

Digitaalisista sairaaloista kognitiivisiin sairaaloihin



Editor: Pekka Neittaanmäki

Covers: Petri Vähäkainu ja Matti Savonen

Copyright © 2018

Petri Vähäkainu, Pekka Neittaanmäki ja Jyväskylän yliopisto

ISBN 978-951-39-7358-2 (verkkoj.)

ISSN 2323-5004

Jyväskylä 2018

Digitaalisista sairaaloista kognitiivisiin sairaaloihin

Petri Vähäkainu
Pekka Neittaanmäki

Tämä julkaisu on toteutettu osana Watson Health Cloud-hanketta, johon Jyväskylän yliopisto on saanut rahoituksen Business-Finlandilta.

Business Finland-hanke: Watson Health Cloud

KUVIOT

KUVIO 1. KEHITYSKULKU TEKOÄLYSTÄ SYVÄOPPIMISEEN.	4
KUVIO 2. TEKOÄLYN HYÖDYNTÄMISEN ALUEITA.	5
KUVIO 3. TURINGIN TESTI.	6
KUVIO 4. TEKOÄLYN JAKO SOVELLUSALUEISIIN JA NIIDEN KÄYTTÄMIÄ MENETELMIÄ.	6
KUVIO 5. HERMOSOLUN SEMANTIikka.	9
KUVIO 6. YKSINKERTAINEN KEINOTEKOINEN NEUROVERKKO.	10
KUVIO 7. ETEENPÄIN SYÖTTÄVÄ NEUROVERKKO.	11
KUVIO 8. TAKAISINKYTKETTY NEUROVERKKO.	11
KUVIO 9. KONVOLUUTIOVERKKOJEN TOIMINTA KUVANTUNNISTUKSESSA.	12
KUVIO 10. YKSINKERTAINEN PÄÄTÖSPUU.	14
KUVIO 11. ESIMERKKI BAYERS-VERKOSTA.	15
KUVIO 12. KONEOPPIMISEN SOVELLUSALUEITA ERI TEOLLISUUDENALOILLA.	15
KUVIO 13. SYVÄOPPIMISEN VS VANHEMPIEN TEKNOLOGIOIDEN SKAALAUTUVUUS.	17
KUVIO 14. DIGITAALINEN REAALIAIKAINEN POTILASINFORMAATION HYÖDYNTÄMINEN PAREMMAN HOIDON TARJOAMISEKSI.	19
KUVIO 15. DIGITAALINEN SAIRAALAYMPÄRISTÖ.	20
KUVIO 16. YLEISKUVA HUAWEIN ”ÄLYKÄS SAIRAALA”-RATKAISUSTA.	23
KUVIO 17. YLEISKUVA EMR-POHJAISESTA INTEGROIDUSTA INFORMAATIOALUSTA- RATKAISUSTA.	24
KUVIO 18. YLEISKUVA HUAWEIN SAIRAALAN TIETOVERKON TURVALLISUUSRATKAISUSTA.	25
KUVIO 19. HUAWEIN LANGATTOMAN THL-RATKAISUN SOVELLUS-SKENAARIOITA.	27
KUVIO 20. HUAWEIN LANGATTOMAN THL-RATKAISUN TIETOVERKON ARKKITEHTUURI.	27
KUVIO 21. PRIMÄÄRIN THL-INSTITUUTIOIDEN IT-RATKAISUN SOVELLUS-SKENAARIOITA.	29
KUVIO 22. PRIMÄÄRIN THL-INSTITUUTIOIDEN IT-RATKAISUN YLEISKUVA.	29
KUVIO 23. HUAWEIN ETÄTERVEYDENHOITORATKAISUN SOVELLUS-SKENAARIOITA.	31
KUVIO 24. YLEISKUVA HUAWEIN ETÄTERVEYDENHOITORATKAISUSTA.	32
KUVIO 25. YLEISKUVA HUAWEIN KROONISTEN SAIRAUKSIEN HALLINTARATKAISUSTA.	33
KUVIO 26. PARKLAND MEMORIAL-SAIRAALAN ÄLYSÄNKY.	38
KUVIO 27. HUONEKYLTTI, JOKA TUNNISTAA POTILAAN JA POTILAAN TILAN.	39
KUVIO 28. POTILAAN TILAN ILMOITTAVA NÄYTTÖ.	39
KUVIO 29. AUSTRALIALAISEN PAH-SAIRAALAN DIGITAALINEN POTILASTIETOJÄRJESTELMÄ (EMR).	41
KUVIO 30. TIETOKONETOMOGRFIALAITTEISTO (CT-SCAN) JA SISUSTUSELEMENTIT.	43
KUVIO 31. ARKKITEHTUURIKUVA HUAWEIN TERVEYSPILVIPALVELURATKAISUSTA.	45
KUVIO 32. AGFA ORBIS (HIS)-TIETOJÄRJESTELMÄN HYÖDYNTÄMISALUEITA.	47
KUVIO 33. WATSON PATHS-JÄRJESTELMÄN PÄÄTTELYKETJU GRAAFISESTI ESITETTYNÄ.	66
KUVIO 34. FUJITSUN AI-ZINRAI-TEKOÄLYJÄRJESTELMÄ.	74
KUVIO 35. FUJITSUN HIKARI-JÄRJESTELMÄN KENTTÄKOE HCSC-SAIRAALASSA.	75
KUVIO 36. FUJITSUN KLIINISEN PÄÄTÖKSENTEON HIKARI-TYÖKALU JA TYÖNKULUN SKENAARIO.	76

LYHENNELISTA

AI	Artificial Intelligence eli tekoäly
ALS	Amyotrophic Lateral Sclerosis eli motoneuronisairaus, joka rappeuttaa sekä ylempiä että alempia liikehermoja
AMA	American Medical Association on Amerikan lääkäriliitto
BI	Business Intelligence eli liiketoimintatiedon hallinta
BMI	Body Mass Index eli painoindeksi
CGM	Continuous Glucose Monitoring eli jatkuva glukoositasapainon monitorointi
CIS	Clinical Information System eli kliininen informaatiojärjestelmä
CPOE	Computerized Provider Order Entry eli tietokoneavusteinen tutkimusten ja toimenpiteiden järjestelmä
CT	Computer Tomography eli tietokonetomografiakuvaus kuvantamisessa
DCNN	Deep Convolutional Neural Network eli konvoluutiollinen syvä neuroverkko
EHR	Electronic Health Record eli digitaalinen potilaskertomusjärjestelmä
EKG	Elektrokardiografia eli sydänfilmi
EMR	Electronic Medical Record eli digitaalinen potilasjärjestelmä
EPM	Enterprise Performance Management eli yrityksen suorituskyvyn hallinta
ERP	Enterprise Resource System eli toiminnanohjausjärjestelmä
FDA	Food and Drug Administration eli Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto
GASB	Governmental Accounting Standards Board on lähde US GAAPin standardisoimisprosessissa
HCM	Human Capital Management eli inhimillisen pääoman hallinta
HIS	Hospital Information System eli sairaalan tietojärjestelmä
IaaS	Infrastructure as a Service tarkoittaa infrastruktureita palveluna asiakkaalle
IFRS	International Financial Reporting Standard eli kansainvälinen standardi tilinpäätösten julkaisuun
IDN	Integrated Delivery Network eli integroitu toimitusverkko (sairaalaympäristössä)
IoT	Internet of Things eli asioiden Internet
JASC	Judgement Correlation System eli korrelaatioiden arviointijärjestelmä
LIS	Laboratory Information System eli laboratorion tietojärjestelmä
mHealth	Mobile Health eli mobiili terveysteknologia
MRI	Magnetic Resonance Imaging eli magneettikuvaus
MRP	Material Requirements Planning eli materiaalivaatimusten suunnittelu
PDA	Personal Digital Assistant tarkoittaa kämmentietokonetta
PLM	Product Lifecycle Management eli tuotteen elinkaaren hallinta
RIS	Radiology Information System eli radiologian tietojärjestelmä
ROI	Return on Investment eli sijoitetun pääoman tuottoaste
SRNS	Steroid-resistant nephrotic syndrome eli steroidiresistentti nefroottinen syndrooma

TOGAF	The Open Group Architecture Framework tarkoittaa On The Open Group-säätiön kehittämää yritysarkkituurin viitekehystä
UI	User Interface eli käyttöliittymä
US GAAP	Generally Accepted Accounting Principles eli USA:ssa käytetty tilinpäätösstandardi
VPN	Virtual Private Network on virtuaalinen erillisverkko, jolla kaksi tai useampia yrityksen verkkoja voidaan yhdistää julkisen verkon yli muodostaen näennäisesti yksityisen verkon
WHO	World Health Organization eli maailman terveysjärjestö
WLAN	Wireless Local Area Network tarkoittaa langatonta lähiverkkotekniikkaa

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	1
1.1	Raportin rakenne	3
2	Tekoäly – koneoppimisesta syväoppimiseen	4
2.1	Tekoälyn määritelmä	5
2.2	Tekoälyn hyötyjä ja haittoja	7
2.3	Tekoäly ja oppiminen	7
2.3.1	Neuroverkot	8
2.3.2	Koneoppiminen	13
2.3.3	Syväoppiminen	16
3	Digitaaliset sairaalat ja teknologiat	18
3.1	Digitaalinen sairaala ja sen ominaisuudet	18
3.2	Digitaalisen sairaalan hyödyt	20
3.3	Esimerkkejä digitaalisista sairaaloista	21
3.3.1	Fletcher Allen Healthcare	21
3.3.2	Huawein älykkäät sairaalaratkaisut	22
3.3.3	Humber River Hospital	33
3.3.4	New Odense University Hospital	35
3.3.5	Parkland Health & Hospital System (Memorial)	37
3.3.6	Princess Alexandra Hospital	40
3.3.7	St Stephen’s Hospital	42
3.3.8	Suleiman AL-Habib	43
3.3.9	Shibei hospital Shanghai	44
3.4	Esimerkkejä digitaalisten sairaaloiden teknologioista	45
3.4.1	Agfa ORIBS (HIS) – Sairaalan tietojärjestelmäratkaisu	46
3.4.2	BGI Online-alusta ja Genome Analysis Tool Kit	50
3.4.3	Lenovo ja Oneview Healthcare Solution	50
3.4.4	Pilvipohjainen täsmälääketieteellinen alustarakaisu	51
3.4.5	ZTE eHealth	52
3.4.6	ZTE mHealth	53
4	Tekoälyä hyödyntävät kognitiiviset digitaaliset sairaalat	55
4.1	Mitä kognitiivinen tietojenkäsittely on?	55
4.2	Kognitiivisen digitaalisen sairaalan hyödyt	58

4.3	Esimerkkejä digitaalisista kognitiivisista sairaaloista	59
4.3.1	Alter Hey Cognitive Hospital	60
4.3.2	Boston Children’s hospital	61
4.3.3	Cleveland Clinic Lerner College of Medicine	64
4.3.4	Rhön-Klinikum Hospitals Group	67
4.3.5	Jupiter Medical Center	68
4.3.6	Manipal Hospital	69
4.3.7	Memorial-Sloan-Kettering Cancer Center (MSKCC)	71
4.3.8	San Carlos Clinical Hospital	72
4.3.9	Thomas Jefferson University Hospital	77
5	Yhteenveto	79
	Lähteet	81

1 Johdanto

Tämä raportti käsittelee digitaalista terveydenhuoltoa, johon osaltaan kuuluvat nykyään digitaaliset ja tekoälyä hyödyntävät kognitiiviset digitaaliset sairaalat. Raportissa määritellään lyhyesti, mitä tekoäly tarkoittaa, sen hyötyjä ja haittoja sekä tekoälyn oppimiskyvyn pohjalla olevia tärkeimpiä menetelmiä. Raportissa esitellään esimerkkejä digitaalisista ja tekoälyä hyödyntävistä kognitiivisista digitaalisista sairaaloista, niiden hyödyistä, ominaisuuksista ja mitä ne käsitteinä tarkoittavat. Tekoälyllä on yhä suurempi vaikutus sairauksien diagnosoimiseksi ja hoitosuunnitelmien tekemisen apuna, joten tämän alueen tutkiminen on hyvin relevanttia.

Digitaaliseen terveydenhuoltoon kuuluvat digitaaliset sairaalat ovat kustannustehokkaampia kuin aiemmat perinteiset sairaalat ja ne tähtäävät parempaan tarkkuuteen sekä suorituskykyyn hoitoprosesseissa ja myös sairauksien diagnosoinnissa. Digitaalinen sairaalaympäristö hyödyntää digitaalisia potilaskertomusjärjestelmiä (EHR), joka on yksi sen keskeisimpiä funktioita. Sairaala keskittyy tekemään potilaiden viihtyvyydestä mahdollisimman hyvän hyödyntäen uusinta teknologiaa ja innovatiivisia ratkaisuja. Digitaalinen sairaala voi hyödyntää aikaisen vaiheen diagnostiikkaa ja reaaliaikaista monitorointia, jolloin potilaan kotihoito voi jatkua pidempään. Kotihoidon tehostamisesta ja kotijaksojen pidentämisestä voi olla merkittävää hyötyä muun muassa muistisairauksista kärsiville, kuten alkuvaiheen Alzheimer-potilaille, joilla väliaikaiset sairaalajaksot, joita seuraa kotiin paluu, sekoittavat muistia ja aiheuttavat hämmennystä. Lisäksi yhteiskunta säästää suuria summia sillä, että senioriväestö kykenee asumaan kotona pidempään. Avohoito kotiloloissa on toimiva ratkaisu myös nuoremmillekin sukupolville ja kehittynyt terveysteknologia (esimerkiksi päälle puettavat lääketieteelliset sensorit, instrumentit ja muut laitteistot) ja uudet innovatiiviset ratkaisut voivat auttaa tässä prosessissa.

Tekoälyn hyödyntäminen digitaalisen terveyden ja sairaanhoidon alueella on vielä suhteellisen uusi innovaatio, tutkimustulosten ollessa varsin lupaavia. Tekoälyn avulla supertietokone voi käydä lävitse miljoonia lääketieteellisiä artikkeleita, materiaaleja ja muuta soveltuvaa dataa ja olla apuna sairauksien diagnosoivavaiheessa. Tekoälyn hyödyntämisestä onnistuneessa diagnosoinnissa on jo onnistunutta näyttöä, sillä tekoälyn avulla on onnistuttu diagnosoimaan syöpätapauksia, kuten leukemian diagnosointi, jota lääkärit eivät onnistuneet tunnistamaan. Tapauksessa Watson-supertietokoneeseen syötettiin 20 miljoonaa syöpätutkimukseen liittyvää artikkelia, jonka jälkeen diagnoosi valmistui 10 minuutissa aineiston läpikäynnin jälkeen (NG, 2016). Tämä on vain yksi esimerkki siitä, mihin tekoäly jo nykyiselläänkin pystyy ja mihin lääketieteen teknologian kehityksen suunta on menossa tulevaisuudessa.

Tässä raportissa tekoälyä on sisällytetty kognitiivisten digitaalisten sairaaloiden toimintoihin, jotka ovat alkaneet lisääntyä maailmalla suhteellisen nopeasti. Tutkimuksien mukaan

keskimääräinen ihminen generoi enemmän kuin yhden miljoonan gigatavun verran terveysdataa elämänsä aikana, joka vastaa noin 300 miljoonaa kirjaa. Tämän lisäksi terveysdatan määrän on ennakoitu tuplaantuvan aina kolmen vuoden välein ja vuoden 2020 jälkeen jopa jokaisen 73 päivän jälkeen. Todennäköistä on, että valtavassa määrässä dataa löytyy ratkaisuja maailman polttaviin terveysongelmiin, joiden ratkaisu voisi parantaa ihmisten elämänlaatua huomattavasti. Tähän eivät kuitenkaan ole riittäneet aiemmat toiminnot, järjestelmät ja sovellukset, vaan tarvitaan jotain enemmän. Tässä kognitiiviset alustat ja ratkaisut tulevat yhä oleellisimmiksi, sillä ne kykenevät tarjoamaan aivan uudenlaisia ratkaisumalleja ja lähestymistapoja terveydenhuollon sektorilla.

Kognitiivisten alustoilla on kyky seuloa valtavia määriä rakenteista ja ei-rakenteista dataa, jotka voivat olla numero-, teksti- audio-, video-, kuva-, sensori- tai muussa muodossa auttavat lääkäreitä ja tutkijoita löytämään korrelaatioita ja yhteyksiä. Uusien mallien ja oivalluksien tunnistaminen kiihdyttää sairauksien syiden löytämistä ja auttaa kehittämään oikeita hoito-ohjelmia tilanteen parantamiseksi. Kognitiiviset järjestelmät auttavat skaalamaan ja lisäämään ihmisten tietämystä tilanteessa, jossa informaation määrä ja sen kiihtyvyys lisääntyvät valtavalla, jopa räjähtävällä, vauhdilla. Tilanteeseen ovat kehittäneet kognitiivisia digitaalisia ratkaisuja suuret konsulttiyritykset, kuten IBM, joka on kehittänyt Watson-supertietokoneen, jolla on useita kognitiivisia kykyjä ongelmien ratkaisemiseksi.

Raportissa useat tekoälyä hyödyntävät kognitiiviset sairaalat hyödyntävätkin Watson-supertietokoneen kognitiivisia toimintoja, joiden avulla lääkärit kykenevät diagnosoimaan sairauksia ja tekemään hoitosuunnitelmia aiempaa paremmin. Kognitiiviset järjestelmät, kuten IBM Watson, kykenevät vuorovaikuttamaan ihmisten kanssa luonnollisemmin kuin aiemmat järjestelmät ja ne oppivat sekä rakentavat tietämystä sekä päättelyketjuja useisiin erilaisiin informaation lähteisiin pohjautuen. Ne eivät tarjoa määritteleviä vastauksia, mutta perustavat vastauksensa todennäköisyyteen tarjoamalla tietynlaisen luottamustason potentiaalisille oivalluksille ja vastauksille. Kognitiiviset järjestelmät punnitsevat informaatiota ja ideoita useista lähteistä, jotta ne voivat päätellä ja tarjota hypoteeseja. Niiden tarkoituksena on laajentaa, skaalata ja kiihdyttää ihmisten asiantuntemusta esimerkiksi terveydenhuollon sektorilla lääketieteen ammattilaisten keskuudessa.

Uudet digitaaliset teknologiat aina IoT-teknologioista kognitiiviseen tietojenkäsittelyyn ja kvanttilaskentaan asti tekevät datan hyödyntämisestä entistä helpompaa ja tehokkaampaa. Aiempien perinteisten terveydenhuollon sovelluksien ja digitaalisten alustojen sijaan on tärkeää soveltaa teknologiaa, joka kykenee ymmärtämään, päättelemään, oppimaan ja vuorovaikuttamaan ympärillä olevan maailman ja ihmisten kanssa, jolloin siitä hyötyvät niin terveydenhuollon ammattilaiset kuin potilaatkin parantuneiden terveydenhuollon palveluiden, kustannusten säästön, yleisen tyytyväisyyden ja uusien oivalluksien kautta.

1.1 Raportin rakenne

Luvussa 2 tarkastelun kohteena on tekoälyn kehityskaari aina koneoppimisesta syväoppimiseen saakka. Kyseisessä luvussa esitellään tekoälyn määritelmä ja tekoälyn hyötyjä sekä haittoja. Lisäksi luvussa käsitellään tekoälyä ja oppimista neuroverkkoihin, kone- ja syväoppimiseen pureutuen. Luku antaa yleiskäsityksen tekoälystä ja sen kehityksestä 50-luvulta aina nykypäivään saakka. Luvussa käsitellään myös tässä raportissa esiteltyjen terveydenhuollon ratkaisujen menetelmiä, kuten neuroverkot, jotka ovat usean tekoälyä hyödyntävän lääketieteellisen IT-ratkaisun taustalla.

Luvussa 3 tarkasteltavina kohteina ovat digitaaliset sairaalat. Luvussa määritellään lyhyesti, mitä digitaalinen sairaala tarkoittaa ja mitkä ovat sen ominaisuuspiirteet sekä hyödyt. Luvussa myös käydään lävitse esimerkein edistyneitä digitaalisia sairaaloita maailmalla ja niiden toimintaa, ominaisuuksia ja teknologiaa. Luku antaa yleiskäsityksen digitaalisten sairaaloiden nykytilasta ja tulevaisuudesta. Digitaaliset sairaalat ovat konsepti, johon liittyvät esimerkiksi IT-järjestelmät, päälle puettava teknologia ja tulevaisuudessa myös ennakoiva terveydenhuolto, tekoäly sekä kognitiivinen arviointi. Luvussa havainnollistetaan esimerkein myös digitaalisten sairaaloiden teknologioita maailmalla.

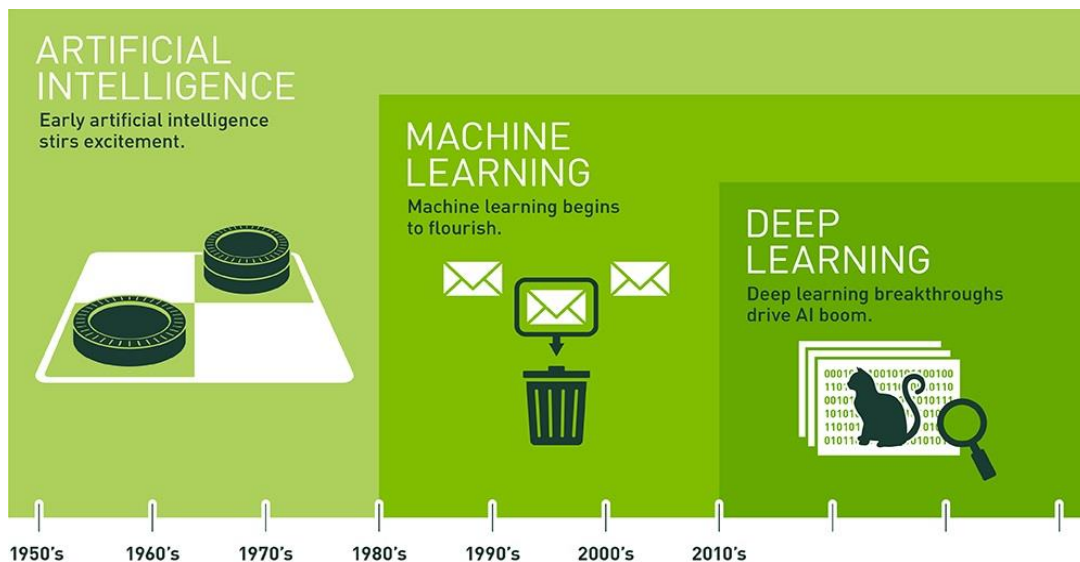
Luvussa 4 käsitellään digitaalisia sairaaloita, joissa tekoäly ja kognitiivinen oppimiskyky ovat tärkeässä osassa niiden toimintaa. Luvussa määritellään kognitiivisen tietojenkäsittelyn käsite ja missä sitä käytetään sekä mitä kognitiivinen tietojenkäsittely mahdollistaa ja mitä se hyödyttää yritysmaailmassa. Luvussa esitellään myös eri puolilla maailmaa sijaitsevia digitaalisia kognitiivisia sairaaloita, niiden yhteisprojekteja konsulttiyritysten (kuten IBM) kanssa diagnosointiratkaisuja ja sairauden hoitoja koskien jne.

Luku 5 on yhteenvetoluku, jossa koostetaan tekoälyn käsite, sen menetelmiä sekä hyötyjä, että haittoja. Lisäksi luvussa vedetään yhteen raportissa käsiteltyjä digitaaliset ja tekoälyä hyödyntävät kognitiiviset digitaaliset sairaalat. Kognitiivinen tietojenkäsittely on vasta viime aikoina noussut pinnalle teknologian kehittyessä ja terveydenhuollon sektori on yksi suurimmista potentiaalisista sovellusalueista kyseiselle teknologialle, jossa on odotettavissa suurta kasvua seuraavina vuosina.

