yhteiskunta reagoi hätätilanteisiin ja minimoi uhrien määrää (Roco & Bainbridge, 2002).

Kolmas esimerkki taas liittyy bio- ja informaatioteknologiaan siinä mielessä, että Baxevaniksen, Baderin ja Wishartin (2020) mukaan on olemassa bioinformatiikan työkaluja ja tietokantoja, joihin esimerkiksi tallennetaan genomitietoa. Näitä käytetään genomien ja proteiinien analysoinnissa (Baxevanis ym., 2020). Taulukossa 1 esitetään vielä lyhyesti, millä edellä mainituilla teknologioiden yhdistelmillä saadaan aikaan mitäkin innovaatioita.

TAULUKKO 1 Informaatioteknologiaa sisältäviä NBIC-innovaatioita

Yhdistelmä	Innovaatiot	Lähteet
NI	Älyvaatteet	(Roco & Bainbridge, 2002)
BI	Bioinformatiikan työkalut ja tietokannat	(Baxevanis ym., 2020)
CI	Hätätilannearkkitehtuuri	(Roco & Bainbridge, 2002)
NBIC	<p>Tuotteiden valmistusprosessien ja tuotelinjojen erittäin nopea uudelleenjärjestely, jäte- ja saastekustannusten vähentäminen</p> <p>Robotit, taskukokoiset supertietokoneet, reaaliaikainen kielenkääntötoiminto</p> <p>Ihmisen suorituskykyä optimoivat sovellukset, kuten robotiikka ja geneettinen parantelu</p> <p>Ihmisen terveyttä optimoivat tekniikat, kuten biofeedback</p> <p>Psykiatristen teorioiden ja hoitojen systemaattinen arviointi sekä parhaiden hoitojen parantaminen</p>	<p>(National Research Council, 1998, Rocon & Bainbridgen, 2002 mukaan)</p> <p>(Roco ym., 2013, Rocon & Bainbridgen, 2016 mukaan)</p> <p>(Roco & Bainbridge, 2016)</p> <p>(Roco & Bainbridge, 2002)</p> <p>(Roco & Bainbridge, 2002)</p>
NBI	<p>Tekoälyllä varustetut henkilökohtaiset neuvonantajat, dynaamiset elinkaaritietojen säilytysjärjestelmät, tietokannat, uudet välineet ihmisten väliseen kommunikointiin, tekoäly</p> <p>Älyvaatteet</p>	<p>(Bainbridge, 2006, s. 203–204)</p> <p>(Roco & Bainbridge, 2002)</p>
NIC	Merkittäviä hyötyjä tai innovaatioita ei löydetty	-
BIC	Merkittäviä hyötyjä tai innovaatioita ei löydetty	-

5 YHTEENVETO

Tutkimuksen aihealueeseen kuuluivat nano-, bio- ja informaatioteknologia (IT) sekä kognitiotieteeseen perustuvat uudet teknologiat, ja kyseisten teknologioiden yhteinen lyhenne on NBIC. Tutkimuksen aiheena oli se, kuinka informaatioteknologian käyttö liittyy muiden merkittävien teknologioiden eli lähteiden perusteella nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien teknologioiden käyttöön. Tutkimuksen tavoitteena oli vastata yhteen tutkimuskysymykseen: ”Kuinka informaatioteknologiaa hyödynnetään nano- ja bioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien uusien teknologioiden käytössä?”. Tutkimukselle oli tarvetta, koska usein informaatioteknologia yhdistetään muihin asioihin kuin toisiin teknologioihin.

Tutkimusmenetelmiin kuului tiedon hakeminen lähdekirjallisuudesta, joka käsittelee aiempia aiheeseen liittyviä tutkimuksia eli tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Lähdekirjallisuutta etsittiin Google Scholarista ja Jykdok-tietokannasta englanninkielisillä hakusanoilla. Tutkimuksessa käytettyyn kirjallisuuteen kuului kirjallisuuskatsauksia, tieteellisiä artikkeleita ja kirjoja, joita luettiin ja analysoitiin, minkä jälkeen niistä tehtiin synteisiä eli lähteitä yhdisteltiin. Aineiston käsittelyyn kuului myös lähteiden vertailua ja arviointia. Lähteistä etsittiin määritelmiä keskeisille käsitteille ja vastaus tutkimuskysymykseen, ja löydetyistä lähteistä pyrittiin etsimään konkreettisimmat esimerkit tutkimusaiheesta. Tällöin lähteitä valikoitiin esimerkkien perusteella.