2 Tekoäly – koneoppimisesta syväoppimiseen

Neuroverkoista tulee mieleen helposti ajatus, että ne ovat uusimpien tietoteknisten innovaatioiden joukossa, mutta niiden kehitys alkoi jo samaan aikaan kuin ensimmäiset tietokoneet eli 1950-luvulla. Tarve neuroverkkojen kehitykselle oli saada kielenkääntäminen automatisoitua, tosin merkittävää kehitystä kyseisellä alueella ei saatu aikaan, jolloin kehitys hidastui. Neuroverkkojen kehitys alkoi kukoistaa uudelleen 1980-luvulla, jolloin oli mahdollista saada uutta tietoa ihmisaivojen rakenteesta ja toiminnasta. Tämän lisäksi tietokoneiden suorituskyvyn nopea paraneminen on vaikuttanut neuroverkkojen kehitykseen positiivisella tavalla. (Bask ym., 1998)

Kuviosta 1 havainnollistuu tekoälyn kehityskulku, joka alkoi jo 50-luvulla. Tekoälyn termi on kyseisen aihealueen termeistä laajin, joka mahdollistaa tietokoneille matkia ihmisten älykkyyttä käyttämällä logiikkaa, jos-sitten (If-Then) -sääntöjä, päätöspuita, kone- ja syväoppimista. Koneoppiminen on tekoälyn osa-alue, joka käyttää tilastollisia teknologioita, jotka mahdollistavat koneiden oppivan kokemuksista. Kategoria sisältää myös syväoppimisen. Syväoppiminen on koneoppimisen osa-alue muodostuen algoritmeista, jotka mahdollistavat ohjelmiston itseoppimisen tehtävien suorittamiseksi, kuten puhe, kuvantunnistus jne. käyttämällä hyväksi neuroverkkoja suuren datamäärän käsittelemiseksi. (Parloff, 2016)



KUVIO 1. Kehityskulku tekoälystä syväoppimiseen. (Copeland, 2016)

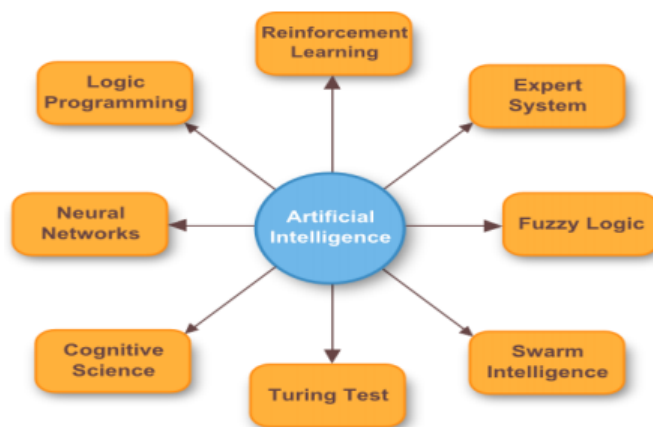
2.1 Tekoölyn määritelmä

Tekoöly voidaan määritellä keinotekoisena älykkyytenä, jonka avulla voidaan ratkaista monimutkaisia ongelmia kyseisen järjestelmän ollessa tietokone tai kone. Tekoöly on tietotekniikan ja fysiologisen älykkyyden yhdistelmä, joiden avulla voidaan laskennallisesti päästä tavoitteisiin. Älykkyys on kyky ajatella luomalla muistia ja ymmärrystä, tunnistamalla malleja, tekemällä muutokseen sopeutuvia valintoja ja oppimalla kokemuksista. Tekoöly voi saada koneet käyttäytymään, kuten ihmiset, ratkaisemaan asioita ihmismäisemmällä tavalla ja paljon vähemmällä ajalla, mitä ihmiset käyttäisivät jonkin tietyn asian ratkaisemiseen. (Borana, 2016)

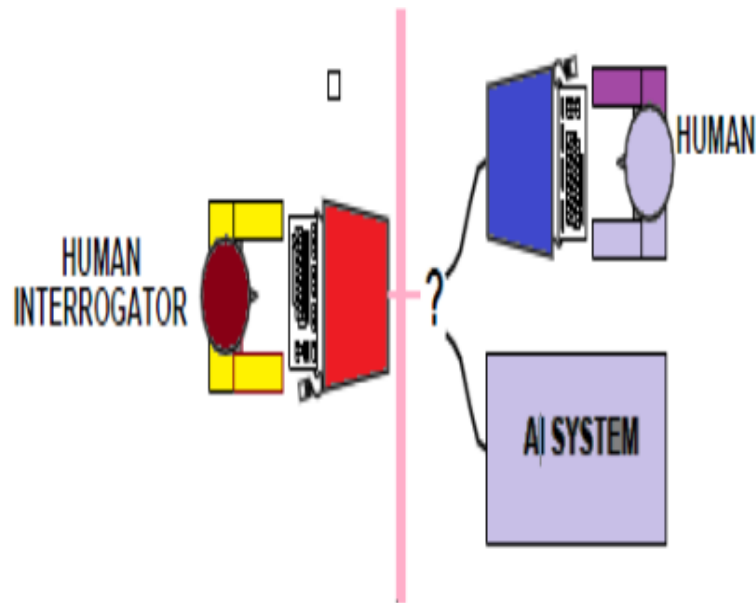
Tekoölyn juuret ovat pitkälti useilla eri tiedonaloilla, kuten:

- Biologia/neurotiede
- Filosofia
- Laskenta
- Logiikka
- Psykologia/kognitiotiede

Tekoölyä on sovellettu ja tullaan soveltamaan monella alueella (Kuvio 2), joista tämän raportin kannalta oleellisimpia ovat neuroverkot, sumea logiikka ja asiantuntijajärjestelmät. Tekoöly alkoi kehittyä Turingin koneesta (Kuvio 3), jolla mitattiin koneen kykyä älykkääseen käyttöön. Turingin koneen esitteli Alan Turing julkaisussaan: ”Computing Machinery and Intelligence”. Testin peruskysymyksenä on: ”Voivatko koneet ajatella?”. Testissä asetelmana on kuulusteleva ihminen ja toisella puolella tietokone ja toinen ihminen, joita kuulustelija ei voi nähdä. Keskustelu käydään luonnollisella kielellä ja mikäli kuulustelija ei voi luotettavasti todentaa, onko kuulusteltava ihminen vai kone, kone on läpäissyt testin. Testi tehdään tekstimuodossa, jotta puheesta ei voi päätellä, kummasta on kyse. (Borana, 2016)



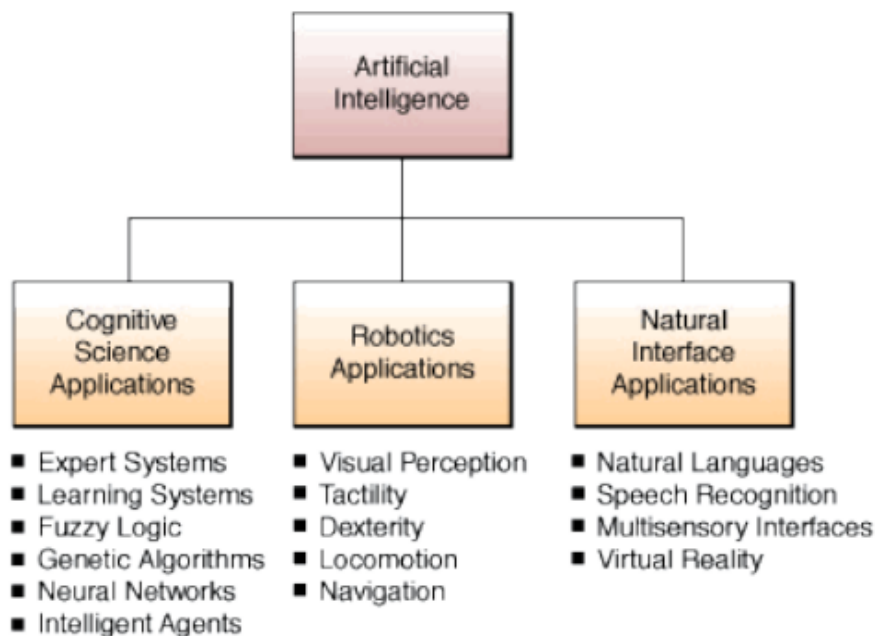
KUVIO 2. Tekoölyn hyödyntämisen alueita. (Borana, 2016)



KUVIO 3. Turingin testi. (Borana, 2016)

Tekoäly voidaan jakaa esimerkiksi seuraavalla tavalla sovellusalueisiin (Kuvio 4):

1. Kognitiivisen tieteen sovellukset, 2. Robottiikan sovellukset ja 3. Luonnollisen kielen sovellukset. Kuvio 4 havainnollistuu tekoälyn jako erilaisiin sovellusalueisiin ja sovellusalueen käyttämiä menetelmiä.



KUVIO 4. Tekoälyn jako sovellusalueisiin ja niiden käyttämiä menetelmiä. (Borana, 2016)

2.2 Tekoällyn hyötyjä ja haittoja

Tekoällyn hyötyjä (Borana, 2016):

- Tiedon jakaminen on helpompaa, sillä kun tekoäly on opetettu tietyn asian suhteen, se voidaan helposti kopioida, eikä ole tarpeen järjestää koulutuksia, kuten ihmisille
- Toisin kuin ihmiset, koneet eivät tarvitse unta ja voivat työskennellä silloinkin, kuin ihmiset ovat jo väsyneet
- Yksi tekoällyn parhaita hyötyjä on, että päätökset tehdään perustuen faktoihin, eikä tunteisiin, sillä tunnetusti tunteet vaikuttavat ihmisten tekemiin päätöksiin negatiivisella tavalla

Tekoällyn haittoja (Borana, 2016):

- Kykenemättömyys selittää tietyn päätöksen takana olevaa logiikkaa ja päättelyä
- Luovuuden puute vastauksissa
- Nykyinen kehitys on vielä sillä tasolla, että tekoäly ei kykene päättämään, milloin tiettyyn ongelmaan ei ole ratkaisua
- Terveen järjen puute päättelyssä voi johtaa suuriin ongelmiin
- Toimintakyvyn häiriöt voivat johtaa tilanteeseen, jolloin tekoäly tuottaa väärää ratkaisuja, sillä tekoäly ei kykene selittämään ratkaisuihin johtavaa päättelyä ko. tapauksessa
- Väärissä käsissä tekoäly voi aiheuttaa massiivisen mittakaavan ongelmia

2.3 Tekoäly ja oppiminen

Tekoäly on kulkenut pitkän tien aina Alan Turingin koneesta nykypäivän kognitiivisiin tekoälyä hyödyntäviin innovaatioihin saakka. Alan Turing aikoinaan alkoi kehittää teknologioita, kuten neuroverkot, jotka tekevät tekoällyn, jona sen nykyään tunnemme, mahdolliseksi. Tekoäly on laaja sateenvarjotermi, jonka tarkoituksena on saada tietokoneet ajattelemaan, kuten ihmiset ajattelevat ja simuloimaan asioita, joita ihmiset tekevät ja lopulta ratkaisemaan ongelmia paremmin ja nopeammin kuin ihmiset kykenevät ratkaisemaan. Tehtävätyypit voivat olla muun muassa luovia tehtäviä, suunnittelua, liikkumista, puhumista, objektien ja äänien tunnistamista, sosiaalisten ja liiketoiminnallisten transaktioiden suorittamista. (Buczowski, 2017)

Nykyään tekoäly on kaikkialla ympärillämme ja suuret yritykset, kuten Google käyttää koneoppimisen menetelmiä suodattaessaan roskapostia Gmail-palvelustaan. Facebook on opettanut tietokoneita tunnistamaan tiettyjä ihmisen kasvojen piirteitä lähes yhtä tarkasti kuin ihmiset tekevät. Netflix ja Amazon käyttävät syväoppimista tekemään päätöksiä, mitä asiakkaat haluavat katsoa tai ostavat seuraavaksi jne. Kone- ja syväoppimisen menetelmien hyödyntäminen tekoällyn kehittämiseksi on tuottanut lupaavia tuloksia ja niiden idea on

periaatteessa yksinkertainen. Traditionaalisen tietokoneiden ohjelmoinnin ja älykkääksi tekemisen yrittämisen sijasta tietokoneelle annetaan pääsy laajaan datamäärään ja ne ohjelmoidaan löytämään malleja sekä oppimaan itsenäisesti, miten vaadittu tehtävä suoritetaan. (Buczowski, 2017)

Lääketieteen alueella nykyisin lääkärit hyödyntävät tietokoneen tarjoamia neuvoja 2/3 tapauksista esimerkiksi selvittäessään vaihtoehtoisen lääkityksen riskejä potilaalle. Tietokoneet ovat erityisen hyviä jäsentelemään niin sanottua rakenteellista (Structured) dataa eli informaatiota, jota voidaan helposti sijoittaa kategorioihin. Terveystieteiden kentässä data on usein varastoitu laskutuskoodina tai laboratoriotestien tuloksina. Tämä data ei tosin kykene vangitsemaan potilaan kaikkia oireita tai niiden hoitomahdollisuuksia- ja suosituksia. Kuvat, radiologian raportit ja lääkärin muistiinpanot potilaista ovat käyttökelpoisempia, mutta ne ovat rakenteetonta (Unstructured) dataa, jollaista tietokoneet eivät niin hyvin osaa käsitellä, koska se vaatii päättelyjen tekemistä ja tietynlaista ymmärrystä kontekstista ja asian tarkoituksesta. Ihmiset ovat parempia rakenteettoman tiedon käsittelyssä kuin koneet, mutta tutkimusryhmät ja tiedemiehet koettavat opettaa koneet toimimaan paremmin myös rakenteettoman datan käsittelyssä. (Hernandez, 2014) Tähän prosessiin tarvitaan tässä luvussa esiteltyjä menetelmiä.

2.3.1 Neuroverkot

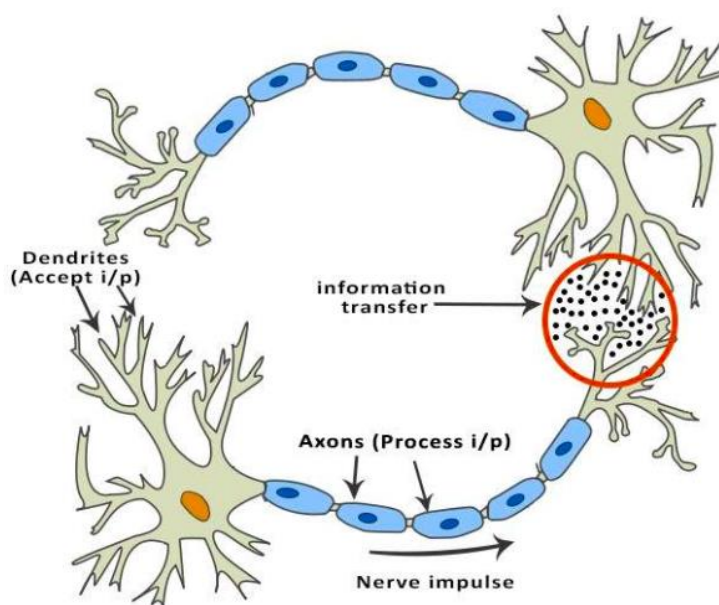
Keinotekoiset neuroverkot (Artificial Neural Networks eli ANN) ovat informaation prosessointiparadigma, jota inspiroivat biologiset hermojärjestelmät, kuten aivot. Paradigman avainelementtinä on informaation prosessoinnin järjestelmän uusi malli. Neuroverkot muodostuvat suuresta määrästä toisiinsa yhteen liittyneitä elementtejä (neuronit), jotka toimivat yhdessä tiettyjen määriteltyjen ongelmien ratkaisemiseksi. Keinotekoiset neuroverkot, kuten myös ihmiset, oppivat esimerkeistä. Neuroverkko on voitu esimerkiksi konfiguroida oppimisprosessin kautta jollekin tietylle sovellusalueelle, kuten mallien tunnistamiseen tai datan luokitteluun. Biologisten järjestelmien oppimiskyky on samankaltainen, sisältäen sovittelua neuronien välisiin synaptisiin yhteyksiin. (Stergiou ym.)

Ensimmäisen neuroverkkotietokoneen kehittäjä, Robert Hecht-Nielsen, määrittelee neuroverkot seuraavalla tavalla:

”Neuroverkot ovat tietotekninen järjestelmä, joka on rakentunut suuresta määrästä toisiinsa kiinteästi liittyneitä prosessointielementtejä, jotka prosessoivat informaatiota dynaamisen tilanvasteen kautta ulkoisille syötteelle”. (Bell, 2014, 91)

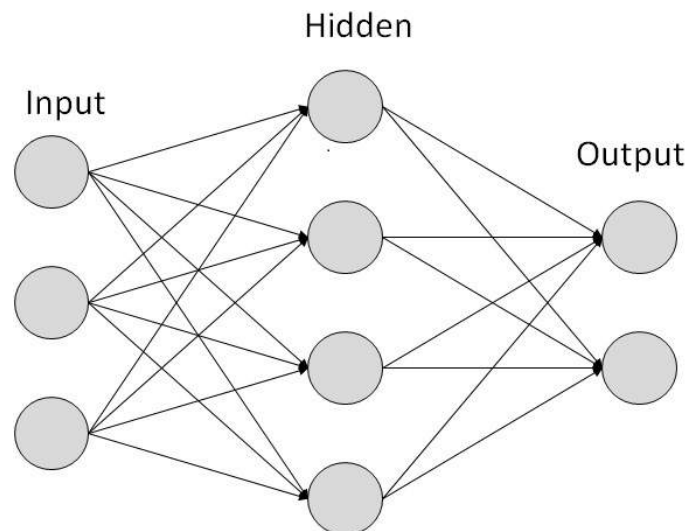
Keinotekoiset neuroverkot (ANN) perustuvat ajatukselle, että ihmisaivojen toimintaa oikeiden yhteyksien luomisessa voidaan jäljitellä käyttämällä piitä ja johtoja elävien neuroneiden ja dendriittien sijasta. Ihmisaivot koostuvat sadasta miljardista hermosolusta, joita kutsutaan neuroneiksi. Neuronit voivat olla motorisia tai sensorisia ja informaation

välitys hermostossa voi olla kemiallista tai sähköistä (hermoimpulssit). Dendriitit taas ovat haarautuneita ristikkosolun haarakkeita ja niiden muodostamaa rakennetta kutsutaan dendriittipuuksi, joka toimii kehon tiedonkeräämisvälineenä. Neuronilla on monia dendriittejä, keskimäärin yli 10 000 yhtä neuronin kohti. Viejähaara eli aksoni on kaapelin kaltainen letka, jonka pituus voi ihmiskehossa olla yli metrin mittainen. Aksonin tehtävänä on kuljettaa neuronin tullut hermoimpulssi eteenpäin synapsin välityksellä toiseen neuronin tai kohde-elimeen. Aivojen toimintaa havainnollistetaan kuviossa 5. (Tutorialspoint, 2017)



KUVIO 5. Hermosolun semantiikka. (Tutorialspoint, 2017)

Keinotekoiset neuroverkot koostuvat useista solmuista, jotka jäljittelevät ihmisaivojen biologisia neuroneita. Neuronit ovat yhdistetty toisiinsa linkkien kautta ja ne ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Solmut voivat vastaanottaa yksinkertaista syöttödataa ja ne voivat suorittaa yksinkertaisia operaatioita datalla. Kyseisten operaatioiden tulokset välitetään toisille neuroneille ja jokaisen solmun ulostuloa kutsutaan solmun arvoksi. Jokaiseen linkkiin liittyy paino ja sen muutos vaikuttaa keinotekoisien neuroverkkojen kykyyn oppia. (Tutorialspoint, 2017) Kuvio 6 havainnollistaa yksinkertainen keinotekoinen neuroverkko.

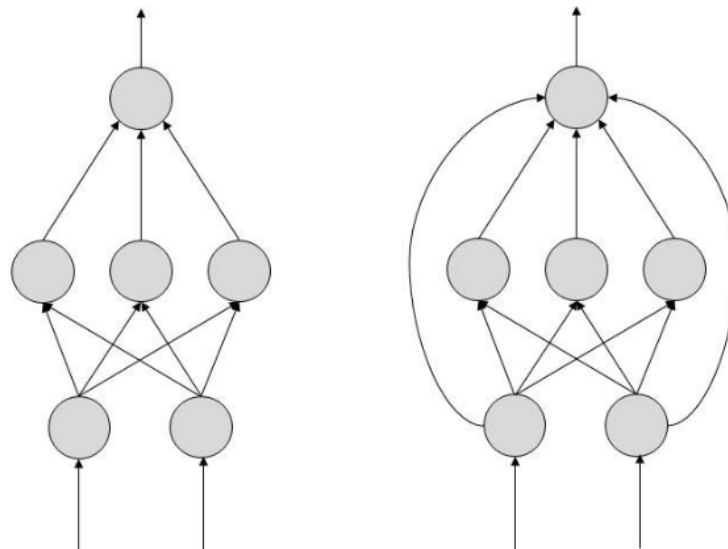


KUVIO 6. Yksinkertainen keinotekoinen neuroverkko. (Tutorialspoint, 2017)

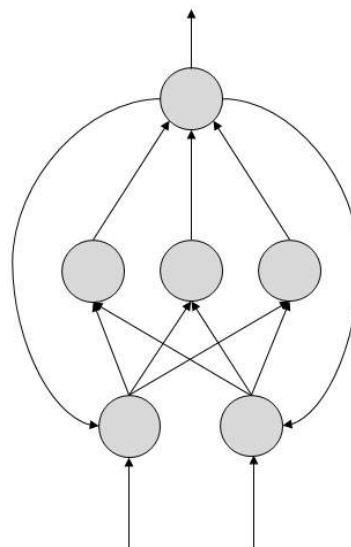
Neuroverkkojen vahvuudeksi voisi mainita, että ne voivat ratkaista ei-eksakteja ongelmia epätäydellisillä syötteillä. Neuroverkoilla on kyky oppia vastaanottamiensa syötteiden perusteella uusia ratkaisutapoja, jolloin opittujen ratkaisutapojen myötävaikutuksesta ne voivat ratkaista samankaltaisia ongelmia. Neuroverkoilla on useita erilaisia oppimistapoja, joista yksi tapa on antaa ongelman lisäksi sen ratkaisu, jolloin verkko voi tarkistaa ratkaisun, johon se päätyi omatoimisesti pääättelemällä. Toinen mahdollinen tapa on tuoda verkolle sopiva määrä dataa ja antaa sen ratkaista ongelmia itsenäisesti, jolloin oppiminen tapahtuu yrityksen ja erehdyksen kautta. (Bask ym., 1998)

Muita oppimisen tapoja ovat kilpailuoppiminen ja error back propagation, jossa tarkoituksena on laskea virhegradienttia. Fyysisessä mielessä oppiminen tapahtuu solujen liitosten painoarvojen muutoksina. Oppimissääntö on neuroverkon keskeisin ominaisuus ja sen valintaan vaikuttaa kuinka nopeasti verkon halutaan oppivan ja kuinka nopeasti verkolta halutaan vastaus annettuun ongelmaan. Neuroverkot jakautuvat Feed-Forward- ja FeedBack-verkkoihin ja ne toimivat luonnostaan assosiativisena muistina eli syöte voi olla epätäydellistä sisältäen kohinaa. (Bask ym., 1998)

Kuten edellä mainittiin, keinotekoisia neuroverkkoja on kahta tyyppiä: eteenpäin syöttävä eli Feed Forward (Kuvio 7) ja takaisinkytketty (Kuvio 8) eli Feedback neuroverkko. Informaation virta on yksisuuntainen ja yksikkö lähettää informaatiota toiselle yksikölle, jolta se ei vastaanota yhtään informaatiota. Eteenpäin syöttävässä neuroverkossa ei ole paluusiilmukkaa. Tätä neuroverkkotyyppiä käytetään mallien generointiin, tunnistamiseen ja luokitteluun. Niillä on kiinteä syöte ja ulostulo. Takaisinkytkettyjä neuroverkkoja käytetään esimerkiksi CAM (Content Addressable Memory) -muistien yhteydessä. (Tutorialspoint, 2017)



KUVIO 7. Eteenpäin syöttävä neuroverkko. (Tutorialspoint, 2017)



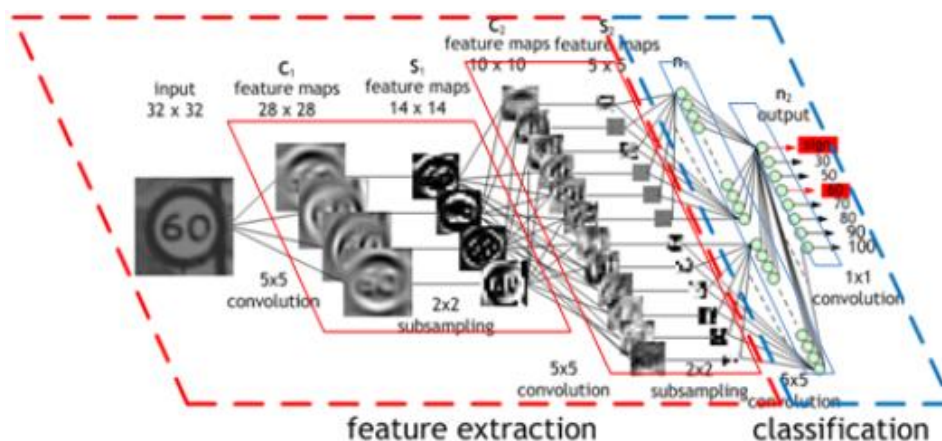
KUVIO 8. Takaisinkytketty neuroverkko. (Tutorialspoint, 2017)

Back Propagation (BP) on amerikkalaisten v. 1986 julkaisema menetelmä, jonka vahvin etu on sen lähtöfunktion jatkuvuus BP:ssä. BP:ssä ihmisen tuottamaa tietoa on vaikea yhdistää neuroverkon informaatioon, joka laskee BP:n käyttöarvoa. BP-verkon topologiaa määrittäessä on tarpeen ratkaista, mitkä suureet ovat tuloja ja mitkä lähtöjä. (Bäck ym., 1996) Muodoltaan Back Propagation-neuroverkot ovat monikerroksisia eteenpäin syöttäviä verkkoja, jotka on opetettu back propagation-algoritmia käyttäen ja ne ovat yksi laajimmin käytetyistä neuroverkkomalleista. BP-verkkoja voidaan käyttää oppimaan ja varastoimaan suuria määriä sisään-ulostulomallin kartoitussuhteita. Periaatteessa BP-algoritmi on paljon laskemista vaativa oppimisen monitoroinnin algoritmi, joka oppii vain jonkin funktion syötteen ja ulostulon välillä. (Jing ym., 2012)

Koneoppimisessa konvoluutioneuroverkot (Convolutional Neural Network eli CNN) ovat tyypiltään eteenpäin syöttäviä eli Feed Forward keinotekoisia neuroverkkoja, jotka koostuvat yhdestä tai useammasta konvoluutiokerroksesta, joita seuraa yksi tai useampi täysin yhdistynyt kerros standardoidussa monikerroksisessa neuroverkossa. CNN-verkkojen arkkitehtuuri on suunniteltu hyötymään syötteenä lähetetyn kuvan (tai muun 2D-syötteen, kuten puhesignaali) 2D-rakenteesta. CCN-verkot ovat myös helpompia opettaa ja niillä on huomattavasti vähemmän parametreja kuin täysin yhdistyneillä verkoilla, joilla on sama määrä piilotettuja yksiköitä. (UFLDL Tutorial)

Konvoluutioverkot hyödyntävät konvoluutiokerroksia, jotka suodattavat sisääntulon dataa hyödylliseksi informaatioksi. Näillä konvoluutiokerroksilla on parametreja, jotka on opetettu niin, että ne suodattavat automaattisesti hyödyllisimmän informaation valitun tehtävän suorittamiseksi. Joissain tapauksissa voi olla hyödyllistä suodattaa informaatiota objektin muodosta (objekteilla useimmiten on eri muotoja). Esimerkiksi linnun tunnistamistehtävässä voi olla sopivinta poimia tietoa linnun väristä, sillä useimmilla linnuilla on samankaltainen muoto, mutta ei värit. Konvoluutioverkot mukautuvat automaattisesti löytämään parhaat ominaisuudet tehtävän suorittamiseksi. (Dettmers, 2015)

Useimmiten on tarpeen käyttää useita konvoluutiokerroksia suodattamaan kuvista enemmän ja enemmän abstraktia informaatiota. Konvoluutioverkot käyttävät yleensä yhdistelmäkerroksia (Pooling Layers) objektin tunnistamiseksi, vaikka se sijaisi epätavallisessa paikassa. Pooling-kerroksien käyttäminen vähentää myös muistinkulutusta ja useiden eri konvoluutiokerroksien hyödyntämisen. Kuvioista 9 havainnollistuu konvoluutioverkkojen toiminta kuvantunnistuksessa (liikennemerkki). Liikennemerkki suodatetaan neljällä 5 x 5 konvoluutioytimen avulla, jotka luovat neljä ominaisuuskarttaa, jotka osanäytteistetään. Seuraavalla tasolla on 10 kpl 5 x 5 konvoluutioydintä, jotka osanäytteistävät ja tehdään ominaisuuskartat. Viimeisellä tasolla on yhdistelmäkerros, johon yhdistetään kaikki generoidut ominaisuudet. (Dettmers, 2015)



KUVIO 9. Konvoluutioverkkojen toiminta kuvantunnistuksessa. (Dettmers, 2015)

Konvoluutioneuroverkot tarjoavat uusinta teknologiaa ja ne voittavat aiemmat menetelmät tarkkuudessa, mutta vaativat huomattavia määriä laskentatehoa ja muistia. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa CNN:t toimivat CPU (Central Processing Unit)- tai GPU (Graphics Processing Unit)-klustereissa. CNN:iä voidaan hyödyntää kuvien luokittelussa, tunnistamisessa ja lokalisaatiotehtävissä. Tutkimus CNN-verkkojen (ja muiden syväoppimisen teknologioiden) alueella jatkuu nopeana satojen julkaisujen vuosivauhdilla. Ongelmia tosin aiheuttavat valtavat laskentatehon ja muistin vaatimukset, joissa osassa verkkoja voi olla jopa 140 miljoonaa liukulukuparametria ja ne voivat suorittaa yli 15 miljardia liukulukuoperaatiota yhden kuvan luokittelemiseksi. Modernien CNN-verkkojen opetus tehdään lähes aina suurissa CPU- ja GPU-klustereissa. Hyötynä tästä on muun muassa yhteensopivan syväoppimisen viitekehyksen (kuten Caffe) käyttömahdollisuus. (Zhao ym., 2017)

2.3.2 Koneoppiminen

Oppimista on kahdenlaista induktiivista ja deduktiivista. Induktiiviset koneoppimisen menetelmät muodostavat sääntöjä ja malleja suurista tietojoukoista. Induktiivinen päättely tarkoittaa yleistä teoriaa ja yleistystä ja induktiivinen yksittäisistä havainnoista tuotettu yleistys nähdään tietoa lisäävänä prosessina. Deduktiivinen päättely etenee johtamalla yleistyksistä yksittäistapausta koskeva johtopäätös ja se nähdään päättelynä tunnetuista tapauksista toisiin tunnettuihin tapauksiin, eikä se lisää tietoa. (Saarinen, 1999, 39-42)

Induktiivinen oppiminen voidaan induktiivisen päättelyn määrittelyn pohjalta nähdä siten, että opiskeltavaa aihetta lähestytään yksittäisen havaitun ilmiön kautta ja oppimisprosessin aikana oppija saa uutta tietoa. Oleellista on omakohtaisuuden korostuminen ja omakohtainen kokemus sekä havainto yhdistettynä johonkin ongelmaan saa aikaan halun tutkia ja tietää asiasta lisää. Syntyy aktiivinen oppimisprosessi, jossa opitut asiat yhdistyvät aiempaan jo kerättyyn informaatioon ja kokemuksiin. Tällöin oppimista syntyy syvatasolla ja näin opitut asiat jäävät oppijalla pitkäkestoiseen muistiin, jolloin ne on helppo palauttaa mieleen tarpeen mukaan.

Deduktiivisessa menetelmässä opetus alkaa esimerkiksi opettajan luennoilla luennoimien periaatteiden kautta ja se on perinteinen opintomaailmassa käytettävä lähestymistapa. Deduktiivinen on vastakkainen oppimistapa induktiiviseen verrattuna eli aloitettaessa opiskelu teoreettiselta tasolta, siitä voidaan edetä yksittäisiin asioihin. Ongelmana tässä lähestymistavassa on deduktiivisen prosessin vaikuttaminen teennäiseltä. Valmis teoria ei kaikissa tapauksissa ilman omakohtaista tiedon tarvetta kosketa oppijaa tai herätä mielenkiintoa, eikä se aktivoi oppijan jo aiemmin mahdollisesti aivoissaan muodostuneita tietorakenteita, jolloin opiskeltava asia voi jäädä irralliseksi, eikä pysyviä tietorakenteita välttämättä muodostu. (Prince ym., 2007)

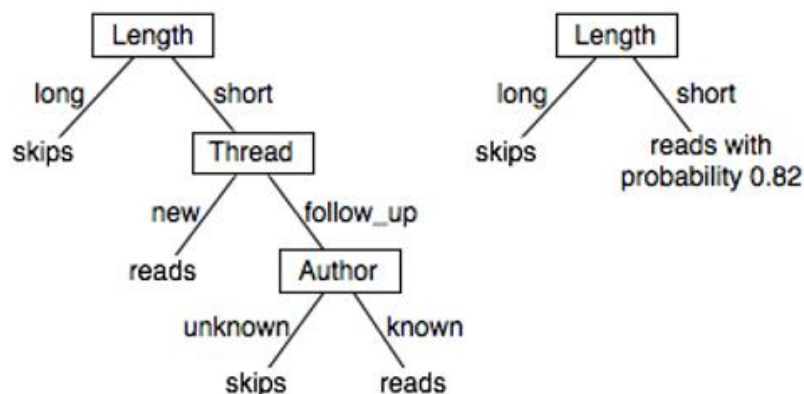
Koneoppiminen on tekoälyn osa-alue ja data-analyysimetodi, joka automatisoi analyttista mallin rakentamista. Käyttämällä algoritmeja, jotka iteratiivisesti oppivat käyttämällä dataa,

koneoppiminen tarjoaa tietokoneille mahdollisuuden löytää piilossa olevia oivalluksia ja ideoita, vaikkei niiden kohdetta välttämättä edes oltu algoritmiin ohjelmoitu. Koneoppimisessa ohjelmistolle ei aina ole kirjoitettuna algoritmia kaikkia tilanteita varten, vaan kone oppii itsenäisesti ja päätyy haluttuun lopputulokseen. Toiminta on hieman samankaltaista kuin hakukoneilla, jotka tarjoavat niin osuvia- ja oikeita hakutuloksia käyttäjilleen kuin mahdollista. Koneen oppimiskyky kehittyy itsestään aina kun tietoa lisätään tietokantaan. (SAS)

Koneoppimisella on yhteisiä piirteitä tilastotieteen kanssa, sillä molemmissa tehdään päätelmiä aineistoihin perustuen, mutta koneoppimisessa tarkastelun kohteena on ohjelmallisten toteutusten laskennallinen vaativuus. Useat eri päättelyongelmat ovat NP-kovia tai jopa vaikeampia, joten koneoppimisen tutkimiseen kuuluu lisäksi likimääräisten päättelyalgoritmien kehitystyö. Koneoppimisen algoritmit luokitellaan niille annettavan opetusdatan perusteella ja yleisemmät algoritmien tyypit ovat:

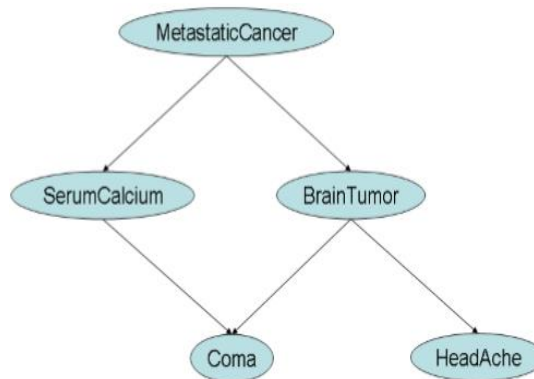
1. Ohjaamaton oppiminen (opetusdatasta ei tiedetä mitään aiemmin)
2. Ohjattu oppiminen (opetusdatasta tiedetään haluttu ulostulo)
3. Vahvistusoppiminen (oppiminen tapahtuu mallin ja ympäristön jatkuvan vuorovaikutuksen seurauksena)

Koneoppimisen kenties tunnetuimpia ohjatun oppimisen malleja ovat päätöspuut (Decision Trees), jotka ovat yksinkertaisia binääripuita, joiden avulla järjestelmä kykenee tekemään päätöksiä. Yksittäiset puut eivät pelkästään ole oppivia järjestelmiä, sillä niiden luonne on staattinen, mutta useiden puiden (metsä) yhteiskäyttö ja uusien puiden luomisen avulla voidaan saavuttaa oppiva järjestelmä. Kuvion 10 oikealla puolella oleva päätöspuu on oppiva todennäköisyyden muuttuessa päätöskien perusteella. Päätöspuiden toimivuus yksinkertaisissa järjestelmissä on hyväksi havaittu, mutta isommissa järjestelmissä ne eivät ole enää paras menetelmä.



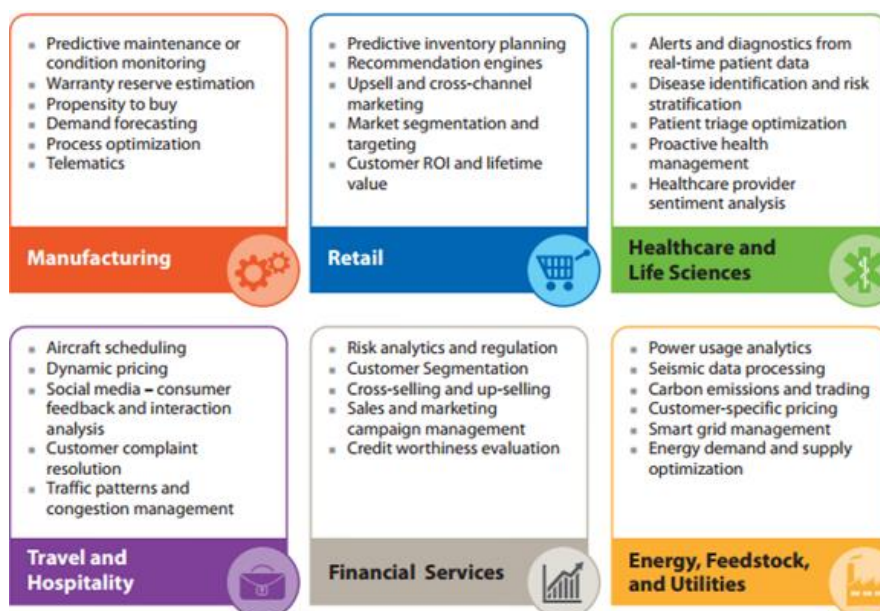
KUVIO 10. Yksinkertainen päätöspuu. (Mackworth & Poole, 2010)

Koneoppimisessa voidaan käyttää myös graafiteoriaan ja todennäköisyyslaskentaan perustuvia malleja, esimerkiksi Bayers-verkkoja. Ne ovat suhteellisen yksinkertaisia, suunnattuja syklittömiä verkkoja, jotka toimivat siten, että jos henkilöllä on koomaan johtava päänsärky (Kuvio 11), hänellä on todennäköisesti myös aivokasvain. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että tulos on täysin varma eli on mahdollista, että henkilö on kärsinyt päänsärystä ja joutunut koomaan, vaikka hänellä ei ole aivokasvainta. Koneoppimisen yhteydessä Bayers-verkkoja käytetään silloin, jos halutaan kerätä tietoa tuntemattomasta systeemistä, jolloin voidaan aloittaa pienellä verkolla ja lähteä laajentamaan sitä.



KUVIO 11. Esimerkki Bayers-verkosta. (Fukushige)

Koneoppimista käytetään useilla eri sektoreilla, kuten finanssipalveluissa, hallitusten toiminnoissa, terveydenhuollosta, markkinointiin ja myyntiin, öljy- ja kaasuteollisuuteen ja kuljetusalalla. Ehkä kuitenkin tunnetuimpia koneoppimisen käyttötavoista nykypäivänä on mallien tunnistaminen (Pattern Recognition), koska sen avulla voidaan tunnistaa useita eri tyyppisiä kuvia. Esimerkiksi USA:n posti käyttää koneoppimista tunnistamaan käsialakirjoitusta. (SAS) Koneoppimisen sovellusalueita on tarkemmin esiteltyä kuviossa 12.



KUVIO 12. Koneoppimisen sovellusalueita eri teollisuudenaloilla. (Sarkar, 2016)

2.3.3 Syväoppiminen

Syväoppiminen (Deep Learning) on koneoppimisen osa-alue, joka alkoi kehittyä vuodesta 2006 ja se on tullut pinnalle yhä enemmän vuoden 2012 jälkeen. Kyseisellä osa-alueella käytetään useita epälineaarisia informaation prosessoinnin tasoja ja hierakkisia arkkitehtuureita. Syväoppimisen tavoitteena on luoda sopivaa algoritmia käyttäen neuroverkko, joka tähtää soveltuvan ongelman ratkaisemiseen. Ongelmia, joiden ratkaisemiseen syväoppimista käytetään, ovat perinteisiä menetelmiä käyttäen vaikeita toteuttaa, sillä ne vaativat monimutkaisten sääntöjen käyttöä. Syväoppimisen hyödyntämisen alueita ovat muun muassa lääketieteen diagnostiikka, puhe, kuvat, tekstien tunnistaminen- ja käsittely. Monelle tunnetuimpia hyödyntämisen alueita ovat puheentunnistuksen palvelu, kuten Applen Siri ja Googlen Street View-karttapalvelu. (Tjoa, 2013)

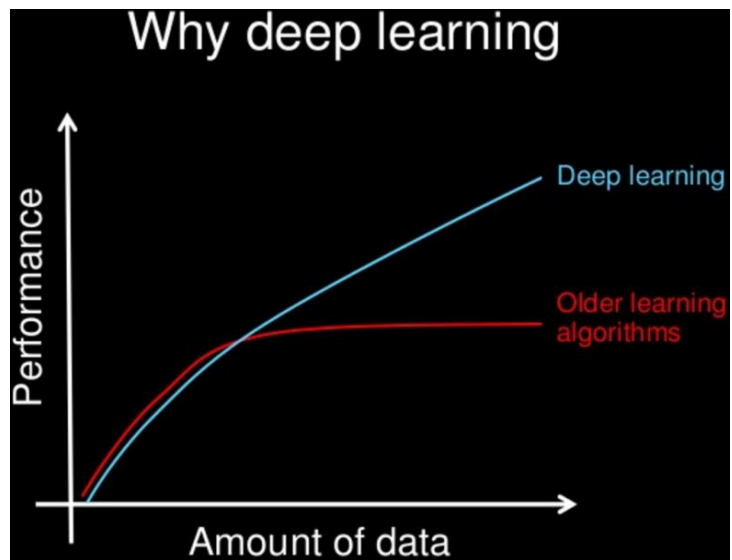
Syväoppiminen (Akagi, 2014) on:

- Kokoelma tilastollisia koneoppimisen teknologioita
- Käytetään oppimaan toimintohierarkioita
- Perustuvat keinotekoiisiin neuroverkkoihin

Syväoppimisen algoritmien suorituskykyä voidaan parantaa muun muassa:

- Lisäämällä dataa
- Tuottamalla/generoimalla lisää dataa
- Dataa uudelleenskaalaamalla
- Dataa muuntamalla

Syväoppimisen ja lisäksi muut modernit epälineaariset koneoppimisen teknologiat tulevat suorituskykyisemmiksi, mikäli dataa lisätään (Kuvio 13). Dataa tuottamalla/generoimalla suorituskykyä voidaan myös parantaa ja esimerkiksi kuvadatan ollessa kyseessä, jo olemassa olevien kuvien kääntäminen sekä kohinan (Jitter) lisääminen voi parantaa mallin yleistettävyyttä. Datan uudelleenskaalaus on tärkeä vaihe ennen kone- ja syväoppimisen algoritmien käyttämistä. Data-aineistosta voidaan tehdä uudelleen skaalattuja kopioita ja niitä voidaan kilpailuttaa toisiaan vastaan, jolloin on mahdollista nähdä hyödyt ja puutteet datan uudelleen skaalauksesta tietyillä malleilla. Dataa muuntamalla neuroverkot voidaan saada oppimaan nopeammin, jos ratkaistavan ongelman rakenne on paremmin oppivien verkkojen käytössä. (Brownlee, 2016)



KUVIO 13. Syväoppimisen vs vanhempien teknologioiden skaalautuvuus. (Brownlee, 2016)

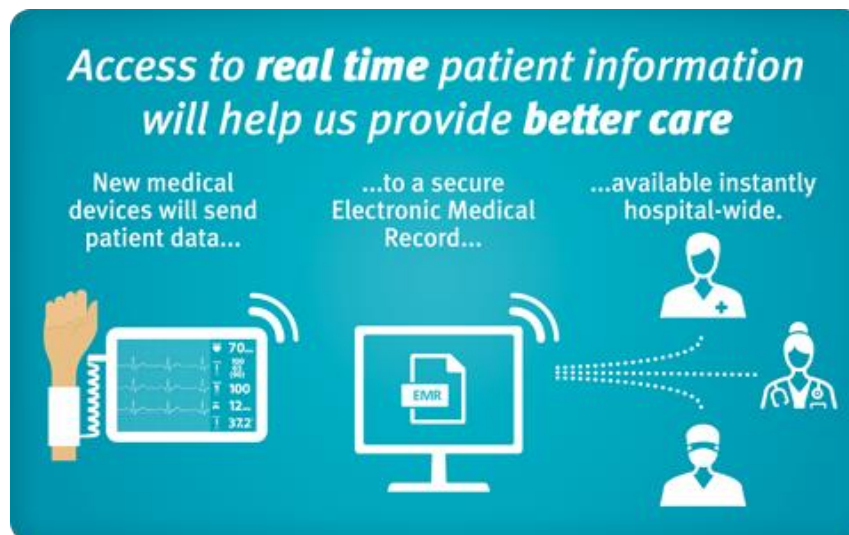
3 Digitaaliset sairaalat ja teknologiat

Tässä luvussa käsitellään sähköistä sairaalaa, määritellään digitaalinen sairaala lyhyesti, esitellään sen hyviä puolia ja lisäksi muutamia esimerkkejä digitaalisista sairaaloista maailmalla. Digitaalinen sairaala voi kuulostaa lähinnä vain tekniseltä ratkaisulta, mutta se on paljon enemmän. Se ei ole vain sähköisestä potilastietojärjestelmästä ja paperittomasta toimistoympäristöstä koostuva informaatioteknologinen sairaalaympäristö, eikä sen toteuttamisessa ole vain yhtä ja ainoa oikeaa ratkaisua. Digitaalinen sairaala painottuu asiakkaiden arvojen toteutukseen ja tarjoavaa perinteisille ja globaaleillekin asiakkailleen laadukkaamman ja miellyttävämmän asiakaskokemuksen kuin vierailu paikallisella lääkärin vastaanotolla tai ensiavussa.

Digitaalisen sairaalan toiminnot ovat ratkaisseet ongelmia, kuten viiveet potilaiden hoidon saamisessa, jotka ovat aiheuttaneet turhautumisia niin terveydenhuoltoalan henkilöstölle kuin potilaillekin. Digitaalinen sairaala mahdollistaa uudenlaisen kommunikaation hoitohenkilöstön sekä potilaiden välillä ja toiminta yhdistettynä sopivasti BI-analytiikkaan, terveydenhuoltohenkilöstö voi tehdä laaja-alaisia analyysejä havaitakseen ruuhkautumat, tasapainottaakseen työnkulkua ja parantaakseen prosesseja. Mobiilikommunikaatio, oikeanlainen hoitoprosessin mallintaminen ja analytiikka yhdessä voivat luoda toimivan toimintamallin, joka antaa potilaille tarkkaa informaatiota heidän hoitoprosesseistaan ja sairaalajaksoistaan, jolloin sairaalaympäristöä voidaan hallita paremmin ja hoitohenkilöstö sekä potilaat ovat tyytyväisempiä.

3.1 Digitaalinen sairaala ja sen ominaisuudet

Digitaalisessa sairaalassa lääkäreillä, hoitajilla ja terveydenhuollon henkilöstöllä on pääsy potilaiden lääketieteelliseen informaatioon (kuten esimerkiksi henkilöllisyys, hoitoon tulosy, lääketieteellinen historia ja allergiat) ja mahdollisuus dokumentointiin käyttäen hyväksi informaatioteknologiaa papereiden sijasta. Digitaalinen sairaala mahdollistaa elintoimintojen automaattisen seurannan, kuten verenpaineen, lämpötilan, sydämen sykkeen ja informaation tietoturvallisen lähettämisen terveydenhuollon informaatiojärjestelmiin ja henkilöstölle pääsyn siihen. (Digital Hospital, 2016) Kuviossa 14 havainnollistuu, miten sähköisessä sairaalassa hyödynnetään potilasinformaatiota hoidon parantamiseksi.



KUVIO 14. Digitaalinen reaaliaikainen potilasinformaation hyödyntäminen paremman hoidon tarjoamiseksi. (Digital Hospital, 2016)

Digitaalinen sairaala hakee avainelementtejä sähköiseen potilasrekisteriin (EMR) suoraan potilasdatasta erilaisista monitorointijärjestelmistä ja diagnostiikan toimittajilta, mikä säästää aikaa ja auttaa vähentämään virheitä dokumentoinnissa. Se tarjoaa automatisoidun ympäristön hyödyntäen EMR:ää, joka yhdistää erilaiset hoitopolut ja päätöksen tukemisen perustuen kansainvälisiin käytäntöihin. Tämä mahdollistaa optimaaliset kliiniset päätöksenteot, jotka johtavat parempaan hoidon lopputulokseen. Digitaalinen sairaala mahdollistaa myös lääkäreiden ja hoitajien manuaalisesti kirjoitetut reseptit, joka estää käsin kirjoituksessa tapahtuvien virheiden syntyminen. Mahdollista on myös sähköisten määräysten tarjoamisen diagnostiikkapalveluiden tarjoajille, kuten radiologia ja patologia. Digitaalisen sairaalan ominaisuuksiin kuuluu myös ajankohtaisen potilasrekisterin lähettämisen useille terveydenhuollon työntekijöille useissa eri sijainneissa. (Unitingcare)

Digitaalisen sairaalan ominaisuuksiin kuuluu lääkäreiden ja hoitohenkilöstön havaintojen dokumentointi sähköisesti käyttäen useita erilaisia laitteistoja potilashoidon alueella sekä lisäksi potilas-, yhteisö ja lääketieteen portaalit. Digitaalinen sairaala on myös yhteyksissä ulkoisiin resursseihin, lääketieteen konsultteihin, julkisiin sairaaloihin ja diagnostiikan tarjoajiin. Sairaala tarjoaa viihdejärjestelmiä, internetin, elokuvia ja koulutuksellista materiaalia valmistautuessa kotoutukseen. Sairaalan ominaisuuksiin kuuluu myös jäljityspalvelut koskien laitteistoja ja potilaita sekä henkilökunnan ja lääkäreiden äänentunnistusta. (Unitingcare)

Täysin digitaaliset palvelut sairaalaympäristöissä eivät merkitse vain robotteja, vaan myös potilaiden osallistumista sähköisiin palveluihin rakennuksien ulkopuolella. Automaatiota pidetään arkipäiväisenä asiana, mutta silti digitaalisen sairaalan kokemuksen luomisessa ollaan oltu hitaita ja ihmisille on yhä vaikeaa saada lääketieteellistä hoitoa oman aikataulunsa mukaisesti, kiireellisen hoidon palveluiden ulkopuolella. Lisäksi kommunikointi potilaiden

kanssa ennen heidän saapumistaan sairaalaan on yhä puutteellista. Nykyisin ollaan kuitenkin siirtymässä sähköisiin palveluihin, jotka ovat potilaille paremmin käytettävissä ja tehokkaampia, jolloin lääkäri-potilas-vuorovaikutus on laajempi kuin vain 10 minuutin tapaamisaika. Mahdollista on myös virtuaalilääkäreiden käyttäminen ohjaamaan potilaita monimutkaisten lääketieteellisten päätösten yli. Vuorovaikutuksessa voidaan käyttää hyväksi uusinta teknologiaa kuten virtuaalitodellisuutta, jolloin potilaat voivat olla vuorovaikutuksessa asiantuntijoiden kanssa luonnollisemmalla tavalla. (Kutcher, 2016)

Digitaalinen sairaala voi olla kuvion 15 kaltainen, jossa ensin sairaalaan kirjaututaan sisään käyttäen lentokentän tapaisia itsepalvelutiskejä, jotka myös opastavat potilasta. Sairaala käyttää älykkäitä teknologioita, kuten älylasit, telelääketiede, etäkuntoutus potilasportaalin kautta kotioloissa ja kooditageja, kuten QR-koodit tai RFID. Digitaalinen sairaalaympäristö on kehittymässä voimakkaasti ympäri maailman ja siihen tulee liittymään myös kognitiivisen arvioinnin ja tekoälyn komponentteja sekä erilaisia etähoidon palveluita.



KUVIO 15. Digitaalinen sairaalaympäristö. (Fujitsu Forum, 2015)

3.2 Digitaalisen sairaalan hyödyt

Digitaalisen sairaalan hyötyjä ovat muun muassa (Unitingcare):

- Potilaskokemuksen paraneminen tehokkaiden potilas-keskeisten prosessien kautta
- Laadun ja turvallisuuden paraneminen parantuneen tiedonsaannin kautta, joka lisää hoitoon sitoutumista standardeilla prosesseilla, parantaa jäljitysketjuja ja dokumentointia
- Hoitohenkilöstön ja lääkäreiden työtyytyväisyyden paraneminen parantuneen tehokkuuden ja työvälineiden kautta, mikä antaa lääkäreille mahdollisuuden viettää enemmän aikaa potilaiden kanssa
- Paremmat linkitykset hoidon jatkuvuuden suhteen ja informaation siirto julkisen ja yksityisten terveydenhuollon palveluiden tarjoajien välillä

- Sidokset yliopistoihin ja suurkaupunkien sairaaloihin, jotta koulutusta voidaan lisätä ja asiantuntemusta voidaan parantaa.
- Paremmat työllisyysnäkymät ja kyky houkuttaa ja pitää terveydenhuollon työntekijät alueella

3.3 Esimerkkejä digitaalisista sairaaloista

Tässä luvussa esitellään muutamia esimerkkejä digitaalisista sairaaloista, joissa informaatioteknologia ja uudet innovaatiot ovat vahvasti mukana. Digitaaliset sairaalat ovat verrattain uusi vahvasti tekninenkin terveydenhuollon alue, jossa kehitys on nopeaa. Keskeistä kaikille sähköisille sairaaloille on digitaalinen potilastietojärjestelmä ja monesti integroitu tietojärjestelmä (esimerkiksi ERP), jonka pohjalle potilashoitoa voidaan rakentaa. Pyrkimys täysin paperittomaan toimintaan on sähköisessä sairaalaympäristössä peruseriaate. Sähköisissä sairaaloissa on käytössä ja kokeilussa kuitenkin myös muita innovatiivisia teknisiä ratkaisuja, kuten robotiikka, sensortechnologia, 3D-tulostus, avohoitoa varten rakennettu etäterveydenhuolto, virtualisointi, sairaalaympäristöön integroidut innovatiiviset teknologiset IT-ratkaisut (kuten virtuaalien elintoimintojen mittaaminen).