Tutkimuksessa pyrittiin löytämään uusia lähteitä. Toisaalta jopa joissain vähän yli 20 vuotta vanhoissa lähteissä on sellaista tietoa, joka pitää paikkansa nykyäänkin. Tämän voi huomata siitä, että tiettyjen aiemmin kehitettyjen asioiden olemassaolo mahdollistaa tiettyjen uusimpien asioiden olemassaolon. Esimerkiksi joissain uudemmissa lähteissä käsitellään useampia vuosia sitten tehtyjen keksintöjen nykyistä käyttöä.

Tutkimuksessa päädyttiin siihen tulokseen, että informaatioteknologia kuuluu useisiin nano- ja bioteknologian sekä kognitiivisten teknologioiden

yhdistelmiin, joista on erilaisia hyötyjä yksilöille ja yhteisöille. On olemassa innovaatioita, joilla on jotain tekemistä useamman teknologian kanssa, ja informaatioteknologian ja muiden teknologioiden liittymiseen toisiinsa sisältyy paljon mahdollisuuksia ja innovaatioita. Lähteiden perusteella tuloksia voitiin luokitella esimerkiksi suoraan tuotteisiin ja ihmisiin kohdistuviin hyötyihin. Teknologioiden avulla voidaan parantaa prosesseja, tuotteita ja ihmisiä sekä luoda uusia teknologioita ja järjestelmiä. Tuloksia esiteltiin tarkemmin ja tiivistetysti neljännen luvun taulukossa 1., ja luvusta neljä löytyi myös teknologioiden konvergenssia havainnollistava kuvio 1. Informaatioteknologiaa on mahdollista yhdistää yhteen, kahteen tai kolmeen muuhun edellä mainittuun NBIC-teknologiaan.

Tuloksista tehtiin se johtopäätös, että informaatioteknologia yhdistettynä muihin teknologioihin voi tehdä jopa mahdottomista asioista mahdollisia. Tuloksista voitiin tehdä myös se johtopäätös, että tässä laajassa aiheessa on vielä tutkittavaa.

Jatkossa aiheesta voitaisiin tehdä yksityiskohtaisempia katsauksia, joissa määriteltäisiin enemmän harvinaisempia käsitteitä. Lisäksi voitaisiin tutkia enemmän ainakin kolmen teknologian yhdistelmiä, eli ensinnäkin tutkittaisiin, mitä hyötyä on informaatio- ja nanoteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien teknologioiden yhdistämisestä. Toinen jatkotutkimusaiheisiin kuuluva kolmen teknologian yhdistelmä on informaatio- ja bioteknologian sekä kognitiotieteeseen perustuvien teknologioiden yhdistelmä. Nämä yhdistelmät mainittiin neljännen luvun taulukossa 1.

LÄHTEET

- Adeyeye, S. A. O. (2019). Food packaging and nanotechnology: safeguarding consumer health and safety. *Nutrition & Food Science*, Vol. 49 No. 6, 1164–1179. Emerald Publishing Limited.
- Atkinson, R. D. & McKay, A. S. (2007). *Digital Prosperity: Understanding the Economic Benefits of the Information Technology Revolution*. The Information Technology & Innovation Foundation ITIF.
- Bainbridge, W. S. (2006). Cognitive Technologies. Teoksessa W. S. Bainbridge & M. C. Roco (toim.), *Managing nano-bio-info-cogno innovations*. Springer, Dordrecht, 203–226. Haettu osoitteesta https://doi.org/10.1007/1-4020-4107-1_14.
- Bainbridge, W. S. (2007). *Nanoconvergence: The Unity of Nanoscience, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Prentice Hall.
- Baxevanis, A. D, Bader, G. D. & Wishart, D. S. (2020). *Bioinformatics: A Practical Guide to the Analysis of Genes and Proteins*. Wiley.
- Brynjolfsson, E. & Hitt, L. M. (2000). Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 14 No. 4, 23– 48.
- Bulchand-Gidumal, J. (2020). Impact of Artificial Intelligence in Travel, Tourism, and Hospitality. Teoksessa Z. Xiang, M. Fuchs, U. Gretzel & W. Höpken (toim.), *Handbook of e-Tourism* (1–20). Springer, Cham. Haettu osoitteesta https://doi.org/10.1007/978-3-030-05324-6_110-1.
- Carroll, L. S. L. (2017). A Comprehensive Definition of Technology from an Ethological Perspective. *Social sciences*.
- de Barros, A. B., Ishikiriyama, C. S., Peres, R. C. & Gomes, C. F. S. (2015). Processes and Benefits of the Application of Information Technology in Supply Chain Management: An Analysis of the Literature. *Procedia Computer Science* Vol. 55, 698–705.
- Dhote, T. P. (2021). Review of Consumer Engagement and Digital Entertainment on Over the Top Platforms. Teoksessa S. Das & S. Gochhait (toim.), *Digital Entertainment*. Palgrave Macmillan, Singapore. Haettu osoitteesta https://doi.org/10.1007/978-981-15-9724-4_2.
- Dikmen, M. E. (2021). The psychological benefits and challenges of using information technology in sports training and performance. *Journal of Sport Psychology*, Vol. 30 No. 4, 233–242.
- Fu, L., Wang, Z., Dhankher, O. P. & Xing, B. (2020). Nanotechnology as a new sustainable approach for controlling crop diseases and increasing