3.3.1 Fletcher Allen Healthcare

Fletcher Allen Health Care on 3 - 4 % yhdysvaltalaisen terveydenhuollon organisaation joukossa, jossa on täysin integroitu sähköisen terveydenhuollon tietojärjestelmä (Electronic Health Record, EHR). Fletcherin potilastieto- ja informaation hallintajärjestelmä (Patient Record and Information Systems Management, PRISM) parantaa esimerkiksi potilaiden hoitoa, luottamuksellisuutta, kommunikaatiota ja tietoturvallisuutta. Hoitajien on muun muassa mahdollista nähdä potilaiden koko hoitohistoria (kuten viimeisin lääkitys, elintoiminnot, allergiat, testitulokset) potilaiden sairaalasängyn vieressä olevasta monitorista ja yhdestä näkymästä. Vuonna 2010 järjestelmä kattoi Fletcher Allenin 45 laitosta ja klinikkaa, sisältäen noin 1100 palveluntarjoajaa. (Sapardanis, 2010)

CSC:n toteuttaman PRISM-järjestelmän avulla on kyetty muuntamaan Fletcher Allenin kliinisen hoidon tarjoaminen aiemmasta paperipohjaisista prosesseista täysin sähköiseksi ja se on vaikuttanut henkilöstöön tutkimuksien mukaan positiivisella tavalla. Järjestelmä auttaa henkilöstöä hakemaan kaiken tarvitseman tiedon potilaan hoitoa varten potilaan sairaalasängyn äärellä, jotta paras mahdollinen hoito voidaan tarjota tehokkaasti ja parhaalla mahdollisella tavalla. Aiemmin informaatio kirjattiin yhteen tai kahteen potilaskaavioon, joista toinen sijaitsi oven luona ja toinen oli lääkärin tai muun terveydenhuollon henkilön mukana. (Sapardanis, 2010)

Aluksi PRISM-järjestelmää sovellettiin laitoksiin, kuten sairaalapotilaat, apteekit ja ensiapu. Seuraavassa vaiheessa palveluita tarjottiin myös liikkuviin klinikoihin, onkologiaan ja MyChart-palveluun, joka tarjoaa potilaille tietoturvallisen pääsyn tietoihinsa sähköisissä

terveydenhuollon järjestelmässä Webin kautta. Järjestelmän ominaisuuksiin kuuluu CPOE-prosessi (Computerized Provider Order Entry), jonka avulla lääkärit, hoitajat sekä muu terveydenhuollon henkilöstö voi tehdä tilauksia koskien hoitoja. Tilaukset allekirjoitetaan ja siirretään verkon läpi osastoihin, jotka ovat vastuussa tilauksen täyttämistä, kuten apteekki, laboratorio ja radiologia. CPOE vähentää tilausten valmistumisesta johtuvia viiveitä, vähentää käsin- ja puhtaaksi kirjoituksen virheitä, sallii tilauksien tekemisen hoidon paikassa tai muussa ympäristössä ja tarjoaa virheen tarkastuksen kaksinkertaisen tai virheellisen lääkityksen sekä kokeiden suhteen. Järjestelmä myös yksinkertaistaa inventaariota ja laskujen lähetystä. Muita PRISM-järjestelmän hyötyjä on mahdollisuus tarkastella lääkitystä ja tietoja allergioista (listat), digitaalinen resepti, kliiniset dokumentoinnit ja korkealaatuinen raportointi. Järjestelmän avulla voidaan myös terveystietoja vaihtaa sähköisesti muun muassa järjestelmän ja julkisen terveydenhuollon organisaatioiden välillä. (Sapardanis, 2010)

3.3.2 Huaweiin älykkäät sairaalaratkaisut

Huawei on yksi johtavista globaaleista ICT-ratkaisujen tarjoajista maailmassa. IT-kehitys on yhä tärkeämmässä roolissa modernin sairaalan operaatioissa, joissa on tarpeen paremmin hyödyntää informaatioteknologiaa, jotta voidaan saavuttaa parempi viestintäyhteistyö, palvelun kattavuus ja resurssien yhteensovittaminen. Perinteisten ICT-ratkaisujen lisäksi Huawei on onnistunut toteuttamaan useita menestyksekkäitä ratkaisuja, kuten ”älykäs sairaala”, ”alueellinen terveydenhuolto” ja ”etäterveydenhuolto”, jotka ovat osaltaan helpottaneet maailmanlaajuisen terveydenhuollon teollisuuden kehitystä. (Huawei, 2012)

Huaweiin älykäs sairaala

Älykkään sairaalan ratkaisut kattavat sairaalan hallinnon, IT-pohjaiset kliiniset hoidot ja lääketieteellisen infrastruktuurin rakentamisen sisältäen verkot ja datakeskukset. Huawei on kehittänyt integroidun informaatioalustan, joka perustuu sähköisiin potilastietueisiin ja jonka avulla yhtiö kykenee tarjoamaan ratkaisuja älykkäiden sairaaloiden rakentamiseksi ja terveydenhuollon hyödyttämiseksi. Älykkäät sairaalat-ratkaisu sisältää mobiiliterveystietueiden-, etähoidon- ja IT-pohjaisen ensisijaisen terveydenhuollon kehitysratkaisun lääketieteellisille organisaatioille sekä kroonisen sairauden hallinnan ja integroidun terveydenhuollon pilvipalveluratkaisun. Lisäksi Huawei tarjoaa kumppaneille mahdollisuuden osallistua kehitysohjelmaan API-rajapinnan kautta. (Huawei, 2012)

Huaweiin ”älykkään sairaalan” ratkaisut vähentävät tehokkaasti sairaaloiden käyttökustannuksia, lääketieteellisiä onnettomuuksia, helpottaa johtajien valvontatehtäviä ja parantaa potilaiden palvelukokemusta. Kyseiset ratkaisut auttavat myös sairaaloita rakentamaan paperittoman (ja PPT-kalvottoman) sekä langattoman toimistoympäristön, joka kuluttaa vähemmän energiaa. Älykkään sairaalan ratkaisuissa on kolme oleellista kohtaa, jotka ovat:

- Laajentunut IT-pohjaisten lääketieteellisten palveluiden kattavuus: Huaweiin älykkäät sairaalat-ratkaisut tukevat useita lääketieteellisiä palveluita, kuten mobiiliterveydenhuoltoa, etähoitoa, kroonista terveyden hallintaa ja terveystilvivalvelua
- Yhdistetyt ja optimoidut lääketieteelliset palvelut: Terveystilvivalvelu mahdollistaa sairaaloiden informaatioresurssien optimoinnin ja uudelleen käytön. Lisäksi se auttaa sairaaloita rakentamaan digitaalisiin potilasrekistereihin perustuvia integroituja informaatioalustoja optimoimaan lääketieteellisiä palveluprosesseja
- Avoimet ja yhteistyöhön perustuvat ratkaisut: Avoin ja konvergoitunut alusta auttaa Huaweiä tekemään yhteistyötä eri IT-pohjaisten lääketieteellisten sovellusten tarjoajien kanssa sovellusten hyötyjä maksimoitaessa

Kuviossa 16 havainnollistuu yleiskuva Huaweiin ”älykkään sairaalan”-ratkaisusta, johon on sisällytetty useita eri alueita, kuten Huaweiin terveystilvivalvelu, sairaalan langattomat verkot ja muut verkkotopologia, EMR-perusteinen integroitu informaatioalusta, primääri alueellinen terveydenhoito, etähoitomahdollisuus kroonisesti sairaille potilaille ja etädiagnostiikka potilasryhmiä varten.



KUVIO 16. Yleiskuva Huaweiin ”älykäs sairaala”-ratkaisusta. (Huawei, 2012)

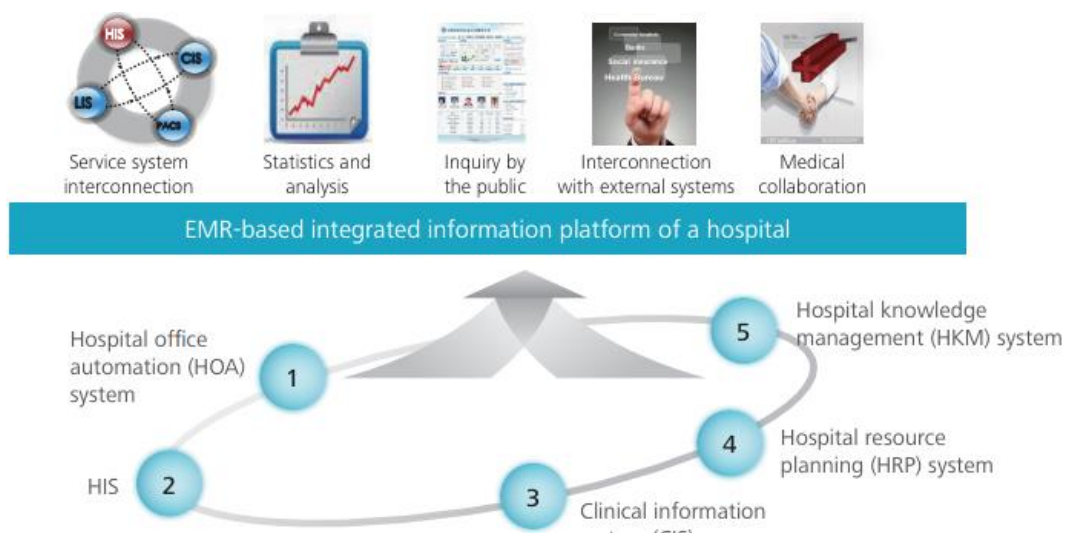
EMR-pohjainen integroitu informaatioalusta-ratkaisu

Huawei on kehittänyt integroidun informaatioalustan, joka kerää, varastoi ja kollektiivisesti hallinnoi informaatiota ja joka on yhteydessä kliiniseen informaatiojärjestelmään ja johdon tietojärjestelmään. Kyseisistä informaatioalustaa hyväksikäyttäen sairaalat voivat jakaa

informaatioresursseja sisäisesti ja olla yhteydessä ulkoisten järjestelmien kanssa klinisen hoitoprosessin kautta. Kuviossa 17 on graafisesti esitettyä yleiskuva EMR-pohjaisesta integroidusta informaatioalusta-ratkaisusta. (Huawei, 2012)

Ratkaisun painopisteitä ovat:

- Keskittyy potilasiin ja vahvistaa informaatioresursseja
- Tarjoaa tehokkaan tuen lääkäreille klinisten päätösten tekemiseksi
- Tehokas alueellinen lääketieteellinen yhteistyö tiedonvaihtoon ja jakoon perustuen



KUVIO 17. Yleiskuva EMR-pohjaisesta integroidusta informaatioalusta-ratkaisusta. (Huawei, 2012)

Huawein älykkään sairaalan tietoverkon turvallisuusratkaisu

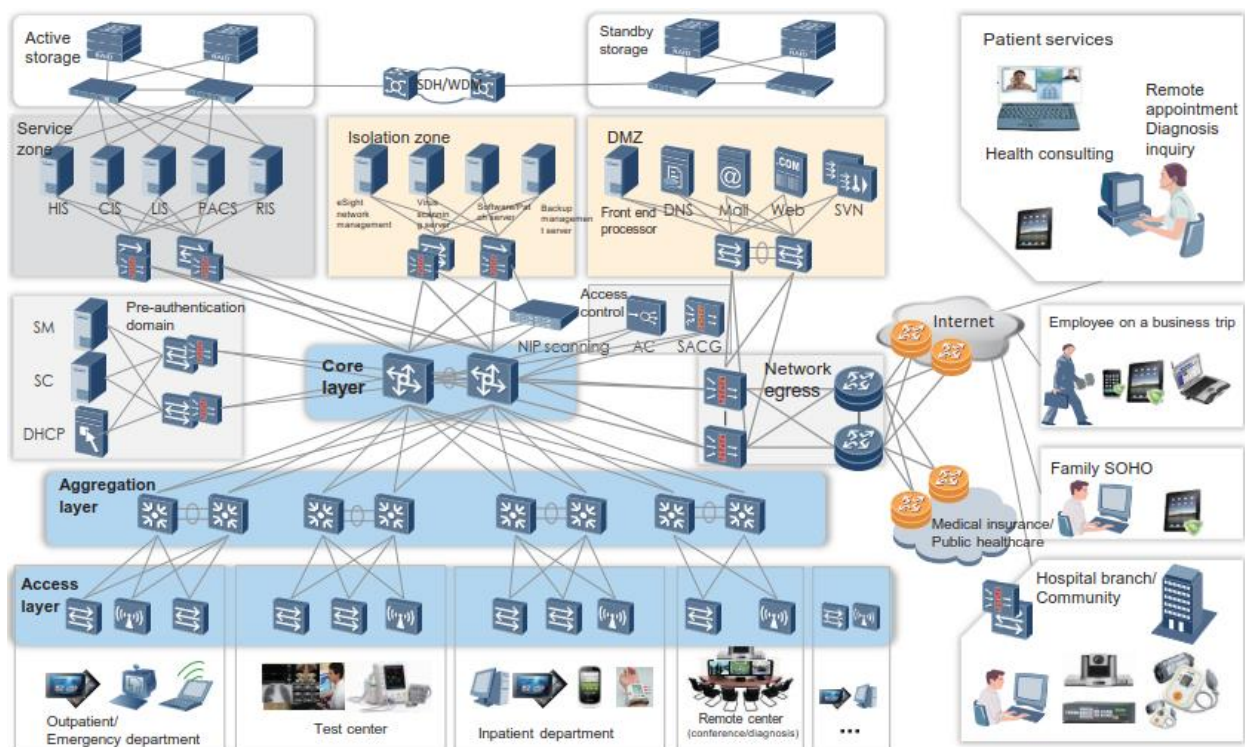
Huawei tarjoaa integroidun digitaalisen sairaalaverkkoratkaisun (Kuvio 18), joka mahdollistaa optimaalisen yhteistyön lääketieteen ammattihenkilöstön, palveluprosessien, ohjelmistojen sekä laitteistojen välillä. Funktionaaliset alueet ovat erotettu tehokkaasti toisistaan, tiettyjen kriittisten alueiden ollessa erillään toisistaan, jotta riittävä turvallisuustaso voidaan taata. Jokainen ratkaisun elementti, mukaan lukien arkkitehtuuri ja teknologia on toteutettu ammattimaisella luotettavuudella, jolloin on mahdollista päästä jopa 99.999 % tietoverkon luotettavuuteen. Ratkaisu kattaa kaiken lääketieteellisen turvallisuussuunnittelun, kuten verkon puolustuksen ulkopuolisia hyökkäyksiä vastaan, viruksien skannaamisen, kulunvalvonnan ja etäkäytön. (Huawei, 2012)

Sairaalan tietoverkot kuljettavat kriittistä vitaalia informaatiota, josta on kiinni potilaiden terveys ja elämä, joten verkkojen täytyy kuljettaa dataa vakaasti ja luotettavasti. Lääketieteellinen data on arkaluonteista, koska silloin on usein kyse lääketieteellisestä turvallisuudesta ja potilaiden yksityisyydestä. Tällöin on luonnollista, että lääketieteellinen data tulee olla tiukasti suojattuna tietoverkoissa. Lääkäreille lähetettävien lääketieteellisten

kuvien ollessa suurikokoisia, vaatii se verkolta nopeita yhteyksiä tietovarastoihin. Henkilöstön työn vaatiessa huomattavaa määrää liikkumista sairaalan tiloissa, tulee mobiiliverkkojen olla toimintakykyisiä ja nopeita, joka parantaa lääketieteellisen hoidon tehokkuutta. (Huawei, 2012)

Turvallisuusratkaisun painopisteitä ovat:

- Nopea vikojen tunnistus ja vikasietoiset teknologiat mahdollistavat luotettavan tietoverkon toteutuksen
- Useita erilaisia turvallisuusmittauksia, kuten palomuurit, viruksien skannaaminen, kulunvalvonnan autentikointi ja virtuaalinen eristäminen varmistavat, että verkko on turvassa niin ulkoisilta kuin sisäisiltä hyökkäyksiltä
- Tietoturvallinen koko sairaalan kattava tietoverkko mahdollistaa lääketieteellisen hoidon palveluiden toimittamisen potilaille sairaalasänkyihin saakka



KUVIO 18. Yleiskuva Huaweiin sairaalan tietoverkon turvallisuusratkaisusta. (Huawei, 2012)

Mobiiliterveydenhuollon ratkaisu

Huaweiin mobiiliterveydenhuollon ratkaisu mahdollistaa langattoman tietojärjestelmiin pääsyn kannettavilta tietokoneilta, PDA-laitteilta (Personal Digital Assistant eli PDA) sekä muiden langattomien lääketieteen henkilöstöä tukevien laitteiden, kuten esimerkiksi langattomien lääketieteellisten henkilöstön jäljitykseen kehitettyjen laitteiden

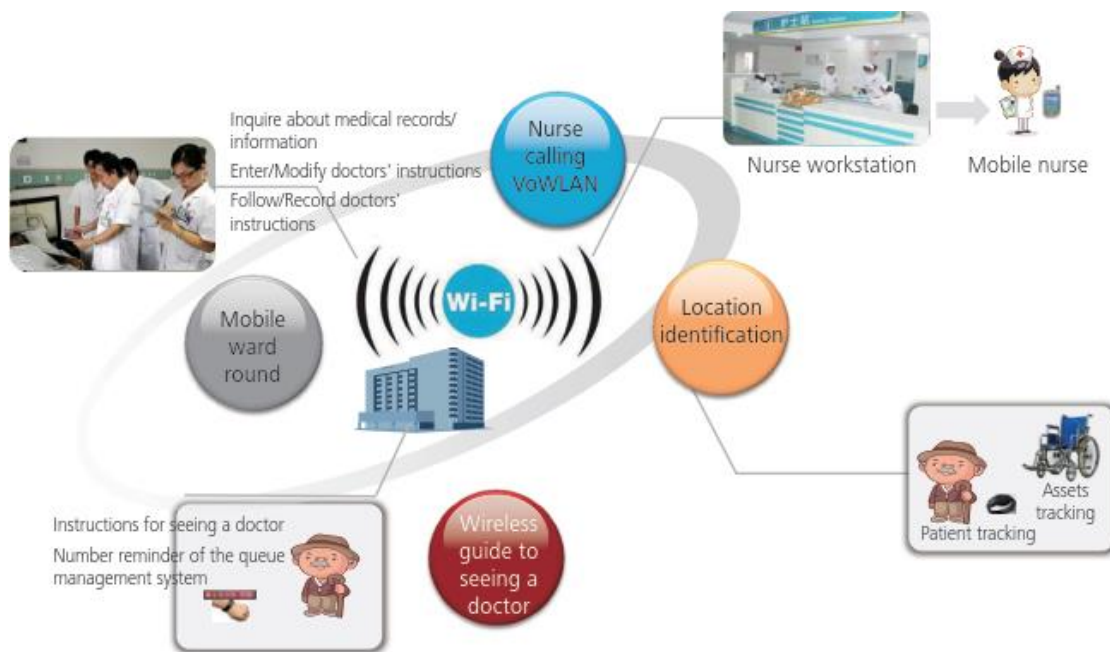
hyödyntämisen. Langattoman verkon avulla sairaalan henkilöstö voi toimia vapaammin välittämättä tilojen rajoitteista, joka parantaa henkilöstön työn tehokkuutta. (Huawei)

Nykyinen WLAN-teknologioiden kypsyystaso on vaikuttanut siihen, että niistä on tullut trendejä sairaaloille. Vaatimuksissa on, että verkkojen tulee kuitenkin olla latenssiltaan matalia ja vakaita, jotta normaalit palveluoperaatiot voivat onnistua. Lääketieteellisen datan tulee olla vahvasti suojattua, eikä sitä saa voida varastaa. Ongelmia aiheuttavat langattomat tietoverkkojärjestelmät itsessään, sillä ne voivat häiritä lääketieteellisiä laitteita aiheuttaen säteilyä, joka voi vaikuttaa potilaiden terveydentilaan. (Huawei)

Mobiilinterveydenhuollon ratkaisun painopisteitä ovat:

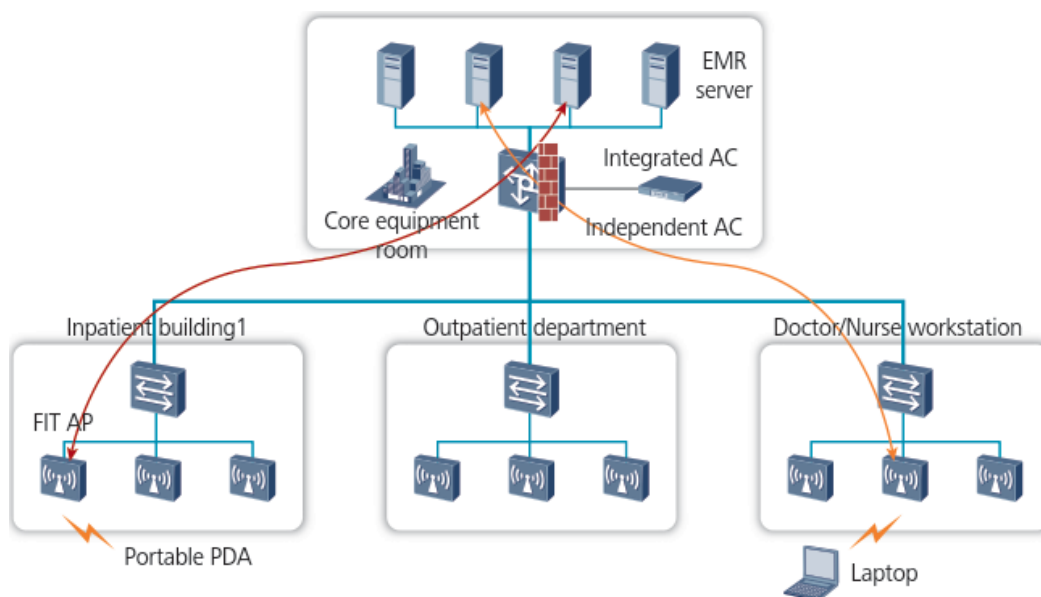
- Ratkaisu tarjoaa koko sairaalan laajuisen kattavuuden, tukee automaattisia kanavia, tehonsäätöjä ja mahdollistaa useamman tyyppisten laitteiden tietoverkon käytön
- Tutkimuksien mukaan langattomilla signaaleilla ei ole interferenssiä lääketieteellisten laitteiden kanssa tai vaikutusta ihmisten terveyteen
- Ratkaisu tukee autentikointia ja salausmetodeita, kuten WIFI-suojatut alueet (WPA, WPA 2, Wlan-autentikointia sekä yksityistä infrastruktuuria (WAPI). Lisäksi se tukee langatonta hyökkäysten tunnistusta. Käyttäjät autentikoidaan käyttäen Portaalia ja 802.1x-teknologioita
- Ratkaisu tukee 802.11n-protokollaa ja kaksitaajuista kaistanleveyttä, joiden avulla voidaan päästä 300 Mbps-nopeuteen. Ratkaisu tukee myös langatonta roamingia ja QoS-protokollia, kuten Wifi-Multimedia (WMM) palvelun laadun ylläpitämiseksi
- Ratkaisu tukee myös PnP-teknologiaa sekä automaattista päivitystä ja automaattista kanavan valintaa tukiasemista

Kuvio 19 havainnollistaa langattomien teknologioiden ja lääketieteellisten päälle puettavien laitteiden käyttöä Huaweiin älykkään sairaalan järjestelmissä. Langaton verkko tarjoaa useita erilaisia sovellusmahdollisuuksia, kuten potilaiden- ja hoitohenkilöstön tai sairaalan varusteiden jäljittämisen, langattomien ohjeiden tai muistutuksien lähettämisen potilaille lääkärin tapaamisesta, langattoman yhteydenpidon hoitohenkilöstön kanssa, jolloin hoitohenkilöstö voi toimia vapaammin kentällä suorittamassa hoitotöitään. Kentällä toimiessaan, hoitajat tai lääkärit saattavat tarvita potilaan tietoja, jolloin pääsy potilastietojärjestelmään mahdollistuu langattomien teknologioiden ja protokollien avulla.



KUVIO 19. Huaweiin langattoman THL-ratkaisun sovellus-skenaarioita. (Huawei, 2012)

Huaweiin langaton terveydenhuoltoratkaisu mahdollistaa myös kotiloissa tapahtuvan langattoman verkon hyödyntämisen (Kuvio 20), joka voidaan yhdistää internetin kautta sairaalan verkkoon kotioloissa mitatun lääketieteellisen mittaustiedon toimittamiseksi. Sairaalaolosuhteissa voidaan hyödyntää esimerkiksi mobiililaitteita, kuten PDA tai tabletit, joiden avulla on mahdollisuus saada informaatiota potilastietojärjestelmästä tai tehdä kirjauksia. Mobiililaitteiden lisäksi tietoverkkoon pääsee Wi-Fi-yhteyttä käyttämällä tavanomaisella tietokoneella, kuten kannettava tietokone. (Huawei)



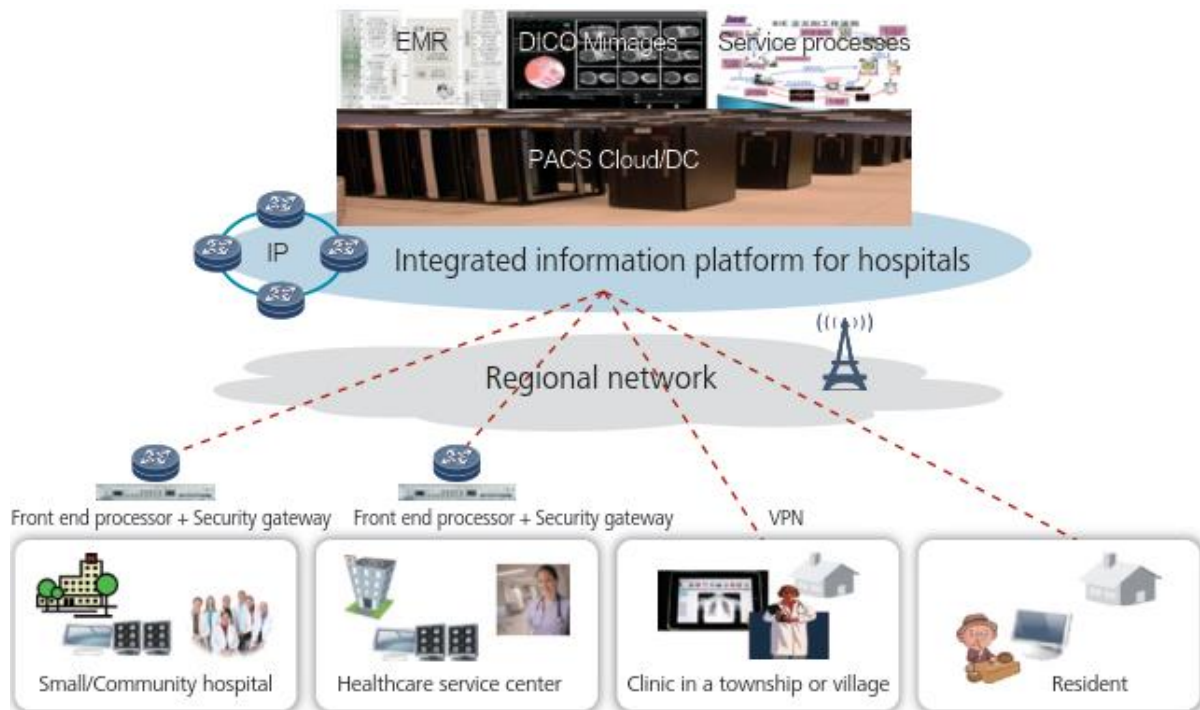
KUVIO 20. Huaweiin langattoman THL-ratkaisun tietoverkon arkkitehtuuri. (Huawei, 2012)

IT-pohjainen ratkaisu primäärin terveydenhuollon instituutioille

Huawein IT-pohjainen ratkaisu (Kuvio 21) primäärin terveydenhuollon instituutioille sisältää pilvipalveluita, selain- ja palvelinteknologioita ja tukee keskitettyä 5S primäärin terveydenhuollon instituutioiden informaatioalustan järjestelmien käyttöönottoa. Primäärin terveydenhuollon instituutiot, jotka vuokraavat resursseja järjestelmästä, käyttävät verkkoa yhtenäisellä tavalla. Lopputuloksena ne voivat hyötyä IT-järjestelmäkehityksestä ilman ylläpitokuluja. Lisäksi muun muassa verkon kapasiteettia tallennustilan, työpöydän pilvipalvelun, palveluiden suhteen voidaan lisätä tarpeen mukaan. (Huawei, 2012)

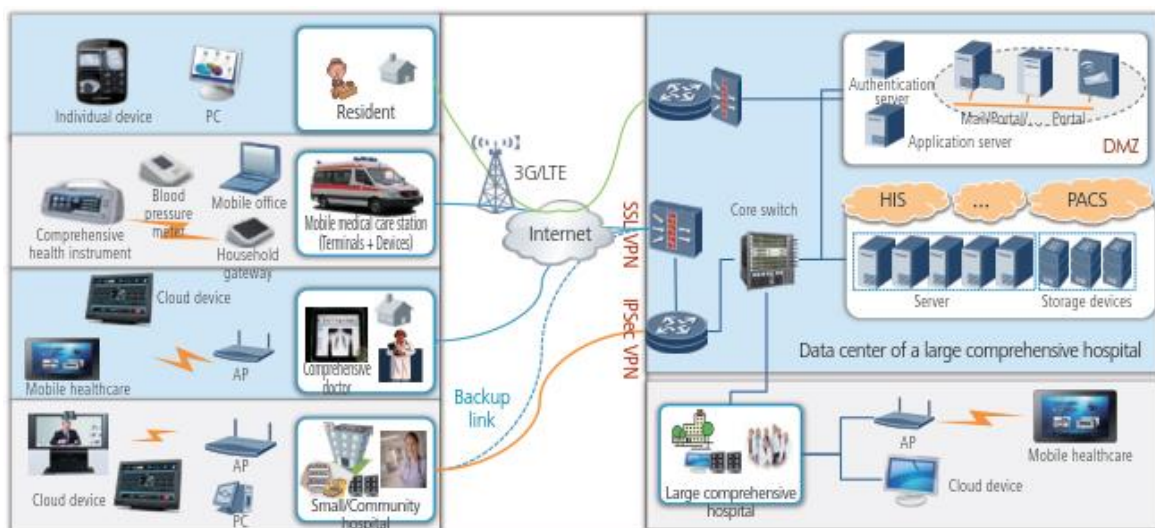
Nykyään pienet sairaalat, terveyskeskukset, klinikat ja maakuntien sairaalat joutuvat kehittämään omat 5S-informaatiojärjestelmänsä, jotka ovat sairaalan informaatiojärjestelmä (HIS), laboratorion informaatiojärjestelmä (LIS), kliinisen informaation järjestelmä (CIS), kuvien säilyttämistä ja kommunikaatiota varten tarkoitettu järjestelmä (PACS) sekä radiologian informaatiojärjestelmä (RIS). Käyttö- ja ylläpitokustannukset ovat suuret. Primääriä lääketieteellistä hoitoa tarjoavat instituutiot ovat hajautuneena ja eristyksissä toisistaan informaation vaihtamisen suhteen, eikä resursseja jaeta riittävästi. Oleelliset terveydenhuollon informaatiojärjestelmät ovat eristyksissä toisistaan, eivätkä kykene tarjoamaan tukea julkisen terveydenhuollon päätöksentekoa varten. (Huawei, 2012)

Huawein ratkaisulla primäärin terveydenhuollon instituutioiden tarvitsee vain ottaa käyttöön päätteitä, joiden avulla on mahdollista päästä käsiksi vuokrattuihin järjestelmäresursseihin. Instituutiot voivat vuokrata alustassa käytettäviä ohjelmistoja ja tallennustilaa, eikä näiden yritysten tarvitse itse rakentaa, asentaa tai ylläpitää omia järjestelmiä, joka vähentää kokonaiskustannuksia. Lääketieteelliset organisaatiot ovat yhteydessä alueelliseen terveydenhoidon alustaan pilvipalvelun ja verkkoteknologioiden kautta. Keskitetty perusterveydenhuolto varten kehitetty järjestelmä yhdistää lääketieteelliset prosessit ja henkilöjohtajuuden, logistiikan, taloushallinnon ja kommunikaation toisiinsa. Keskitetty ratkaisu lisäksi parantaa järjestelmän kehittämisen tehokkuutta, helpottaa informaatioresurssien jakoa alueella ja laajentaa yhteistyötä lääketieteellisissä resursseissa. Tutkimuksen mukaan järjestelmän pilvipalvelu ja keskitetty datan hallinta vähensi kustannuksia jopa 40 % ja turvallisuus parani vikasietoisen järjestelmätoteutuksen avulla. (Huawei, 2012)



KUVIO 21. Primäärin THL-instituutioiden IT-ratkaisun sovellus-skenaarioita. (Huawei, 2012)

Kuviosta 22 havainnollistuu primäärin terveydenhuollon instituutioiden IT-ratkaisu. Yksittäisellä potilaalla voi kotiloloissa olla tietokone tai mobiililaite, jonka kautta hän on esimerkiksi sopivien protokollien, tietoturvallisen VPN-tunnelin kautta ja internetin läpi yhteydessä keskitettyyn Huaweiin IT-ratkaisualustaan, jossa keskitetyt ja useista sairaaloista kerätty informaatio ovat tallennettuina. Hälytyspalveluissa (ambulanssit) on tarkemmat potilaan mittauksiin kehitetyt laitteistot, verenpainemittarit ja mahdollisuus hakea yhdyskäytävän kautta potilaan henkilökohtaista terveysdataa, joka voi olla elintärkeää. Lääkäreillä ja maakuntien sairaaloilla on etäkäyttömahdollisuus pilvipalveluun mobiililaitteiden kautta.



KUVIO 22. Primäärin THL-instituutioiden IT-ratkaisun yleiskuva. (Huawei, 2012)

Etäterveydenhoidon ratkaisu

Lääketieteellisten resurssien jakautuminen on usein alueittain epätasapainossa. Ihmiset, jotka asuvat pienissä kaupungeissa ja kylissä kaukana suurista sairaaloista kokevat mahdollisuutensa yhä pienemmiksi lääkärin tapaamiseen. Etäterveydenhuollon alusta voi rikkoa rajoja perinteisen terveydenhuollon tilojen käytön suhteen ja mahdollistaa etälääketieteen hoidot, koulutuksen ja lääketieteen informaatiopalvelut. Lisäksi etäterveydenhuolto ratkaisee potilaiden ongelmia, jotka johtuvat epätasapainossa olevista lääketieteellisten resurssien jakamisesta ja tuo laadukkaat lääketieteelliset resurssit kaikkien ihmisten saataville.

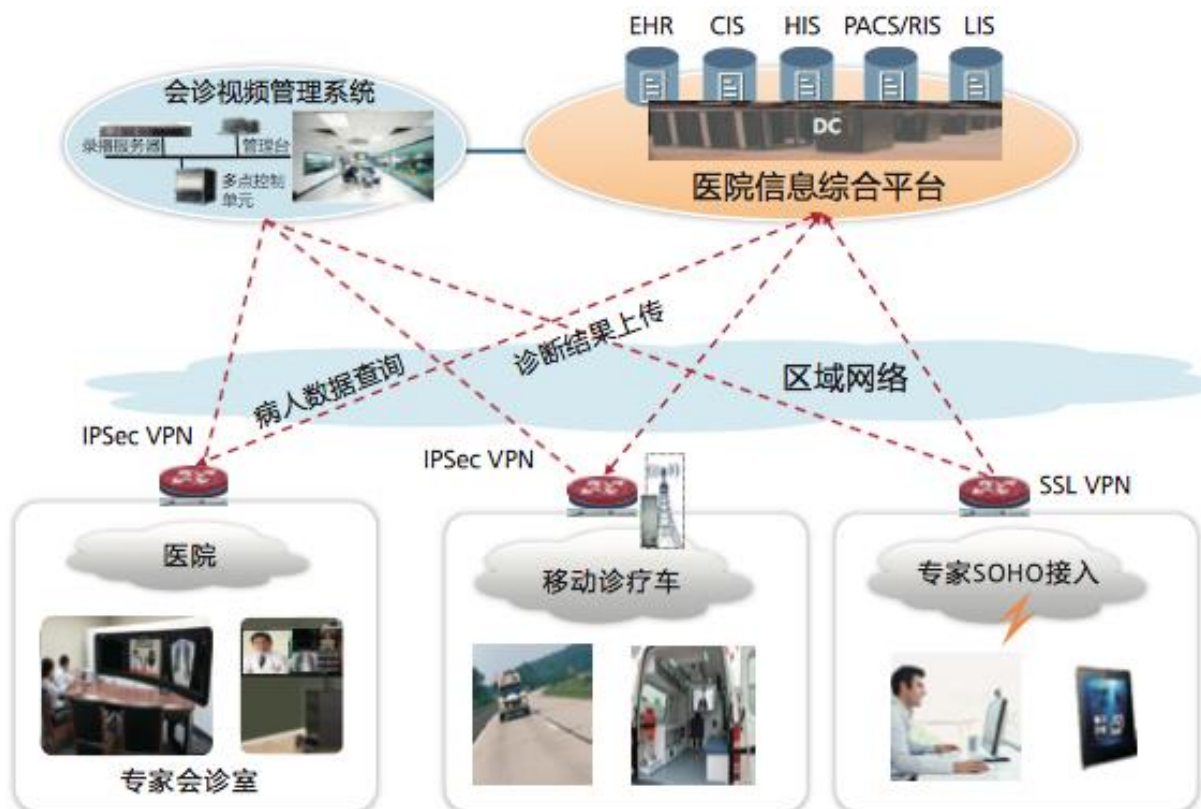
Usein pienillä sairaaloilla tai maakuntien sairaaloilla on niukat resurssit ja niillä ei ole mahdollisuuksia tarjota tarkoituksenomaisia lääketieteellisiä palveluita potilaille ajoissa. Syrjäseutujen potilaille aiheutuu korkeita kustannuksia, mikäli heille tulee tarve käydä lääkärissä kaupunkien suuremmissa sairaaloissa. Korkeita kustannuksia syntyisi myös, mikäli lääkärit joutuisivat matkustamaan potilaita tapaamaan syrjäseuduille, jolloin he joutuisivat laskuttamaan potilaita kaupungeissa asuvia potilaita enemmän. Ongelmia aiheuttavat myös ensiapua vaativat tapaukset, mikäli etäisyydet ovat pitkät. Apua pitäisi kyetä toimittamaan paikalle ajoissa, jotta ihmishenkiä säästyisi.

Huawein etäterveydenhoidon ratkaisun yhdistää nykyaikaiset multimediaverkkoteknologiat perinteisiin lääketieteellisiin teknologioihin sekä sallii kaukana toisistaan sijaitsevien lääkäreiden ja potilaiden kommunikoida kasvokkain teknologian välityksellä. Etähoidon diagnostiikkajärjestelmä ja potilastietojärjestelmä ovat yhteydessä toisiinsa, joten lääkärit voivat saada relevanttia potilasinformaatiota milloin tahansa. Tämä tarjoaa etädiagnostiikalle vahvan teknisen tuen.

Huawein etähoitoratkaisun painopisteitä ovat:

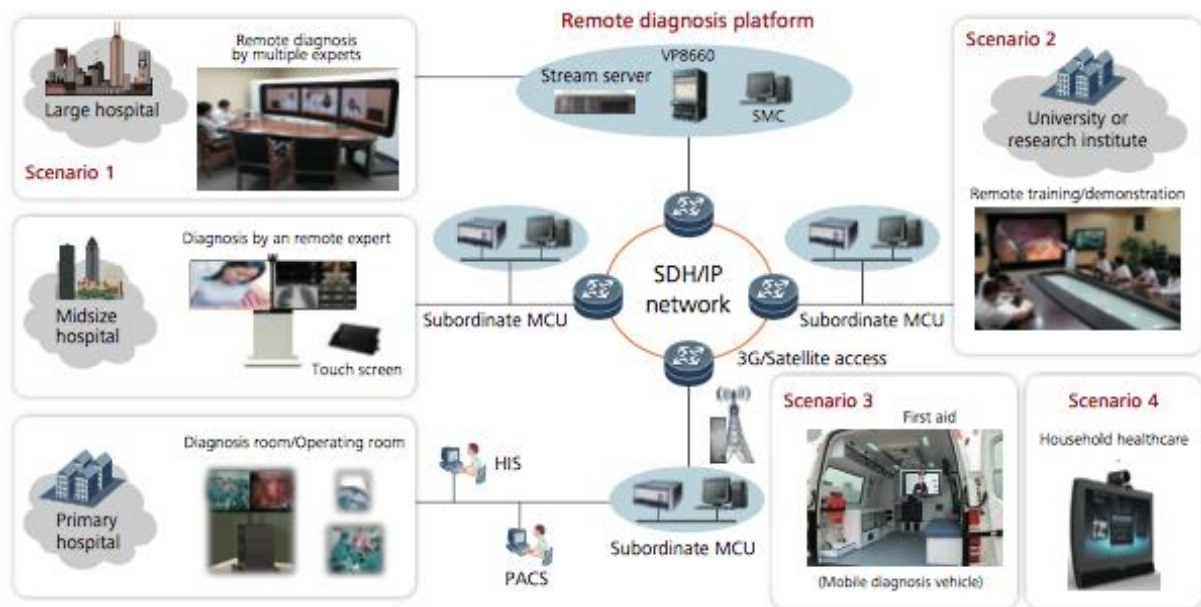
- Ratkaisu tukee HD- (High Definition) ja SD (Standard Definition)-videotiloja. Mikäli verkon kaistanleveys on yli 1 Mb/s, 1920 x 1080P HD-kuva 30 kuvan sekuntinopeudella on mahdollinen, jolloin lääkäri saa tarkan ja selkeän videokuvan etädiagnostiikka varten.
- Ratkaisu tarjoaa potilaille ja lääkäreille korkealuokkaisen paikan päällä tapauvan kokemuksen, jossa kuvia voidaan näyttää kolmella näytöllä samanaikaisesti. Ryhmädiagnostiikkaan osallistuvat henkilöt voivat myös paikantaa toistensa sijainnin kuulemalla toisistaan. Lisäksi ratkaisu tarjoaa reaaliaikaisen diagnostiproessin tallennuksen.
- Ratkaisu sisältää täydellisen potilastietojärjestelmän, jolloin lääkärit voivat tarkastella potilastietoja milloin tahansa.

Kuviossa 23 havainnollistuu Huaweiin etäterveydenhoidon ratkaisun sovellusalueita. Lääkäri voi olla VPN-verkon välityksellä etäyhteydessä sairaalan sähköiseen potilastietorekisteriin (EHR), (CIS), sairaalan informaatiojärjestelmään (HIS), kuvien varastointi- ja kommunikaatiojärjestelmään (PACS), radiologian informaatiojärjestelmään (RIS) ja laboratorion informaatiojärjestelmään (LIS). Ensiapu (ambulanssi) voi myös saada vitaalia informaatiota sairaalan tietojärjestelmistä kenttäolosuhteissa. Järjestelmä mahdollistaa myös etäyhteydet ja etädiagnosoinnin.



KUVIO 23. Huaweiin etäterveydenhoitoratkaisun sovellus-skenaarioita. (Huawei, 2012)

Kuvio 24 esittää yleiskuvan Huaweiin etäterveydenhoitojärjestelmästä. Yleiskuvassa on neljä skenaarioita, joista ensimmäinen havainnollistaa etädiagnosoinnin etädiagnosointialustan kautta IP-verkkoa hyödyntäen. Etädiagnosoinnissa diagnosointia voi olla tekemässä useampi asiaan erikoistunut asiantuntija ja siinä käytetään hyväksi videokuvaa. Keskikokoiset sairaalat voivat käyttää etädiagnostiikassa apunaan asiantuntijoita, sillä sairaalan resurssit voivat olla niukat. Myös suurimmat sairaalat voivat tarvita etädiagnostiikan hyödyntämistä ja lisäksi niillä on pääsy samanaikaisesti sairaalan tietojärjestelmiin ja kuvien varastointi- ja kommunikaatiopalveluihin. Skenaariossa kaksi ovat yliopistot tai tutkimusinstituutit, jotka voivat tarjota etäopetusta tai demostrointia sairaalan henkilöstölle tai toisin päin. Skenaariossa kolme on ensiavun palvelut, jotka kattavat mobiilin diagnostiikan. Neljännessä skenaariossa on kotioloissa tapahtuva terveydenhoito ja siellä olevien potilaiden etädiagnosointi.



KUVIO 24. Yleiskuva Huawein etäterveydenhoitoratkaisusta. (Huawei, 2012)

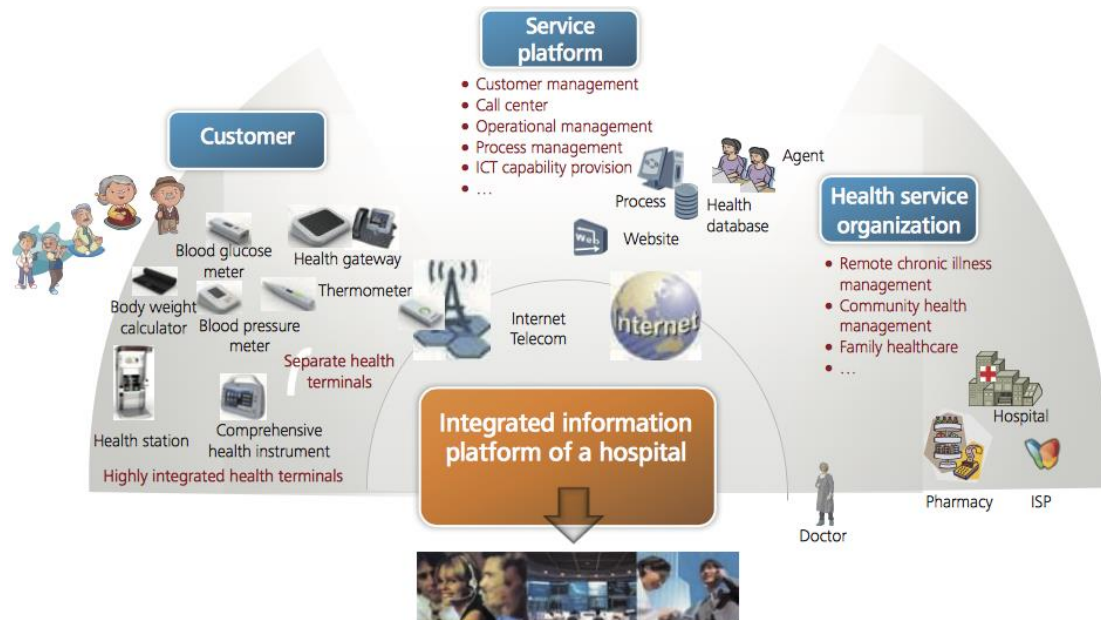
Kroonisten sairauksien hallintaratkaisu

Nykyään yhdessä kolmasosassa maista ja alueista maailmassa on vanheneva populaatio ja 80 % seniorikansalaisista kärsii ainakin yhdestä kroonisesta sairaudesta. Kroonisten sairauksien ennalta ehkäisystä ja hoidosta on tullut sosiaalinen ongelma. Ongelmia aiheuttaa muun muassa se, että kotitalouksien tulee voida monitoroida jäsentensä terveyttä, mutta sen toteuttaminen sairaaloissa on hankalaa ja aikaa vievää sairaalaprosessien monimutkaisuudesta johtuen. Erilaisten ryhmien tulisi myös voida päästä riittävän käteväällä tavalla yhteyteen terveydenhuollon järjestelmien kanssa. Lisäksi terveydenhuollon tietoverkot tulisi voida yhdistää koko maan kattaviksi, jotta terveydenhuollon resurssien käyttö olisi mahdollisimman tehokasta. (Huawei, 2012)

Huawein kroonisten sairauksien hallintaratkaisu sisältää täydellisen digitaalisen potilastietojärjestelmän (EHR) ja terveystalustalon, joka tarjoaa asukkaille mahdollisuuden säännöllisesti monitoroida terveyttään lähettää informaatiota muun muassa verenpaineestaan, happisaturaatiostaan, kehon lämpötilasta ja muista fysiologisista parametreista. Terveystalustiimit analysoivat nämä vastaanotetut parametrit, suorittavat diagnoosin ja antavat terveysohjeita äänen, videon ja tekstiviestien välityksellä. Kaikki edellä mainitut toimenpiteet muodostavat optimaalisen tavan kroonisten sairauksien hallintaan. Kroonisista sairauksista kärsivät tutkitaan säännöllisesti, jotta terveysriskit voidaan tunnistaa ajoissa ja antaa heille ohjeita terveyden hoitamisessa. (Huawei, 2012)

Huawein kroonisten sairauksien hallintaratkaisun yleiskuvassa (Kuvio 25) on kuvattuna asiakas, palvelualue ja terveystalustalon organisaatio. Potilaalla voi olla kotioloissa terveystalustalon mittavia mittalaitteita, kuten veren glukoositasapainon, verenpaineen,

kehon lämmön, mittarit ja langatonta protokollaa hyödyntävä vaaka, terveysasema ja muita terveysinstrumentteja. Potilaan mittausdata lähetetään joko langattomia tai kiinteitä verkkoja pitkin sairaalan integroituun tietojärjestelmälustaan terveydenhuollon henkilöstön analysoitavaksi. palvelualueella on asiakkaiden hallinta, puhelinkeskus, operationaalinen- ja prosessijohto jne. Terveyspalveluorganisaatio pitää sisällään kroonisten sairauksien etähallintaratkaisun, yhteisön terveyden hallinnan ratkaisut ja perheiden terveydenhuollon. Organisaation yhteyteen kuuluvat myös sairaalat, apteekit ja terveydenhuollon ammattihenkilöstö.



KUVIO 25. Yleiskuva Huaweiin kroonisten sairauksien hallintaratkaisusta. (Huawei, 2012)

3.3.3 Humber River Hospital

Useimpien sairaaloiden ollessa hitaita omaksumaan uutta teknologiaa, Humber River Hospital oli avautuessaan ensimmäinen täysin digitaalinen sairaala Pohjois-Amerikassa avautuessaan vuonna 2016. Sairaalan pinta-ala on yli 167 000 neliometriä ja se käsittää uusia innovaatioita, paperittoman terveydenhuollon, robottivasteistiset leikkaukset, pesulapalvelut, aterioiden valmistukset jne. Sairaala on edistynyt aivan uudelle tasolle potilasrekistereistä tai telelääketieteestä paperittomaan, yhtenäiseen kokonaisuuteen potilaille, hoitohenkilökunnalle ja lääkäreille, eikä se enää tunnu sairaalalta. Niukat (lean), vihreät (green) ja digitaaliset (digital) elementit yhdessä tarjoavat pohjan erinomaiselle potilaskeskiselle hoidolle. Kaikki edellä mainitut elementit ovat integroituja, yhteydessä toisiinsa ja informoivat toinen toisiaan. (Chenoweth, 2017)

Humber Riverin sairaalassa on 656 potilaspaiikkaa ja 450 000 potilasta vuosittain, joten resurssit ovat niukat. Lean innovaatiot ovat johtaneet tilanteeseen, jossa lentokentän esiselvitysprosessin kaltainen kirjautumisprosessi sairaalaan alkaa jo ennen potilaan

saapumista paikan päälle, jolloin hän voi aloittaa prosessin verkossa. Selvitysprosessissa itsepalvelukioskit aktivoivat potilasrekisterin potilaan saapuessa ja erilaiset klinikat on merkitty kirjaimilla, joten potilaat voivat helposti löytää alueen, johon rekisteröityä. Lean-suunnittelua on myös sovellettu työvoimaan, jotta voidaan vähentää aikaa ja käyttökustannuksia matkareittien lyhentyessä. Helppokäyttöisyys on ollut ensimmäisenä mielessä suunnitteluprosessin aikana. Yksi avainpäätöksistä on ollut potilaskokemuksen parantaminen rakentamalla erilliset sisäänpääsy korkeaa valmiustilaa ylläpitäville klinikoille. (Chenoweth, 2017)

Vihreät elementit, kuten energiatehokkuus on avainalueella Humber River sairaalan strategiassa, koska sen kustannukset operaatioille ovat suuret. Sairaala on käyttänyt useita ympäristöystävällisiä metodeita, kuten matalampia ilmanvaihdon nopeuksia, suurempia kanavien kokoja, tehokasta laitteistojen valintaa ja älykästä valojärjestelmää. Sairaala on asennuttanut viherkattoja ja luonnollisen valon määrä on maksimoitu sekä 100 % raikas ilma paremman sisäilman tuottamiseksi. Hukkalämmön tuotto on myös olennainen elementti kestävässä strategiassa, erityisesti ankarien talvien aikana. (Chenoweth, 2017)

Humber River-sairaalan digitaalinen strategia ei ole elementeistä vähäisin, vaan se on johtanut merkittävästi parempaan laatuun hoidossa. Sairaala käyttää informaatiota, kommunikaatio- ja automaatioteknologiaa (Kuten ICat), joiden avulla perinteiset erilliset järjestelmät voidaan saada toimimaan yhteen yleisen verkon kautta, joka jakaa informaatiota rakennuksen, hallinnollisen ja operationaalisten järjestelmien lävitse. Automaatiota ja integraatiota sovelletaan kaikilla sairaalan osa-alueilla. Esimerkiksi potilassängyn äärellä olevien kommunikointi ja viihdeportaalien kautta potilaat voivat kontrolloida valoja ja lämpötilaa, tilata ruokaa tai jopa keskustella Skypellä sukulaisten kanssa. (Chenoweth, 2017) Kyseessä ei ole vain sairaalan sisäiset informaatiojärjestelmät ja automaatio, vaan muutokset ulottuvat koteihin asti mahdollistaen potilaiden ympärivuorokautisen seurannan hoitohenkilöstön toimesta. (Kutscher, 2016)

Aikaa säästävät parannukset mahdollistavat potilaisiin keskittymisen arkipäiväisten, mutta tarpeellisten toimien, kuten lounastarjottimien kuljettamisen tai lääkkeiden lajittelu, sijasta. Kuljettamisen voi hoitaa automaattisesti ohjautuvat tarkoitukseen soveltuvat robotit. Pneumaattinen jätteiden ja liinavaatteiden käsittelyjärjestelmä huolehtii pyykin ja verinäytteiden kuljetuksesta. Ehkäpä merkittävintä on viimeisintä tekniikkaa edustava robotti, joka voi auttaa leikkauksissa korvaamalla ihmiskädet robotin käsillä tehden prosessista vähemmän häiritsevän. Lisäksi mobiiliteknologia ja reaaliaikaiset paikannuspalvelut voivat paikantaa hoitohenkilökuntaa ja auttavat omaisia paikantamaan sairaalassa olevia perheenjäseniään sekä tarjoavat nopeammat diagnosoinnin- ja hoidon palvelut, laajemman asiakaspalvelun sekä paremman asiakastyytyväisyyden. (Chenoweth, 2017)

Eräänä avainkomponenttina digitaalisessa strategiassa on dynaaminen lasi, joka yhdistää Lean-ajattelun, vihreät arvot ja digitaaliset periaatteet ja tarjoaa älykkään ikkunajärjestelmän sekä teknologian kontrolloinnin potilaiden huoneissa. Dynaaminen lasi sisältää älykkäitä kontrolloita, jotka automaattisesti sävyttävät paneeleita säilyttämään optimaalisen sisäympäristön potilaille.