- agricultural production. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 71 No. 2, 507–519.
- Heidari, R., Shaw, D. M. & Elger, B. S. (2016). CRISPR and the Rebirth of Synthetic Biology. *Sci Eng Ethics* 23, 351–363. Haettu osoitteesta <https://doi.org/10.1007/s11948-016-9768-z>.
- Juma, B. S., Mweu, C., M., Ngugi, M. P. & Mbinda W. (2021). CRISPR/Cas genome editing: A frontier for transforming precision cassava breeding. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 20 No. 6, 237–250.
- Kamarulzaman, N. A, Lee, K. E, Siow, K. S. & Mokhtar, M. (2020). Public benefit and risk perceptions of nanotechnology development: Psychological and sociological aspects. Vol. 62. *Technology in Society*.
- Kaya, C. T., Turkyilmaz, M. & Birol, B. (2019). Impact of RPA Technologies on Accounting Systems. *The Journal of Accounting and Finance- April*, (82), 235–250.
- Kuzior, A & Kwilinski, A. (2022). Cognitive Technologies and Artificial Intelligence in Social Perception. *Teoksessa Management Systems in Production Engineering*, Vol. 30 No. 2, 109–115.
- Lahlou, S. (2008). Cognitive technologies, social science and the three-layered leopardskin of change. *Social science information*, Vol. 47 No. 3, 227–251.
- Liikkanen, L. A. & Salovaara, A. (2015). Music on YouTube: User engagement with traditional, user-appropriated and derivative videos. *Computers in Human Behavior*, Vol. 50, 108–124.
- Ling, T. S., Chandrasegaran, S., Xuan, L. Z., Suan, T. L., Elaine, E., Nathan, D. V., Chai, Y. H., Gunasekaran, B. & Salvamani, S. (2021). The Potential Benefits of Nanotechnology in Treating Alzheimer’s Disease. *BioMed Research International*, 1–9.
- Nasrollahzadeh, M., Sajadi, S. M., Sajjadi, M. & Issaabadi, Z. (2019). Chapter 1 - An Introduction to Nanotechnology. *Interface Science and Technology*, Vol. 28, 1–27.
- National Research Council. (2003). *Beyond Productivity: Information Technology, Innovation, and Creativity*. Washington, DC: The National Academies Press. Haettu osoitteesta <https://doi.org/10.17226/10671>.
- Onn, C. V. & Sorooshian, S. (2013). Mini Literature Analysis on Information Technology Definition. *Information and Knowledge Management*. The International Institute for Science, Technology and Education (IISTE), Vol. 3 No. 2.
- Onumanyi, A. J., Abu-Mahfouz, A. M. & Hancke, G. P. (2020). Cognitive Radio in Low Power Wide Area Network for IoT Applications: Recent Approaches, Benefits and Challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 16 No. 12, 7489–7498.
- Rezaei, N. (2020). COVID-19 and Medical Biotechnology. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, Vol. 12 No. 3.

- Rieder, B., Borra, E., Coromina, Ò & Matamoros-Fernández, A. (2023). Making a Living in the Creator Economy: A Large-Scale Study of Linking on YouTube. *SageJournals, Social Media + Society*, Vol. 9 No. 2.
- Roco, M. C. & Bainbridge, W. S. (2002). *Converging Technologies for Improving Human Performance. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Springer Dordrecht.
- Roco, M. C. & Bainbridge, W. S. (2016). *Handbook of Science and Technology Convergence*. Springer, Cham. Haettu osoitteesta <https://doi.org/10.1007/978-3-319-07052-0>.
- Sakurai, M. & Murayama, Y. (2019). Information technologies and disaster management – Benefits and issues -. *Progress in Disaster Management*, Vol. 2.
- Walker, W. R. & Herrmann, D. J. (2005). *Cognitive Technology: Essays on the Transformation of Thought and Society*. Mc Farland & Company, Inc.