Dynaamisen lasin hyötyjä ovat:

- Algoritmit, jotka optimoivat päivänvaloa, lämpöviihtyvyyttä ja vähentävät häikäisyä
- Potilaat voivat kontrolloida toimintoja sairaalasängyn äärestä
- Lyhyempi elinkaari ja ylläpito
- Infektiokontrolli (infektioiden määrät ovat pudonneet merkittävästi)
- Parantunut energiatehokkuus

3.3.4 New Odense University Hospital

Tanskassa on käytetty yli 10 miljardia euroa 16 uuden sairaalan rakentamisprojekteihin. New Odense University Hospital on yksi suurimmista Tanskassa toteutuksessa olevista digitaalisen sairaalan projekteista 1,3 miljardin euron budjetilla. Sairaalassa on 714 sairaalapaikkaa, 52 operaatiohuonetta erilaisia toimenpiteitä varten. Uusi sairaala rakennetaan alusta saakka uudelleen ja se on suunniteltu valmistuvan vuonna 2022 ja sen pinta-ala tulee olemaan suunnilleen 250 000 neliometriä. Sairaala on niin sanottu megaluokan projekti ja se tulee korvaamaan aiemman Odense University Hospitalin (OUH). (Gøtze, 2017)

New Odense University Hospitalin (NOUH) visiona on olla korkean teknologian tietointensiivinen organisaatio, jonka toiminta perustuu ja optimaalisesti hyötykäytettyyn jaettuun informaatioon, joka tähtää potilaiden hoitoon ja tutkimukseen. Tiedon tulee olla jaettavissa vapaasti sairaalan verkoissa ja tärkeiden toimijoiden välillä sekä sen täytyy olla käytettävissä kaikkina aikoina ja sellaisessa muodossa, että sitä voidaan hyödyntää välittömästi. Tämä on myös yksi digitaalisen sairaalan elementti, joka määrittää sen, että digitaalisuuden täytyy olla läsnä kaikkialla sairaalan prosesseissa ja lisäksi, että sairaala ymmärtää visionsa sekä osaa käyttää tietoa optimaalisella tavalla. Digitaalinen sairaala käsitteenä on siten edellytys uuden Odensen yliopistollisen sairaalan tietämyksen rakentumiselle. (Gøtze, 2017)

Digitaalisten ratkaisujen täytyy tukea kaikkia sairaalan palveluiden ja toimintojen käyttäjiä. Nykyisin digitaaliset ratkaisut auttavat muuntamaan dataa tiedoksi hyödyttämään tiedon jakamista, hoitoja, huolenpitoa ja tutkimusta. Digitaalisen ratkaisun täytyy lisäksi tukea informaation vaihtoa eri käyttäjien välillä tavalla, joka informaatiota etsivälle relevantti. Digitaalisen tiedon täytyy olla aina saatavilla ja tukea käyttäjänsä millä tahansa hetkellä, kun tietoa tarvitaan huolimatta ajasta ja paikasta. Esimerkiksi leikkausoperaation aikana kirurgi

voi saada elintärkeää tietoa ja tämä tieto on sitten myös tutkijoiden käytettävissä huolimatta siitä, ovatko he läsnä sairaalassa, yliopistossa tai ulkopuolella. (Götze, 2017)

NOUH-sairaalaprosjektissa IT-prosessien viitekehystenä käytetään tunnettua TOGAF-viitekehystä, joka on suunnitteluprosesseissa liikkeelle paneva voima ja joka tulee varmistamaan johdonmukaisen ja ajantasaisen IT-arkkitehtuurin, kun sairaala on valmistumassa vuonna 2022. Sairaala tekee yhteistyötä University of Southern Denmark kanssa parantaakseen tutkimuksen ja kliinisen hoidon välistä yhteyttä. Projektiorganisaatio ja koko eteläisen Tanskan alue toimii yhteistyössä kuvaillakseen, analysoidakseen, hankkiakseen ja toteuttaakseen IT ja teknologisia ratkaisuja, jotka parantavat tarjolla olevaa terveydenhuoltoa, tukevat kliinistä visiota ja tekevät päivittäisestä kliinisestä käytännöstä toimintakykyistä. Tätä kutsutaan digitaaliseksi sairaalaksi. (Knudsen, 2015)

Odense University of Hospital tekee yhteistyötä University of Southern Denmark (Department of Entrepreneurship and Relationship Management) ja Sundhedsekspressen sekä kuuden pienyrityksen kanssa ePatient-projektissa, joka tähtää parantamaan informatiota sekä kommunikaatiota sairaalan ja potilaiden välillä. Vuosien 2016 – 2018 välillä ePatient-projektissa toteutetaan 25 kehitys- ja testausprosessia Odense University Hospitalissa, jotta on mahdollista löytää uusia digitaalisia ratkaisuja, jotka antavat potilaille paremman ymmärryksen sairauksistaan ja säästää myös sairaalan resursseja. (Thiel, 2016)

Useat potilaat menettävät potilasinformaation kadotessa tärkeän yleiskatsauksen ja ymmärryksen omasta hoidostaan, jolloin he eivät tiedä, milloin ja miksi heidän tulee ottaa tietty lääke ja miksi lääkäri on sen määrännyt. Seurauksena krooniset potilaat ottavat ainoastaan 50 % määrätystä lääkkeistä ja useat potilaat eivät saavu sovittuihin konsultaatioihin, leikkauksiin avohoidon hoitoihin ja kuntoutuksiin. Tämä on sairaaloille erittäin kallista, sillä pelkästään tanskalaiset sairaalat peruvat 25 000 sovittua operaatiota vuosittain, sillä potilaat eivät tule paikalle, joka tekee sairaalan potilasvirran suunnittelusta ja resurssien käytöstä vaikeaa. Potilaille se merkitsee, että he voivat menettää tärkeän leikkauksen, koska mahdollisesti joutuvat odottamaan kauan seuraavaa tapaamista. Useimmissa tapauksissa on suora yhteys hyvän potilaiden informoinnin terveydenhuollon ammattilaisten suosituksen noudattamisen välillä. (Thiel, 2016)

Yksi tapa, jolloin potilasinformaatiota voi hukkuu on, kun potilaat vastaanottavat tietoa vihkojen välityksellä. Vihkoja on helppo kadottaa ja usein ne eivät myöskään sisällä informaatiota, jota potilas tarvitsee, eivätkä välitä tietoa, jota potilas voisi ymmärtää. Ratkaisu tähän ongelmaan on eHealth, jossa digitaalinen kommunikaatio tukee potilasta hoidon ja taudin kulun läpi. Digitaalisten ratkaisujen, kuten sovellukset, avulla voidaan päästä irti vanhasta tekstipohjaisesta ajattelutavasta ja keskittyä johonkin, johon potilas voi paremmin samaistua, kuten grafiikka, ääneen lukeminen, videot ja suora kommunikaatio terveydenhuollon henkilöstön kanssa. Esimerkiksi mallipotilaan tapauksessa hän voi lähteä

sairaalasta 10 erilaisen informaatiiovihkosen kanssa, jotka eivät sisällä vaihtelevaa informaatiota. Sovelluksen avulla on mahdollista ajoittaa informaatio sopivaksi, jolloin tarvittava informaatio on aina saatavilla. (Thiel, 2016)

ePatient-alusta ratkaisee kommunikaatiohaasteita tarjoamalla uusia kommunikaatiotyökaluja terveydenhuollon ammattilaisille. Työkalut helpottavat terveydenhuollon ammattilaisia auttamaan potilaita tunnistamaan ja ymmärtämään sairauttaan sekä motivoimaan heitä ottamaan tarvittavat lääkitykset tai tulemaan paikalle sovittuun leikkaukseen tai muuhun toimenpiteeseen. Uudet kommunikaatiotyökalut auttavat potilaita saamaan avoimemman lähestymistavan hoitoihinsa, jossa he voivat tarjota terveydenhuollon ammattilaisille tarvittavan informaation, jotta hoidot voisivat onnistua parhaalla mahdollisella tavalla. (Thiel, 2016)

ePatient kehittää eHealth ratkaisua, joka vastaa potilaiden näkökulmasta oleviin haasteisiin ja auttaa heitä seuraamaan hoitoaan. Ratkaisu tarjoaa yksinkertaisen ja suoraviivaisen tavan kerätä informaatiota potilailta ja potilaille sekä terveydenhuollon ammattilaisille. Uudet digitaaliset ePatient työkalut antavat potilaille tietynlaisen omistusoikeuden hoitoihinsa, joten he ovat motivoituneita toimimaan terveydenhuollon henkilöstön suositusten mukaisesti (esimerkiksi lääkitykset ja toimenpiteet). Projekti myös optimoi sairaalan resursseja ja parantaa työtyytyväisyyttä terveydenhuollon ammattilaisten keskuudessa. (Thiel, 2016)

3.3.5 Parkland Health & Hospital System (Memorial)

Parkland Health & Hospital System on sijainnut jo kauan (vuodesta 1894) Dallasissa, Texasissa, USA:ssa ja se on Dallasin piirin terveydenhuollon tarjoaja kaupungin ilman terveystakuutusta oleville ihmisille tarjoten siten turvaverkon vähävaraisille, huonompiosaisille ihmisille. Sairaalan toimiessa jo niin pitkän aikaa, vanhenevan rakennuksen fyysiset ja tekniset ominaisuudet eivät enää riittäneet, vaan modernin lääketieteellisen teknologian sekä infrastruktuurin vaatimukset kasvoivat niin suuriksi, että uuden rakennuksen rakentamisesta tehtiin päätös, jolloin myös nimi muutettiin Parkland Memorial Hospital-sairaalaksi. Uusi vuonna 2015 avattu sairaala on suunniteltu alusta asti uutta kehittynyttä nykypäivän teknologiaa silmällä pitäen. (Kull, 2017)

Dallasin piirikunnan uusi julkinen 17-keroksinen Parkland-sairaala kustansi 1,3 miljardia USA:n dollaria ja on yksi ensimmäisistä digitaalisista sairaaloista USA:ssa. Sairaalan uusi kampusalue on täynnä teknologiaa, jollaista ei osattu kuvitellakaan, kun sairaalan suunnittelu alkoi vuonna 2002. Sairaalan digitaalinen teknologia maksoi 80 miljoonaa USA:n dollaria ja sen pitäisi parantaa potilaiden hoitoa, yksinkertaistaa kirjaamista, parantaa turvallisuutta ja saada Parkland toimimaan tehokkaammin. (Jacobson, 2014)

Sairaalan vierailijat kirjautuvat sisään kosketusnäyttökioskien avulla, jotka opastavat heidät aulasta sairaalan julkisilla alueilla oleviin kohteisiin. Potilaille on käytössään älysängyt (Kuvio 26), jotka voivat punnita heidät ja hälyttää hoitajia, jos potilaat nousevat sängystä silloin kuin heidän ei niin tulisi tehdä. Vauvojen sijainti jäljitetään napanuoraan kiinnitettävillä laitteilla. Sairaalan käytävillä on videokameroita, jotka kykenevät tunnistamaan liikettä joka suuntaan. Parlandin sairaala poikkeaa teknologialtaan muista, sillä sen järjestelmä on täysin integroitu ja sen avulla voidaan kontrolloida lähes kaikkea sairaalan toiminnoista. Sairaala on isommassa mittakaavassa samankaltainen kuin älykodit, jossa kaikki samaan keskuksen kytkettävät laitteet voivat kommunikoida toistensa kanssa. USA:ssa on tutkittu 5500 sairaalaa ja vain 44 %:lla niistä on samankaltaisia teknologisia valmiuksia, kuten digitaaliset potilasjärjestelmät, joka Parklandin sairaalassa on perusasia. Lopullisena tavoitteena on saavuttaa korkein laatu potilaiden hoidossa. (Jacobson, 2014)



KUVIO 26. Parkland Memorial-sairaalan älysänky. (Jacobson, 2014)

Hoito sairaalassa alkaa Footwall-järjestelmän esittelyllä potilaalle. Footwall on interaktiivinen järjestelmä, joka on kiinnitetty seinään potilaan sairaalasängyn jalkopäähän ja se löytyy jokaisesta potilashuoneesta. Potilas kontrolloi Footwall-järjestelmää sängystään, käyttämällä intuitiivista kaukosäädintä, joka on samankaltainen kuin TV:n kaukosäädin, joka on useimmille tuttu jo entuudestaan. Footwall tarjoaa huomattavan määrän erilaisia palveluita tavanomaisesta TV:stä ja viihteestä aina koulutusvideoihin saakka, jotka voidaan räätälöidä hoitajien suositusten mukaisesti. Koulutusvideot voivat auttaa potilaita kysymään kysymyksiä, joita he eivät muuten osaisi lääkäritä kysyä ja ovat myös sillä tavoin hyödyllisiä. Järjestelmä ilmaisee hoitajille, mitä videoita potilas on katsonut, joten hoitaja voi sitten keskustella potilaan kanssa kyseisestä aihealueesta. Potilas voi myös ilmaista kipupisteensä Footwall-järjestelmän kautta, jolloin siitä lähtee ilmoitus hoitajien mobiililaitteisiin. Sairaalan

järjestelmä lisäksi kerää ja analysoi potilaan dataa koko potilaan elinkaaren ajan, jolloin potilaan potentiaaliset terveysriskit voidaan määrittää. Tulevaisuudessa Footwall tulee tukemaan myös videokonferenssia, jolloin hoitajat voivat kommunikoida potilaan kanssa, vaikka ovatkin liikkeellä muualla. Järjestelmä voi myös rohkaista potilasta tekemään harjoitteita ja siten sitoutumaan enemmän hoitoonsa. Footwall antaa myös yleistietoa, kuten kuka potilaan lääkäri tai hoitaja on. (Optum, 2016)

Parkland-sairaalassa ei enää käytetä kotitekoisia kylttejä (Kuvio 27 ja 28) varoittamaan infektioriskeistä potilaiden ovissa, eikä sairaalassa enää täytetä isoja pinoja papereita, joihin potilaiden asioita kirjataan. Hoitajat eivät myöskään enää vastaa kutsupainikkeisiin, kuten aiemmin on sairaaloissa ollut tapana. Sen sijaan 2500 hoitajaa saavat kädessä pidettävät mobiililaitteet, jotka hälyttävät heitä potilaiden tarpeen mukaan, yhdistyvät lääketieteellisiin rekistereihin ja mahdollistavat kommunikaation muiden hoitoa tarjoavien ammattilaisten kanssa. Potilaiden kutsun sijasta hoitajat saavat hälytyksen huoneessa olevan monitorointilaitteiston kautta. Laitteen kautta selviää esimerkiksi, jos potilaan verenpaine on kohoamassa ja muut lääketieteelliset mittaustulokset. Hälytys voi muodostua myös siitä, jos joku esimerkiksi vie vauvan hissiin, johon hänen ei kuulu mennä. Tällöin järjestelmä voi myös lukita hissien oven turvallisuussyistä. (Jacobson, 2014)



KUVIO 27. Huonekyltti, joka tunnistaa potilaan ja potilaan tilan. (Jacobson, 2014)



KUVIO 28. Potilaan tilan ilmoittava näyttö. (Jacobson, 2014)

Parkland Memorial-sairaala käyttää toiminnoissaan kehittyneintä nykypäivän teknologiaa, mukaan luettuna langatonta kommunikointiteknologiaa varmistaakseen, että sairaala pysyy mukana teknologian kehityksen vaatimuksissa tulevana vuosikymmeninä. Sairaala on täysin digitaalinen ja se sisältää teknologiaa, jota ei ollut vielä saatavilla, kun sairaalan suunnitteluprosessi alkoi vuonna 2008. Yhtenä teknologioista sairaalan arkkitehtuuri käyttää VMWaren virtuaalisen työpöydän ratkaisua ja kyseinen teknologia tarjoaa useita etuja sairaalalle. (Kull, 2017)

Digitaaliseen terveydenhuoltoon siirtyminen ei vaadi mittavia uusia muutoksia infrastruktuuriin. Virtualisointi antaa sairaaloille joustavuutta, jotta ne voivat lisätä uutta kapasiteettia hyödyntämällä aiempia järjestelmiä tarpeen mukaan. VMWare tarjoaa lääkäreille ja muille terveydenhuollon ammattilaisille yksinkertaisen ratkaisun, jossa käyttäjän tarvitsee vain napauttaa ruutua, jolloin vuorovaikutus potilaan kanssa voi alkaa. Potilaiden, hoitajien ja lääkäreiden välillä ei näin ollen ole välimatkaa tai eroa. Kehittyneen teknologian avulla terveydenhuollon ammattilaiset kykenevät työskentelemään tehokkaammin ja antamaan potilaalle enemmän aikaa ja yksilöllisempää hoitoa. (Kull, 2017)

3.3.6 Princess Alexandra Hospital

Princess Alexandra Hospital (PAH) on yksi kolmesta korkea-asteen laitoksista Australian Queenslandissa ja se on myös yksi Australian johtavista opetus- ja tutkimussairaaloista. Sairaala tarjoaa palveluita akuutin terveyden kysymyksissä ja osavaltion laajuisissa palveluissa, kuten aivovauriot, raajan amputaatiot, selkäydin, munuais- ja maksasiirännäiset sekä siirtymäkauden kuntoutus. PAH:ssa on myös oma apteekkilaitos, joka on kansallisesti johtava kliinisisissä toteutuksissa, lääkkeiden jakelun innovatiivisissa käytänteissä, tutkimuksessa, koulutuksessa jne. (Connell)

Princess Alexandra Hospital:sta tuli vuonna 2015 ensimmäinen suuren mittakaavan digitaalinen sairaala Australiassa. Tuleminen digitaaliseksi sairaalaksi saattoi PAH:n terveydenhuollon innovaatioiden ja teknologian kärkipäähän, joiden on tarkoitus johtaa parempaan hoidon tasoon potilaille (Digital Hospital, 2016). PAH:ssa työskentelee 6529 henkilökunnan jäsentä ja sairaalassa on 833 sairaalasankyä yöpymistä varten. Sairaala hoitaa yli puoli miljoonaa potilasta vuosittain. Sullivanin ym. (2016) mukaan ajatuksena oli rakentaa integroitu digitaalinen sairaala, joka tarjoaa hoitoa kaikilla alueilla, kuten esimerkiksi ensiavussa, sairaalajaksoilla ja avohoidossa. Sairaalassa on digitalisoitu elintoimintojen monitorointi sekä EKG ja niiden mittaama informaatio lähetetään EMR:lle (Kuvio 29) Wi-Fi:n välityksellä välitöntä katselua varten.



**KUVIO 29. Australialaisen PAH-sairaalan digitaalinen potilastietojärjestelmä (EMR).
(Mitchell-Whittington, 2016)**

Terveydenhuollon tarjoajat ja sairaalat yleensäkin, ovat yhä laajalti riippuvaisia vanhanaikaisista paperipohjaisista järjestelmistä. USA:n ulkopuolella hyvin harvoilla toimijoilla on digitaalinen potilastietojärjestelmä (EMR). Digitaaliset järjestelmät vähentävät inhimillisistä virheistä johtuvia riskejä ja leikkaavat kustannuksia. Potilaiden elintoimintoja monitoroivat laitteet lähettävät mittausdataa lääkäreille ja voivat tehdä hälytyksiä. Tällöin terveydenhuollon henkilökunta voi vastata nopeasti ja tehdä informoidumpia päätöksiä. EMR-järjestelmät voivat kuitenkin aiheuttaa ongelmia, mikäli ne toteutetaan väärin esimerkiksi vähentämällä hoitohenkilöstön moraalialia, hoidon laatua ja tehokkuutta. (Momentum)

Alexandran sairaalassa potilaille annetaan tulostetut rannekkeet, joissa on yksilöllinen viivakoodi ja samanaikaisesti elintoimintoja monitoroidaan ja mitattu informaatio tallennetaan ja lähetetään lääketieteelliseen tietueisiin Wi-Fi:n välityksellä. Potilaan data on nyt saatavilla sairaalasängyn äärestä reaaliajassa, EKG- ja tärkeät elintoiminnot kerätään sähköisesti hoitopisteessä ja kerätty data sitten auttaa tukemaan päätöksen tekoa. Todelliset hyödyt voidaan nähdä, kun dataa voidaan käyttää parantamaan hoidon laatua ja terveydenhuollon tehokkuutta. (Momentum)

Princess Alexandra-sairaalassa on otettu käyttöön 3D-tulostus monimutkaisten traumapotilaiden tarpeettomien leikkausten vähentämiseksi. Kirurginen suunnittelu koostuu laajasta murtumien analysoinnista, jotta voidaan vähentää monimutkaisia komplikaatioita ja lisäleikkauksien tarvetta sekä vähentää potilaiden paranemisaikaa. 3D-mallinnuksen avulla lääkärit voivat visualisoida monimutkaisia murtumia ja kohtia, mihin ruuvit ja levyt tulee sijoittaa, jotta on mahdollista pitää luu oikeassa asennossa paranemisprosessin ajan. Pitkälle kehitetty kuvantamisteknologia yhdistettynä 3D-malleihin voi muuttaa lopputulosta yksittäisille potilaille. PAH tutkii 3D-tulostuksen toimivuutta myös muissa tarkoituksissa,

kuten kruunuissa, suukirurgiassa, yksilöllisissä tulostetuissa proteeseissa ja klinisiin harjoituksiin sopivissa kirurgisissa malleissa. (Innovate)

3.3.7 St Stephen's Hospital

UnitingCare on avannut Australian ensimmäisen täysin integroidun digitaalisen sairaalan Hervey Bayhin Queenslandin Frazer-rannikolle. Liittovaltion terveydenhuollon rahasto tuki kyseistä huippuluokan tulevaisuuden sairaalahanketta ja rahallinen tuki oli 47 miljoonaa arvioidusta 87,5 miljoonasta Australian dollarista ja se koostui rakentamisen ja sähköisen terveydenhuollon kuluista. Uusi sairaala avattiin vuonna 2014 ja se on osoittanut potilaille ja lääkäreille, kuinka teknologia voi muuttaa terveydenhuollon kokemuksia. (UnitingCare)

Aluksi sairaalassa on 96 potilaspaikkaa, kuusi munuaisdialyysipaikkaa ja kuusi paikkaa onkologiaa varten. Jatkossa sairaalaa on tarkoitus laajentaa niin, että petipaikat lisääntyvät 132 saakka ja jatkossa tulee 180 lisäpaikkaa. Sairaalassa tarjoaa elintärkeitä lääketieteellisiä ja kirurgisia palveluita sekä ennennäkemättömän potilashoitomallin, joka hyödyttää aluetta paljon. (UnitingCare)

St Stephenin sairaalan ja sähköisen terveydenhuollon projektin tavoitteet ovat:

1. Toimia linjassa osa- ja liittovaltioiden terveydenhuollon aloitteiden kanssa, erityisesti sähköisen terveydenhuoltojärjestelmien alueella.
2. Auttaa UnitingCareä ymmärtämään strategiset tavoitteensa, erityisesti potilasturvallisuuteen ja tyytyväisyyteen liittyvät.
3. Edistää sähköisen terveydenhuollon kehitystä koko UnitingCaren organisaatiossa huippuluokan sähköisen terveydenhuollon ratkaisun avulla.
4. Vakiinnuttaa UnitingCare kansalliseksi sähköisen ja edistyneen terveydenhuollon johtavaksi organisaatioksi.

Uuden digitaalisen sairaalan ominaisuuksia ovat:

- Automaattiset syötteet, jotka siirtävät avainelementtejä potilasdatasta suoraan monitorointijärjestelmistä sähköisiin potilaskertomuksiin (Electronic Medical Record, EMR).
- Reaaliaikaiset liikkuvan klinikan hälytykset koskien allergioita, lääkitystä ja epänormaaleita elintoimintoja ja tuloksia.
- Viivakoodilukijat potilaiden lääkitystä varten.
- Paikallinen- ja etäyhteys potilaskaavioihin mobiililaitteiden ja tablettien kautta.
- Digitaalinen lounaan sekä viihdejärjestelmän tilaus.

St Stephenin sairaalan teknisen infrastruktuurin faktoja:

- Yli 2100 datapistettä laitoksessa ja 150 langatonta tukiasemaa
- Yli 100 km datakaapelointia ja yksi päädatakeskus
- 11 kommunikaatiohuonetta
- Noin 1000 sairaalaverkkoon yhdistyvää laitetta
- Kaikilla verkon kytkinlaitteistoilla, kommunikaatiohuoneilla ja datakeskuksilla on kaksoisvirtalähde vikatilanteiden varalta
- Sairaalalla on kaksi generaattoria laitteistojen voiman takaamiseksi vikatilanteissa.
- Sairaalassa on myös videokonferenssimahdollisuus
- Potilaiden viihdejärjestelmä sisältää Internet-yhteyden, television katselun, videokonferenssit ja aterian tilaamisen sängystä
- Laaja IT-turvallisuus, joka sallii vain auktorisoitujen laitteiden yhdistämisen verkkoon

3.3.8 Suleiman AL-Habib

Suleiman Habibin sairaalaa Dubaissa voidaan pitää hyvänä esimerkkinä tulevaisuuden sairaalasta, sillä kyseinen sairaala hoitaa potilaitaan viimeisimmillä ja parhailta teknologioilla, joita lääketieteellä on käytössään. Esimerkiksi MRI- tai tietokonetomografiakuvauksissa voidaan tunnelmaa parantaa mahdollistamalla erilaisten sisustuselementtien (Kuvio 30) valinnan potilaille. Menettely voi parantaa viihtyvyyttä ja helpottaa tutkimuksien tekemistä, mikäli potilailla on mahdollisia fobioita lääketieteellisiä tutkimusinstrumentteja ja tutkimuksia kohtaan. Viihtyvyyden lisäksi uusinta teknologiaa on sisällytetty kaikkiin 200 sairaalan huoneeseen diagnosoinnin ja suorituksen parantamiseksi, kustannusten laskemiseksi ja ylipäänsä sairaalaympäristön rakentamiseksi paremmaksi paikaksi lääkäreille, radiologeille ja potilaille. (Ge Healthcare)



KUVIO 30. Tietokonetomografialaitteisto (CT-scan) ja sisustuselementit. (Ge Healthcare, 2016)

Potilaita ensiapuun kuljettavat sairaankuljettajat käyttävät Googlen laseja kommunikoidessaan paikalla olevien lääkäreiden kanssa reaaliaikaisesti videon ja puheluiden avulla, jotta potilaan tilaa koskeva ajankohtainen tieto voidaan toimittaa ennen kuin potilas saapuu ensiapuun, jolloin tarvittavat valmistelut voidaan tehdä etukäteen. Teollisen internetin voiman hyödyntäminen, lääketieteellisten laitteiden integrointi, digitaalinen data ja IT-järjestelmät antavat lääkäreille voimakkaita työkaluja, joiden avulla potilaiden hoidon lopputulosta ja sairaalassaolon aikaa voidaan parantaa. Lääkärit voivat muun muassa jakaa lääketieteellisen kuvantamisen tuloksia ja muuta diagnostiikkadataa asiantuntijoiden kanssa ympäri maailman toisen mielipiteen saamiseksi, jotta mahdollisimman tarkka diagnosoinnin tulos ja parhaat hoitomuodot potilaille voidaan saavuttaa. Sähköisessä sairaalassa potilastietorekisteri, testitulokset, hoitosuunnitelmat ja muu informaatio ovat tietoturvallisia, mutta kuitenkin terveydenhuollon henkilöstön hyödynnettävissä. (Ge Healthcare, 2016)

3.3.9 Shibein sairaala Shanghai

Kansalaisten vaatimukset julkisen terveydenhuollon ja lääketieteellisten palveluiden suhteen kasvavat, Zhabein kaupunginosa Shanghaissa tarvitsi nopeasti järjestelmän, joka eliminoi tekniset-, palvelujen- ja informaatioon liittyvät ongelmat instituutioissa. Zhabein tähtäsi lääketieteellisten resurssien sekä palveluiden jakamiseen alueella ja paikallisten terveydenhuollon palveluiden kehittämisen keskitettyyn edistämiseen. (Huawei, 2012)

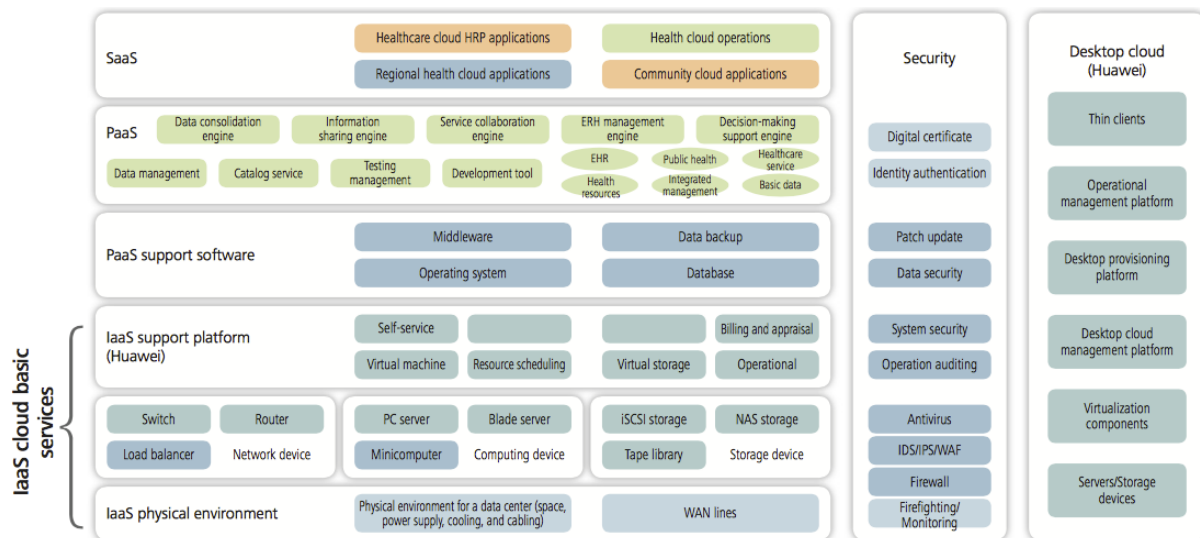
Informaation siiloutumisen eliminoinnissa ja lääketieteellisten resurssien jakamisessa datan standardisointi on tärkeä osa alueellisen terveydenhuollon alustan rakentamiseksi. Perinteinen IT-arkkitehtuuri ei kyennyt tukemaan palvelujen laajentamista, asiakaskunnan kasvua, suurempaa laskenta- ja varastointikapasiteettia ja parempaa verkon turvallisuutta, joiden seurauksena Zhabein terveystoimisto kohtasi useita vaikeuksia terveystietopalvelualueen rakentamisessa. (Huawei, 2012)

Ongelmia aiheuttivat muun muassa seuraavat asiat:

- Ei ollut olemassa olevaa holistista suunnittelua, joka johti tehottomaan terveydenhuollon informaation vaihtoon ja jakamiseen eri järjestelmien ja alueiden välillä
- IT-järjestelmät olivat joustamattomia ja vaikeita laajentaa, jonka seurauksena ei ollut mahdollista omaksua muuttuvia palveluiden vaatimuksia (esimerkiksi datan määrän kasvu)
- Oli vaikeaa ylläpitää ja hallita datakeskuksia, jotka vaativat suurta ylläpidollista työmäärää ja joissa oli korkeat IT-kustannukset

Tilanteesta johtuen, Zhabein terveystoimisto halusi rakentaa terveystietopalvelun (Kuvio 31) ja pilotoi vaiheen 1 kehittämistä Shanghaissa sijaitsevassa Shibein sairaalassa. Huawei kehitti räätälöidyn terveystietopalvelualueen Zhabein terveystoimistolle ja se kehitettiin kolmessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe keskittyi datakeskusten sijoittamiseen Shibein sairaalan.

Kehitystyö alkoi IaaS- (Infrastructure-as-a-Service) palvelun kehittämisestä, jota seurasi terveydenhuollon pilvipalvelun ja yhteisön terveystilvipalveluiden kehittämällä hyödyntämällä virtualisointia ja työpöydän pilveä. Toisessa vaiheessa kehitettiin alueellinen terveysdatapalvelu ja pilvipalvelu. Kolmannessa vaiheessa kyettiin tarjoamaan sovelluspalveluita, kuten terveysmonitorointi hyödyntämällä alueellista pilvipalvelua ja lisäksi saavutettiin toimiva terveydenhuollon palveluyhteistyö luomalla integroitu terveystilvipalvelu. (Huawei, 2012)



KUVIO 31. Arkkitehtuurikuva Huaweiin terveystilvipalveluratkaisusta. (Huawei, 2012)

Pilottivaiheen 1 aikana Huawei varmisti resurssien jaon toimivuuden Shibein sairaalan terveydenhuollon tietojärjestelmien välillä hyödyntämällä virtualisointia ja sisällyttämällä palvelujärjestelmät pilveen. Sairaalan hallinto ja lääkäreiden työtehokkuus paranivat kyseisellä menettelyllä. Zhabein terveysviraston toimivallan alla olevien kaikkien sairaaloiden tietojärjestelmiä käytetään keskitetysti pilvipalvelukeskuksen kautta, joka nostaa tehokkuutta. Keskitetty pilvipalveluteknologiaa hyödyntävä sovellusten asentaminen vähensi tarvittavien palvelimien määrää 76 %, ohjelmistojen määrää 75 % ja vuosittaista tehon kulutusta 47 %. Lisäksi tietovarastointiresurssien ollessa yhdistettyjä, varastointitila väheni 40 %. (Huawei, 2012)

3.4 Esimerkkejä digitaalisten sairaaloiden teknologioista

Tässä luvussa esitellään digitaalisiin sairaaloihin liittyviä tietojärjestelmäratkaisuja ja teknologioita, joiden avulla voidaan parantaa potilashoidon laatua, mahdollistaa täydellisen ja nopean pääsyn potilaan lääketieteellisiin tietoihin, kuten kuvantamisinformaatio ja kliininen data. Luvussa käsitellään myös teknologisia alustaratkaisuja, kuten Alibaban, Intelin ja BGI:n pilvipalvelualusta, joka keskittyy täsmälääketieteen ja sen sovelluksiin. Innovatiiviset myös IoT-teknologiaa hyödyntävät lääketieteelliset järjestelmät (esimerkiksi ZTE), voivat ratkaista lääketieteellisiä pulmia terveyskeskuksissa, maaseudun lääkärikeskuksissa,

sairaaloissa ja kotiloissa. Tässä luvussa esitellään kaksi ZTE:n kehittämää ratkaisua, joita on myös jo pilotoitu maailmalla muun muassa senioriväestön monitoroinnissa.

3.4.1 Agfa ORIBS (HIS) – Sairaalan tietojärjestelmäratkaisu

Nykyään yhä kasvavat odotukset, tiukat lääketieteen sektorin budjetit, kehittyneemmät kliiniset hoidot ja kasvava laadukkaamman kommunikaation tarve on yhä enemmän kasvattamassa painetta julkisen ja yksityisen terveydenhuollon palveluntarjoajille. Tämän päivän hoitopalvelut tarjotaan laitoksissa, erityishoitoa tarjoavissa yksiköissä, organisaatioissa ja alueittain. Terveydenhuoltoalan yrityksille on tärkeää siirtyä siiloutuneista toimintamalleista täysin integroituun potilaskeskiseen hoitoon samalla vähentäen lääketieteellisiä virheitä ja kasvattamalla potilastyytyvyyttä. Samanaikaisesti terveydenhuollon kustannukset jatkavat nousuaan, johon vaikuttaa yhä ikääntyvä populaatio, moderni elämäntyyli, uudet intensiiviset lääketieteelliset hoidot jne. Tehokkuutta parantamalla voidaan kuroa umpeen jatkuvasti kasvavien potilailta ja hallituksilta tulevien vaatimusten ja parantuneen terveydenhuollon välistä aukkoa. Tähän ongelmaan Agfa ORBIS tarjoaa työkaluja ja ratkaisuja. (Agfa Healthcare, 2017)

ORBIS (Kuvio 32) on Agfa Healthcaren koko terveydenalan organisaation kattava IT-ratkaisu, joka on suunniteltu parantamaan potilashoidon laatua ja mahdollistamaan nopean ja täydellisen pääsyn potilaan historiatietoihin, mukaan luettuna kaiken kuvainformaation ja kliinisen sekä hallinnollisen datan. ORBIS on tällä hetkellä yksi johtavista terveydenhuollon sektorin ja kliinisistä informaatiojärjestelmistä (HIS/CIS) Euroopassa, jossa sillä on lähes 950 asennettua järjestelmää maanosassa ja yli 500 000 päivittäistä käyttäjää. Järjestelmän tarjoamat tarkka reaaliaikainen potilasinformaatio ja historiatiedot ovat saatavilla valtuutetuille hoitajille, tekniselle sekä lääketieteelliselle henkilökunnalle, mahdollistaen nopeammat ja paremmat diagnoosit ja hoidot. ORBIS-järjestelmän modulaarinen suunnittelu mahdollistaa häiriöttömän toteutuksen kunkin yksittäisen instituution tahdissa. (Agfa Healthcare, 2017)



KUVIO 32. Agfa ORBIS (HIS)–tietojärjestelmän hyödyntämialueita. (Agfa Healthcare, 2017)

Terveystieteiden järjestelmien tänä päivänä on tarpeen muuntaa lääketieteellistä- ja talousdataa informaatioksi, joka voi helpottaa useita erilaisia päätöksenteon prosesseja. ORBIS tarjoaa yhtenäisen tietomallin, joka mahdollistaa oikea-aikaisen pääsyn relevanttiin ja korkealuokkaiseen dataan. ORBIS vähentää siloutumista eli laitospää- ja aluekeskeistä hoidon tarjoamista ja tarjoaa sen sijaan täysin integroidun potilaskeskeisen ratkaisun vähentäen lääketieteellisiä virheitä ja parantamalla yleistä potilasturvallisuutta. ORBIS mahdollistaa myös paremman lääketieteellisen päätöksenteon tarjoamalla tehokasta sekä turvallista hoitoa potilaille ja tarjoaa kliinisille päätöksentekijöille pääsyn yrityksen laajuiseen dataan, joka voi olla missä vain tarvittavassa muodossa. (Agfa Healthcare, 2017)

Tiedossa on, että parhaat liiketoiminnalliset päätökset rakentuvat yhteenvedon kaikista saatavilla olevista faktoista ja realiteeteista. Johtajien kerätessä, arvioitaessa ja tehdessä päätöksiä perustuen tämänkaltaiseen kerättyyn information, vaatii se kattavan joukon työkaluja, jotka perustuvat holistiseen näkökulmaan. ORBIS mahdollistaa päätöksentekijöiden pääsyn yrityksen laajuiseen dataan, jonka pohjalta päätökset voidaan tehdä. Orbiksen holistisen relevantin kliinisen ja hallinnollisen datan näkökulman avulla ORBIS mahdollistaa tarkan merkityksellisen information jakamisen laitoksissa, erityishoidon kohteissa, organisaatioissa ja alueissa missä tahansa ja million tahansa. Lisäksi ORBIS laajentaa terveydenhuollon ammattilaisten välistä yhteistyötä, vähentää lääketieteellisiä

virheitä ja parantaa potilasturvallisuutta sekä tarjoaa kliinistä dataa laskutusta ja suorituskyvyn analyysia varten. (Agfa Healthcare, 2017)

ORBIS-järjestelmän avulla lääketieteen ammattilainen:

- Kuluttaa vähemmän aikaa hallinnollisiin tehtäviin
- Voi tehdä parempia päätöksiä nopeammin

Lisäksi lääketieteen ammattilaisella on:

- On pääsy kaikkeen potilaita koskevaan tarvittavaan ja yksityiskohtaiseen tietoon
- On enemmän aikaa potilaille
- On joka hetki vuorovaikutuksessa potilaan kanssa

ORBIS koostu erilaisista hallintajärjestelmistä, kuten ORBIS CPOE, ICU-manager, Medication ja Speech Care.

ORBIS CPOE on monialainen laboratorio- ja kuvantamiskokeiden tilausjärjestelmä. CPOE tarjoaa yhdistetyn ja koordinoitun kommunikation mukana olevien laitosten välille ja määrittäen tilauksen tilan yhdellä ainoalla jaetulla tilauksen tilan ilmoittavalla tavalla. Lääkärit ja hoitajat voivat tehdä tilauksia yhdestä keskustyöpisteestä, helpottamalla hoidon suunnittelun hallintaa ja tarjoamalla hyvän yleiskuvan keskitetystä työlistasta. CPOE-järjestelmän 'experter'-toiminto mahdollistaa myös helpon tarvittavan lisäinformaation lisäämiseen tilauksiin, jotka käyttävät jo olemassa olevaa kliinistä informaatiota. Esimerkiksi tunnetut allergiat, jotka sisältyivät aiempaan koetilaukseen tai viimeisimmät kreatiinipitoisuudet laboratoriokokeista voidaan automaattisesti lisätä. ORBIS CPOE tarjoaa monialaisen tehokkaan tilausjärjestelmän, auttaa vähentämään tarpeettomia kokeita, tarjoaa ohjeistusta reseptien myöntäjille, tarjoaa tehokkaan ja tarkan tilauksien käsittelyn, keskitetyn työlistan, tasaisen ja jäljitettävän työnkulun jne. (Agfa Healthcare, 2017)

ORBIS ICU-Manager on täysin digitaalinen järjestelmä intensiivisen hoidon yksikköön. ICU-manager mahdollistaa sen, että datan dokumentointi ja laskelmat ovat automatisoituja, eivätkä vaadi manuaalista dokumentointia monitorointi- tai muista laitedatasta. Hoitopalveluiden tarjoajat voivat tarjota jo dokumentoitua dataa ICU-järjestelmästä, joten olemassa on pienempi riski informaation häviämiseen, kun potilasta siirretään yksiköstä pois. ICU-manager tarjoaa myös interaktiivisen havaintokaavion, joka helpottaa monimutkaista datan keräämistä, analysointia ja hallintaa. Menettely vapauttaa kliinistä henkilöstöä vähemmän relevanteista dokumentointitoimista, jolloin heillä on enemmän aikaa potilastyöhön. ICU-manager voidaan myös yhdistää suoraan sairaalasängyn ääressä oleviin lääketieteellisiin laitteisiin ja monitoreihin, joka parantaa työn kulua ja informaation laatua.

Dataa voidaan saada vitaaalien elintoimintojen monitoroinnista, kuten hengityskone tai munuaisen vajaatoimintaa hoitava laite. (Agfa Healthcare, 2017)

ORBIS medication-työkalu tarjoaa järjestelmän, joka käsittää lääkkeiden reseptien myöntämisen, hallinnan, farmaseuttisen konsultoinnin ja validoinnin sekä varastojen täydentämisen. Reseptejä myönnettäessä ja hallitessa, koko potilaan informaatio on saatavilla. Integrointi sähköisen potilastietojärjestelmän kanssa auttaa suodattamaan informaatiota siten, että vain relevantti informaatio on nähtävillä, jolloin prosessi helpottuu. Kustannuksia voidaan myös säästää, mikäli farmaseuttinen validointi sallii tiettyjen arvokkaampien lääkkeiden korvaamisen halvemmilla vaihtoehdoilla. ORBIS Medication auttaa parantamaan potilasturvallisuutta ja hoidon laatua myös varoittamalla tunnetuista allergioista tai kontraindikaatioista, kuten ikä ja paino. Medication-työkalu voidaan lisäksi räätälöidä jokaisen käyttäjän tarpeen mukaan. (Agfa Healthcare, 2017)

ORBIS Speech tarjoaa tehokkaan raportoinnin ja dokumentoinnin, johon on integroitu digitaalinen saneluteknologia ja puheen tunnistustyökalu. Speech on oleellinen osa ORBIS-ratkaisua, joka hallitsee hoitoprosesseja koko sairaalan laitoksien alueella. Saattamalla puhe suoraan rakenteiseksi tiedoksi potilasrekisteriä varten, auttaa nopeuttamaan raportointia, vähentämään virheen mahdollisuuksia, vapauttamaan henkilökunnan resursseja ja avaamaan uusia työskentelyn tapoja sairaalassa. Puheen saattamisen käytettävään muotoon, virheiden ja riskin vähentämisen jne. lisäksi järjestelmä vähentää raportin läpimenoaikaa, leikkaa henkilökunnan raportoinnin kustannuksia, mahdollistaa sanelun samanaikaisesti potilasrekisterin selaamisen kanssa ja tekee mahdolliseksi nopean ROI:n toteuttamisen. (Agfa Healthcare, 2017)

ORBIS Speech-järjestelmän optimoi prosesseja ja resursseja. Speech-järjestelmän sanelu ja puheen tunnistus tukee parannettua ja tehokkaampaa työkulkua. Käyttäjä vuorovaikuttaa järjestelmän kanssa luonnollisella tavalla, helpottaen raporttien ja löydöksiä käsittelyä. Järjestelmän sisään on integroitu raportointityökalu. Puheominaisuudet ovat sisällytettyinä Orbiksen kliiniseen dokumentaatioprosessiin ja työn kulkuihin, mukaan luettuna tekstikentät sekä valintaruudut ja niitä voidaan käyttää erilaisissa lääketieteellisissä harjoituksissa sairaalan alueella. ORBIS Speech-järjestelmä on nopea oppia ja asentaa tarjoten nopean ROI:n, jolloin käyttäjät pääsevät hyötymään siitä ja sen tarjoamista palveluista nopeasti. (Agfa Healthcare, 2017)

ORBIS Care on ORBIS-järjestelmän hoitajille (Nursing) tarkoitettu moduuli, joka tarjoaa heille tehokkaan työkalun päivittäisten osaston ja hoitajien toimenpiteiden suunnitteluun. ORBIS Caren filosofiana on, että mikäli hoitajat ovat vähemmän työllistettyinä hallintotehtäviin, heillä on enemmän aikaa potilaille. ORBIS-järjestelmän avulla vitaaali potilasinformaatio on saatavilla tietoturvallisesti, missä tahansa sijainnissa organisaatiossa koko potilaan sairaalavierailun ajan. ORBIS care tarjoaa nopean ja tehokkaan tavan käsitellä informaatiota

ja lisäksi se lisää tehokkuutta automaation avulla, takaa hoidon jatkuvuuden, integroi käytänteitä, jotka perustuvat evidensseihin, tarjoaa hoidon standardisointia, yksinkertaistaa dokumentointia päivittäisiä hoitotoimenpiteitä varten jne. (Agfa Healthcare, 2017)

3.4.2 BGI Online-alusta ja Genome Analysis Tool Kit

BGI, Broad Institute, Intel ja Alibaba Cloud kehittivät yhteistyössä pilvipohjaisen online-ratkaisun, jota hyödyntäen käyttäjillä on ilmainen pääsy BGI:n alustalla toimivaan uusimpaan Genome Analytics Tool KIT (GATK4) –ohjelmistopakettiin, jonka avulla yritykset voivat helposti rakentaa omia räätälöityjä analyysityökaluja BIG:n avoimen lähdekoodin kehitystyökalulla. BGI käsittelee miljoonia näytteitä vuosittain, joten määrä on noussut hyvin suureksi. BGI:n kehittämä alusta tarjoaa mahdollisuuden tarjota laajempia käyttömahdollisuuksia, jotta kaikille tutkijoille, tiedemiehille ja analyytikoille olisi pääsy parhaisiin genomianalytiikan työkaluihin. Lisäksi menettely kiihdyttää tieteellistä tutkimusta sekä kliinisiä sovelluksia mahdollisimman korkealla laadulla. (BGI News, 2017)

BGI Online-alusta auttaa tutkijoita hankkimaan nopeasti dataa, analysoimaan ja prosessoimaan sitä ja varastoimaan sen tietoturvalisella tavalla. Alusta integroi korkean suorituskyvyn tietojenkäsittelyn, tietoturvalisen verkkoteknologian ja suuren tallennustilan, joka mahdollistaa data-analytiikan, visualisoinnin ja raportoinnin pilvipalvelussa. Tutkijat voivat siten saada nopeasti toimivia oivalluksia ja lisäksi he voivat jakaa dataa ja tuloksia helposti muiden valtuutettujen käyttäjien kanssa. Alustan hyödyntämisen tavoitteena on täydentää sekvensointia, analysoida ja tulkita henkilön koko perimä 24 tunnissa BGI:n online-alustassa. (Shukla, 2016)

BGI Online on suunniteltu vastaamaan yleisiin haasteisiin, jotka liittyvät aikaan ja kuluihin, joita tutkijat kohtaavat analysoidessaan, varastoidessaan ja jakaessaan valtavat määrät uuden sukupolven sekvenssidataa (NGS eli Next Generation Sequencing Data). BGI Online tarjoaa helpomman ja tehokkaamman ratkaisun kaiken tyyppisille ja kokoisille yrityksille tehtävätyypeille, jotka ulottuvat datan varastoinnista, automaattisista analysoinneista aina datan kuljettamiseen ja projektiyhteistyöhön, bioinformatiikan metodeiden kehittämiseen jne. BGI on onnistunut vuosien NGS-datan analysointikokemusten jälkeen kehittämään skaalautuvan ratkaisun, joka täyttää korkeat tietoturvalisuuden ja säännösten noudattamisen vaatimukset, kuten HIPAA ja EU lait sekä säännökset. Lisäksi BGI on keskittynyt rakentamaan luotettavan ja tehokkaan laaS-palvelun, joka kykenee vastaamaan NGS:n big datan analysoinnin vaatimuksiin. (BGI Shenzhen, 2015)

3.4.3 Lenovo ja Oneview Healthcare Solution

IT-laitevalmistaja Lenovo ja terveydenhuollon ratkaisuja toimittava Oneview ovat aloittaneet yhteistyön innovatiivisen terveydenhuollon ratkaisun kehittämiseksi ja toimittamiseksi. Lenovon Think-brandi on maailmanlaajuisesti tunnettu tietoturvalisuudestaan,

luotettavuudestaan kestävydestään ja hallittavuudestaan. Yhteistyöyritysten terveydenhuoltoratkaisu sisältää kannettavia tietokoneita, tabletteja hoitajille ja muille terveydenhuollon ammattilaisille, työpöytätyöasemia ja ammattitason työasemia tutkijoille sekä hallinnon henkilöstölle. Lisäksi ratkaisuun kuuluu luotettavat palvelimet, jotka tukevat sairaalan työn kulkua ja hallintoa. (Lenovo, 2016)

Tekninen ratkaisu toimii taustalla keräten arvokasta dataa sairaalalle. Tehtävät ja pyynnöt reititetään saumattomasti oikeille resursseille oikeaan aikaan, tehostamalla sairaalan työn kulkuja ja luomalla rentouttavan ympäristön potilaille. Sairaalat kykenevät pitämään potilaat tyytyväisenä räätälöidyillä potilaskyselyillä, joiden avulla he voivat ohjata ja tehdä parannuksia toimintaansa. Lisäksi Onewievin kehittämät avoimet API-rajapinnat ja niitä hyödyntävät innovatiiviset sovellukset auttavat lääkäreitä tarjoamaan parempaa hoidon laatua helpommin. (Lenovo, 2016)

Onewievin terveydenhuollon alan yrityksen potilasratkaisu integroituu saumattomasti sairaalan tietojärjestelmien kanssa yhdistäen potilaat heidän hoitotiimeihinsä koko hoitajakson ajan. Potilaat voivat nauttia elokuvista, peleistä, lounaiden tilauksista, concierge-palveluista jne., jotka ovat heidän ulottuvillaan ja tilattavissa sairaalasangyn ääressä olevan laitteen kautta. Lisäksi potilaat voivat hyödyntää järjestelmän tarjoamaa hoitokoulutusta. Ratkaisullaan Onewievin tähtää sairaaloiden potilashoidon, kliinisen hoidon lopputuloksien ja työn kulun tehokkuuden optimointiin. (Lenovo, 2016)

Tarkoituksena on, että ratkaisu antaisi mahdollisuuden sairaaloille saavuttaa mitattavissa olevia parannuksia tärkeissä avainalueissa vähentäen potilaiden uusintakäyntejä sairaalassa, parantaen kliinisiä lopputuloksia ja tarjoten paremman potilastyytyväisyyden. Onewievin tarjoama terveydenhuollon ratkaisu on yksi innovatiivisimmista potilashoitoon tarkoitetuista tuotteista terveydenhuollon sektorin markkinoilla. Lenovon ja Onewievin kehittämällä ratkaisulla on yhä kasvava määrä asiakkaita Australiassa, Lähi-Idässä ja USA:ssa. Onewievin toimistot Dublinissa, Pittsburgissa, Atlantassa, Dubaissa, Melbournessa ja Sydneyssä ja sen päämaja on Dublinissa, jossa myös järjestelmän tuotekehitys tehdään. (Lenovo, 2016)

3.4.4 Pilvipohjainen täsmälääketieteellinen alustaratkaisu

Alibaba Cloud, Intel Corporation ja BGI ovat julkaisseet Aasian alueen ensimmäisen pilvipalvelualustan, joka tähtää täsmälääketieteeseen ja sen sovelluksiin kiihdyttämään vasta alkuvaiheessa olevaa täsmälääketiedettä Kiinassa. Kolmen yrityksen yhteistyöstä päätettiin Genomiikan konferenssissa Shenzhenissä, Kiinassa. Tämä on Kiinan ensimmäinen poikkitieteellinen yhteistyö, johon osallistuu IT-alan yritys, biotieteiden tutkimusinstituutio ja julkisen pilven palveluntarjoaja pilvipohjaisen täsmälääketieteen alustan tarjoamisessa. (Shi & Qian, 2015)

Täsmälääketiede tähtää sairauksien ehkäisyyn ja hoitamiseen ottamalla huomioon tekijöitä, kuten genetiikka, ympäristö ja elämäntyyli lääketieteellisiä hoitoja kehitettäessä. Uuden pilvipalvelualustan on odotettu kiihdyttävän täsmälääketieteen tuleamista, hyödyttämällä lääketieteen, terveydenhuollon ja hyvinvoinnin teollisuuksia uusilla sovelluksilla ja tutkimustuloksilla. Tuloksena kansalaiset voivat nauttia tehokkaista lääketieteellisistä hoidoista ja ennakoivista terveydenhuollon palveluista tulevaisuudessa. (Shi & Qian, 2015)

Beijingistä kotoisin oleva BGI, joka on maailman suurin genomitutkimuskeskus, hyödyntää tietoturvallista pilvipohjaista BGI Online genomianalytiikan moottoria genomiikan datakeskuksen ja analytiikka-alustan kehittämiseksi, joka edistää täsmälääketieteen kehitystä. Pääsy täsmälääketieteen alustaan on avoinna kaikille osakkeenomistajille ja Kiinan täsmälääketieteen teollisuudenalan tukijoille. Alustan pilvi-infrastruktuurin joustavuus ei ole mahdollistanut vain tiukkojen lääketieteellisten ehtojen täyttämisen, vaan myös arkaluonteisen geneettisen datan varastoinnin ja siirron. Edistykselliset teknologiat ovat HIPAA- ja muiden teollisuuden määräysten mukaisia, joka mahdollistaa lääkäreiden ja tutkijoiden informaation jakamisen tietoturvallisessa ympäristössä.

Kasvava geenisekvensoinnin teollisuudenala on fundamentaalisesti muuttamassa biolääketieteen tutkimuksen luonnetta ja lääketieteellisiä käytänteitä. Samanaikaisesti Monimutkaisen datan räjähdysmäinen kasvu biolääketieteen teollisuuden alueella on tuomassa uusia haasteita tietojenkäsittelyyn, tiedon varastointiin ja big data-analytiikkaan. AliCloud:lla on asiantuntemusta ja kapasiteettia ydinjärjestelmissään tukea maailman suurinta genomiikan tutkimuskeskusta tietoturvallisessa ja yksityisessä ympäristössä. (Shi & Qian, 2015)

Yhteistyössä AliCloud:n, BGI:n ja Intelin kanssa luodun täsmälääketieteen alustan kehittäminen kiihdyttää geenisekvensoinnin ja analytiikan ymmärrystä ja tarjosi mahdollisuuden poikkitieteelliseen yhteistyöhön ja uuden oppimiseen. Lopputuloksena on valtuuttaa tutkijat ja lääkärit tekemään potilaille diagnooseja potilaiden omiin genomitietoihin perustuen ja antaa terveydenhuollon ammattilaisille riittävä informaatio personoitujen hoitosuunnitelmien tekemiseen. Arvioiden mukaan tämä kaikki voisi tapahtua vuonna 2020 jo yhden vuorokauden aikana. (Shi & Qian, 2015)

3.4.5 ZTE eHealth

ZTE eHealth on älykäs lääketieteellinen järjestelmä sairaaloille ja yksittäisille käyttäjille. Järjestelmää voidaan hyödyntää terveyskeskuksissa, maaseudun lääkärikeskuksissa, sairaaloissa tai kotioloissa. muun muassa hoidettaessa vanhusväestöä ja kroonisesti sairaita potilaita. Järjestelmä hyödyntää kodin päätelaitteita, kuten mobiilipuhelimet, näytöt, IPTV-laitteet, tietokoneet jne. ZTE:n järjestelmä tähtää potilaiden kroonisten sairauksien ennakoivaan tunnistamiseen ja diagnosointiin, kroonisten sairauksien monitorointiin sekä aikaiseen hoitamiseen.

ZTE, Telefónica Deutschland ja Dusseldorf Department of Health ovat yhteistyössä pilotoimassa eHealth-järjestelmää parantaakseen kaupungin senioriväestön terveydenhuollon palveluita ja hoitoa. Pilotoimalla eHealth-järjestelmää ZTE:n kanssa, Dusseldorfin kaupunki haluaa esitellä digitaalisia ratkaisuja, jotka hyödyttävät kaikkia ja joita voidaan käyttää edistämään aineellisia parannuksia elinolosuhteisiin ja erityisesti terveydenhoitoon. (Bane & Enbysk, 2016)

Pilottiprojektissa toteutetaan passiivista ja digitaalista senioriväestön käyttäytymisen ja liikkumisen monitorointia hyödyntämällä sensoreita ilman kameroita. Sukulaiset, ystävät ja hoitajat vastaanottavat informaatiota sovelluksen välityksellä useita kertoja päivässä ja tilaviestin, mikäli kaikki on hyvin tai jos jokin asia ei toimi kunnolla. Mikäli on kyse jälkimmäisestä asiasta, ennalta ehkäiseviä toimenpiteitä voidaan tehdä. ZTE:n mukaan projektia monitoroidaan ja arvioidaan tieteellisesti. (Bane & Enbysk, 2016)

Teknisesti, projekti perustuu ZTE:n kehittämään pilvipohjaiseen trendianalyysialustaan, joka kerää data sensoreista, joiden kautta se kulkeutuu yhdyskäytävän välityksellä ja mobiilia Internetiä hyödyntäen ja joka fyysisesti sijaitsee ZTE:n datakeskuksessa Dusseldorfissa. Projektin osallistujilta kerättyä data voivat käyttää valitut henkilöt, jotka voivat olla perheenjäseniä, ystäviä tai hoitajia. Projektin mobiilipalveluiden kumppanina on Telefónica. (Bane & Enbysk, 2016)

3.4.6 ZTE mHealth

ZTE on suuri kansainvälinen telekommunikaatioalan, yritysmaailman ja kuluttajateknologian mobiilia Internetiä varten tarkoitettujen ratkaisujen tarjoaja. Yritys on julkaissut mHealth-tuotteen, joka on kokonaisvaltainen fyysiseen diagnostiikkaan keskittynyt laiteratkaisu. ZTE:n tuote yhdistää ihmiskehon IoT-teknologiaa hyödyntävien laitteiden kanssa ja tarjoaa tarkkoja lääketieteellisiä hoito-ohjeita estääkseen kroonisia sairauksia, jotka ovat tällä hetkellä kasvussa vanhenevan väestön keskuudessa. (ZTE, 2016)

ZTE:n laiteratkaisu ei ole vain instrumentti, joka kerää terveysdataa, vaan toimii myös tietynlaisena ”perheläkäkinä”. Siinä on integroitua toimintoja verenpaineen, EKG:n, veren happisaturaation, rutiinivirtsatestien jne. suorittamiseksi ja lisäksi aktiivinen yhteys back-end-pilvipalveluun. Laite voi myös auttaa potilaita vertailemaan terveysdataa ja tuottamaan digitaalisia potilastietojärjestelmiä vanhusväestöä ja heidän perheitään varten. Lääkärit ja potilaiden perheet voivat lähettää terveysdataa langattomasti pilvipalveluun, jolloin lääkärit, sairaalat ja kansalaiset voivat käyttää sitä hyödyntäen siihen soveltuvia rajapintoja tai mobiilisovelluksia sekä hankkimaan erityisiä terveydenhoidon hoitopalveluita, kuten elämäntavan arviointi ja etädiagnostiikka. (ZTE, 2016)

Laite sopii erilaisiin skenaarioihin ja yhteisöihin, kuten urbaanit yhteisöt ja maaseudulla asuvat perheet. Käyttäjät voivat olla yleislääketieteen ammattilaisia, henkilökohtaisia lääkäreitä

(omalääkäri) tai potilaita. Maaseudun väestö voi vuorovaikuttaa yhteisön lääkärin kanssa laitetta käyttäen ja hyödyntää online-pohjaisia terveystalvueluita, kuten reseptien myöntäminen ja lääketieteellinen konsultointi kotioloissa. Maaseudulla asuvat potilaat voivat laitteen avulla nopeammin saada etädiagnooseja ja hoitovaihtoehtoja korkeatasoisilta lääketieteellisiltä insituutioilta. Laite voi myös tarjota reaaliaikaista hoitoa esimerkiksi leikkauksesta päässeille kuntoutettaville potilaille tai potilialle, joilla on kroonisia tauteja sekä heille, joilla on heikko terveydentila. (ZTE, 2016)

Laitteella on kansainvälinen sertifiointi ja lisenssi lääketieteellisen instrumentin tuotantoa ja myyntiä varten. Aiempiin laitteisiin verrattuna ZTE:n instrumentti on kevyt, helppo kantaa ja se kykenee heti tarjoamaan personoituja hoito-ohjeita laitteen käyttäjille. Laite on myös aiempia tarkempi ja mittaustulokset ovat vakaampia sekä tiedonsiirtoyhteys on nopeampi. Laite on palvellut jo yli kolmea miljoonaa potilasta Kiinassa ja on saamassa yhä lisää huomiota niin kotimaassa kuin ulkomailla. (ZTE, 2016)

4 Tekoälyä hyödyntävät kognitiiviset digitaaliset sairaalat

Tämä luku käsittelee tekoälyä hyödyntäviä kognitiivisia digitaalisia sairaaloita. Luvussa selvennetään, mitä kognitiivinen tietojenkäsittely on, mitä se mahdollistaa, mihin sitä voidaan käyttää ja millaisia sovellusalueita sillä on. Luvussa esitellään myös kognitiivisen digitaalisen sairaalan hyötyjä ja esimerkkejä tekoälyä hyödyntävistä kognitiivisista sairaaloista, joita on jo toteutettu maailmalla. IBM:n kehittämällä Watsonilla on suuri painoarvo etenkin syöpähoitoihin tarkoitetuissa kognitiivisissa järjestelmissä ja se on tuottanut kyseisellä alueella varsin hyviä tuloksia. Kognitiivinen digitaalinen terveydenhuollon järjestelmä voi tuoda hyötyjä useilla terveydenhuollon sektoreilla aina syöpähoidoista mielenterveyden sektorille saakka, joissa molemmissa kognitiiviset digitaaliset järjestelmät ovat kyenneet tekemään tarkempia diagnooseja kuin lääketieteen ammattilaiset.

Suuret konsulttiyritykset, kuten IBM on vahvasti panostanut kognitiivisiin digitaalisiin järjestelmiin, mutta se ei ole ainoa tekijä markkinoilla, vaan mukana on myös muita suuria toimijoita, kuten Fujitsu, Google, Microsoft, SAP jne. IBM on kuitenkin ainakin tällä hetkellä edistyneempi etenkin terveydenhuollon alueella, sillä sen tekoälyratkaisut perustuvat huomattavan suureen ja monipuoliseen informaation määrään verrattuna muihin kilpailijoihin. Edellä mainituilla konsulttiyrityksillä, kuten esimerkiksi IBM, on vahvat intressit terveydenhuollon sektorin palveluiden kehittämiseen ja parantamiseen tekoälyä ja järjestelmien kognitiivisia kykyjä hyödyntäen. Kehitys tässä on vasta alussa, mutta jo nyt on nähty monin paikoin lupaavia tuloksia, jotka tulevat muuttamaan terveydenhuollon kenttää jo lähitulevaisuudessa.

Tärkeä tekijä kognitiivisen terveydenhuollon palveluiden toteutuksen onnistumisessa on kyky vetää johtopäätöksiä useista erilaisista ei-rakenteisen ja rakenteisen datan joukoista, jotta on mahdollista ymmärtää, päätellä ja oppia sekä kyetä saamaan oikeanlaisia tuloksia. Terveydenhuoltoon panostavat konsulttiyritykset, kuten IBM, hankkivat uutta kompetenssia toteuttamalla yritysostoja, jolloin myös tekoälyjärjestelmien, kuten Watson, opettaminen huomattavasti tehostuu. Näin tapahtui, kun IBM hankki Merge Technologies-yrityksen vuonna 2015, joka tarjosi miljardeja lääketieteellisiä kuvantamisdokumentteja, jotka voitiin integroida aiempaan tekoälyjärjestelmään. Tämänkaltaiset menettelyt säästävät aikaa ja vaivaa sekä mahdollisesti myös ihmishenkiä. Näin kognitiivisia järjestelmiä voidaan saada nopeammin digitaalisten sairaaloiden käyttöön, jolloin ne voivat palvella potilaita ja terveydenhuollon sektorin ammattihenkilöstöä.

4.1 Mitä kognitiivinen tietojenkäsittely on?

Kognitiivinen tietojenkäsittely on tietokonesimulaatio ihmisen ajatteluprosessista. Kognitiiviset tietokoneet käyttävät koneoppimisen algoritmeja hankkiakseen jatkuvasti tietämystä erilaisista datalähteistä ja sitten esittävät informaation toimivalla tavalla.

Kognitiivinen tietojenkäsittely ei ole kokonaan uusi tieteenala, vaan se on ollut keskustelujen kohteena jo vuonna 1950, jolloin Alan Turing julkaisi julkaisun: 'Computing Machinery and Intelligence', jossa hän esitteli tunnetuksi tulleen Turingin testin. Turingin testi testaa koneen kykyä näytellä ihmisten käyttäytymistä. Kuitenkin, tieteen kehitys kyseisessä asiassa on saanut vaihtua vasta äskettäin teknologisesti kehityksestä tiedon louhinnan, mallien tunnistuksen ja luonnollisen kielen prosessoinnin myötä. (Narula)

Kognitiivinen tietojenkäsittely hyödyntää rakenteista ja ei-rakenteista dataa ja yrittää löytää piilossa olevia malleja datan joukosta. Kognitiivisten tietokoneiden keräämän datan tarkastaa tai hylkää myöhemmin ihmiset. Prosessi tapahtuu iteratiivisesti ja jokaisessa iteraatiossa, kognitiivinen tietokone tulee paremmaksi mallien tunnistamisessa. Kognitiivinen tietojenkäsittely on huomattavan arvokas alueilla, kuten lääketiede, jossa ei ole mustavalkoisia vastauksia ja jossa paras vastaus usein perustuu epäselviin todisteisiin, jotka värittyvät yksilöllisillä kokemuksilla tai intuitiolla. (Narula)

Kognitiivinen tietojenkäsittely mahdollistaa tietokoneiden interaktion ihmisten kanssa ihmisten kaltaisella tavalla. Järjestelmät ymmärtävät ja kommunikovat luonnollisella kielellä ja antavat tekoälylle mahdollisuuden esittää uusia oivalluksia, jotka ovat huomattavasti edistyneempiä kuin mitä pelkän ihmisälyn avulla voisi olla mahdollista. Yksi innovatiivisimmista tekoälyä hyödyntävistä kognitiivisista järjestelmistä on IBM:n kehittämä Watson supertietokone ja sen tarjoamat palvelut. Kognitiivisten järjestelmien (kuten Watson) avulla on mahdollista saada lisäarvoa datasta, joka on aiemmin ollut saavuttamattomista, sillä se on ollut rakenteettomassa formaatissa tai hajautettuna useisiin erilaisiin siiloihin eli se on ollut siiloutunutta. Ajan kanssa nämä uudet teknologiat auttavat muuttamaan työpaikkoja, liiketoimintaa, asiakaskokemuksia ja koko teollisuudenaloja. (Belfiore, 2016)

Kognitiiviset teknologiat voivat auttaa useita yritysten tiimejä parantamaan suorituskykyä ja ROI:ta (Return on Investment). Asiakaspalvelun näkökulmasta kognitiiviset teknologiat auttavat liiketoimintoja personoimaan, inhimillistämään ja automatisoimaan asiakaspalvelukokemusta etsimällä ajantasaisia oivalluksia sekä rakenteisesta että ei-rakenteisesta datasta sisältäen sosiaalisen median viestit, sähköpostit, audiotallenteet, dokumentit, manuaalit jne. Tämänkaltaista dataa, joka voi sijaita sisäisissä, ulkoisissa, pilvipalveluissa tai jopa yleisesti saatavissa lähteissä on harvemmin hyödynnetty yrityksissä, vaikka ne keräävät ja tallentavat suuria määriä ei-rakenteellista sisältöä säännöllisesti. Hyödyntämällä kognitiivista tietojenkäsittelyä ja tämänkaltaista dataa, yritykset voivat saada merkittäviä oivalluksia ja arvokkaita tilaisuuksia. (Belfiore, 2016)

IBM Watson tunnetaan kenties parhaiten järjestelmänä, joka voitti hallitsevan mestarin TV-ohjelman Jeopardy-show:ssa vuonna 2011 vastaamalla näppärällä tavalla puhuttuihin kysymyksiin ja antamalla oikeat vastaukset nopeammin kuin ihmiskilpailijansa. Niistä ajoista Watson on kehittynyt tehokkaaksi, kaupallisesti saatavilla olevaksi järjestelmäksi, joka tarjoaa

laajan valikoiman erilaisia palveluita. Watsonin palvelut yhdistävät ei-rakenteisen sisällön, kuten sähköpostit, sosiaalisen median viestit, audiotallenteet jne. haku- ja analyysitoiminnot eli datan, joka on ollut saavuttamattomissa tavanomaisille järjestelmille. Watson siis yhdistää datan, joka on ollut aiemmin mahdotonta saavuttaa tavanomaisille järjestelmille. (Belfiore, 2016)

Esimerkiksi Watson Explorer auttaa yrityksiä yhdistämään, analysoimaan ja etsimään nopeasti tarvittavaa tietoa 360-asteen datanäkymän avulla, jotta kriittiset oivallusten löytäminen ja paremmin informoitu päätöksenteko mahdollistuvat. Watson edistää teollisuudenaloja vähittäiskaupasta ja telekommunikaatioalalta terveydenhuoltoon ja pankkisektorille käsittelemällä nopeasti suuria määriä dataa ja tarjoamalla informaatiota ja oivalluksia, joiden edistäminen ja käsitteleminen vaatisi paljon enemmän aikaa, mikäli se tehtäisiin perinteisin ihmistyövoimin. Kognitiivinen tietojenkäsittely ei kuitenkaan toimi umpiossa, vaan avain sen menestykseen on kaksi teknologista tulevaisuuden trendiä, jotka ovat data ja syväoppiminen. (Belfiore, 2016)

Suuret yritykset, kuten IBM, Google ja Facebook keskittyvät syväoppimisen kehitysprojekteihin ja yliopistot tekevät tutkimusta ja kehitystyötä neuroverkkojen parissa. Molemmat osa-alueet ovat oleellisia ja niiden avulla on mahdollista opettaa tietokoneita tunnistamaan kasvoja, näkemään pimeässä, kääntää puhuttua ja kirjoitettua kieltä ja paljon enemmän. Watsonin kognitiiviset kyvyt käyttävät syväoppimisen prosesseja analysoidakseen ja vetääkseen johtopäätöksiä huomattavasti nopeammin ei-rakenteisesta datasta tavoilla, johon ainoastaan huippuälykkäimmät ihmiset voivat kyetä. Esimerkiksi autoteollisuudessa Watson auttaa autojen tuotantoyrityksiä nopeasti tunnistamaan potentiaaliset turvallisuusuhat, kuten myös niiden potentiaaliset aiheuttajat, jolloin ongelmat voidaan ennakoitua ennen kuin ne tulevat kalliiksi. Watson toteuttaa edellä mainitun prosessin poimimalla relevanttia informaatiota, joka on piilossa tuhansien kuluttajakommenttien joukossa, joissa raportoidaan ongelmista USA:n kansallisen moottoriteliikenteen turvallisuuden hallintoon. (Belfiore, 2016)

Kognitiivisella tietojenkäsittelyllä yksinään on sovelluksia finanssipalveluissa, matkustuksessa, viihteessä, koulutuksessa, infrastruktuurissa ja kuljetuksessa, markkinoinnissa, PR:ssä, HR:ssä, lääketieteessä ja biotieteissä jne. Kognitiivinen tietojenkäsittely kerää informaatiota yritysmaailman ja päättäjien auttamiseen muodollisesti piilossa olevasta informaatiosta, joka on osa ratkaisua. IBM Watson Explorer auttaa edellä mainittuja kohderyhmiä löytämään ja ymmärtämään informaatiota, jota he tarvitsevat tehdäkseen parhaita mahdollisia päätöksiä. (Belfiore, 2016)

4.2 Kognitiivisen digitaalisen sairaalan hyödyt

Jeopardy TV-show:ssa vuonna 2011, oli selvää, että oppivan ja luonnollista kieltä ymmärtävän teknologian kehittyminen- oli vain ajan kysymys. Kognitiiviset järjestelmät tulevat muuttamaan ihmisten vuorovaikutusta tietokonejärjestelmien kanssa auttaakseen ihmisiä laajentamaan asiantuntemustaan useilla eri alueilla ja tekemään monimutkaisia päätöksiä sisältäen Big data-palvelut.

Terveydenhuollon puolella on tekoälyä hyödyntävää IBM:n Watsonia opetettu Memorial Sloan Kettering-sairaalassa (MSK), joka keskittyy syöpäpotilaiden hoidon tukemiseen ja evidenssipohjaisiin hoitovaihtoehtoihin, jotka analysoivat yksittäisen potilaan dataa verraten sitä tuhansiin aiemmin opetettuihin tapauksiin, joiden opettamiseen on kulunut tuhansittain työtunteja. Watson voi auttaa lääkäreitä rajoittamaan vaihtoehtoja ja valitsemaan parhaan hoitovaihtoehdot potilaille. Watsonin avusta huolimatta, lääkärit silti tekevät enimmäkseen osan ajatustyöstä ja Watson on lähinnä apuna saattamassa dataa ymmärrettävämpään muotoon, muokaten prosessia nopeammaksi ja tekemällä se tarkemmaksi diagnooseja varten. (IBM Research)

Kognitiiviset järjestelmät, jotka käyttävät luonnollisen kielen prosessointia ja koneoppimista mahdollistamaan ihmisten ja koneiden välinen luonnollisempi interaktio, laajentavat asiantuntijoiden ja lääketieteen ammattilaisten asiantuntemusta ja kognitiota. Kyseiset järjestelmät oppivat ja vuorovaikuttavat tarjotakseen asiantuntija-apua tiedemiehille, insinööreille, lakimiehille ja muille ammattilaisille vain ajan murto-osassa, mitä se tällä hetkellä vie. Kognitiiviset järjestelmät laajentavat kognitiotamme ja antavat mahdollisuuden ajatella luovemmalla tavalla, joka nopeuttaa uusien innovaatioiden syntyä. (IBM Reserach)

Terveydenhuollon sektorin muuttuessa nopeasti, terveyttä koskevilla suunnitelmissa on tarve tehostua ja tarjota parempaa palvelua. Kognitiiviset teknologiat tarjoavat tehokkaamman tavan vastata haasteisiin ja ne voivat auttaa parantamaan väestön terveyttä tuottamalla analyttisiä näkökulmia sairauden eri vaiheisiin ja parantavat asiakaspalvelukokemuksia ottamalla käyttöön virtuaalisia agentteja, jotka vuorovaikuttavat asiakkaiden kanssa luonnollista kieltä käyttäen. (Schatsky & Ronanki, 2015)

Luonnollisen kielen, puheen tunnistuksen, koneoppimisen algoritmien jne. hyödyntämisen lisäksi kognitiiviset sairaalat voivat tulevaisuudessa kovastikin hyötyä robotiikan käytöstä osana terveydenhuollon toimenpiteitä, kuten leikkaukset ja potilaan kuljetukset aulasta kuvantamiseen, leikkaussaliin ja heräämöhöihin. Robotiikkaa voidaan hyödyntää myös terapeutisista lähtökohdista rauhoittamaan potilaita tai niitä voidaan hyödyntää tuomaan potilaille esimerkiksi lääkkeitä tai ruokaa, poimimaan jätteitä tai pyykkiä. Robotit voidaan opettaa navigoimaan käytävillä niiden törmäämättä ihmisiin, kuten ne ovat jo jonkin aikaa tehneet muun muassa tehtaissa. Ihmiset ovat kuitenkin vielä robotteja parempia

huolehtimaan toisista ihmisistä, mutta kognitiivisten tietokoneiden käyttäminen diagnoosin tekemiseen on halvempaa kuin mitä se olisi lääkärin tekemänä. (The Medical Futurist, 2017)

Algoritmit kykenevät tekemään diagnooseja mitattavissa olevaa dataa hyödyntäen paremmin kuin ihmiset kykenevät tekemään. Tavarain tai laitteen valmistaminen tai potilaiden kuljetus on helppo automatisoida, mutta haasteita tulee empatian ja ihmissuhteiden ollessa kyseessä. Kykenevätkö robotit tulevaisuudessa tekemään eettisiä päätöksiä, on suuri kysymys. Todennäköistä on, että robotit eivät kykene yltämään tälle kehitysasteelle vielä pitkään aikaan, jos koskaan? (The Medical Futurist, 2017)

Kognitiivisessa sairaalassa sairauksien diagnosoinnissa voi myös olla hyödynnetty konenäköä, joka kykenee tunnistamaan objekteja ja kuvia. Koneoppimisen algoritmeja voidaan hyödyntää esimerkiksi lääkkeiden tunnistuksessa sopivia yhdisteitä etsiessä, joka nopeuttaa prosessia ja luo turvallisuutta. Kognitiivisia ratkaisuja, kuten IBM Watson voidaan hyödyntää hyvin monella tavalla, mutta tunnetuimpia varmasti ovat sairauksien diagnosointi ja sopivan ratkaisun löytäminen sairauden parantamiseksi. Watsonia on hyödynnetty lisäksi veren sokerin monitorointiin kontrolloimalla insuliinipumppuja, jotta vaaralliset veren glukoosipitoisuuden vaihtelut voidaan välttää tai sovellus voi ennakoitusti ilmoittaa tulevasta, jolloin toimenpiteitä voidaan tehdä jo ennen ongelman syntymistä. (Birkett)

Kognitiiviset sovellukset vastaanottavat valtavasti dataa, mikäli ne yhdistetään IoT:n ja päälle puettavien sensoreiden kanssa. IoT-laitteita hyödyntävien potilaiden päähyötynä on mukavuus ja nopea pääsy vitaleihin informaatioon, jolloin hätätilanteilta voidaan välttyä. Ihmiset tunnetusti ovat halukkaita monitoroimaan ja kontrolloimaan terveyttään, mikäli he tuntevat sen helpoksi, miellyttäväksi ja mikäli se sopii heidän kiireiseen nykyajan elämäntyyliinsä. (Desai, 2016) Kognitiiviset sovellukset voivat oppia myös tällä tavoin lisää ja yhdistettäessä IoT-tekniikalla tuotettua sensoridataa lääketieteelliseen kirjallisuuteen, dataan aiemmin diagnosoiduista sairauksista, lääkärin muistiinpanoja ym.

4.3 Esimerkkejä digitaalisista kognitiivisista sairaaloista

Tässä luvussa esitellään maailmalla jo toteutettuja tekoälyä hyödyntäviä kognitiivisia digitaalisia sairaaloita. IBM:llä ja sen kehittämällä kognitiivisella Watson-järjestelmällä on tärkeä osuus suurimmassa osassa kognitiivisista digitaalisista sairaaloista, sillä Watson tarjoaa massiivisen määrän informaatiota juuri lääketieteelliseen käyttöön. Lisäksi IBM:n panostus terveydenhuollon sektoriin (myös Suomen alue) on merkittävää niin yhteistyössä sairaanhoitopiirien, sairaaloiden, klinikoiden kuin yliopistojenkin kanssa. Suurista yrityksistä myös Fujitsu on merkittävässä roolissa tekoälyä hyödyntävien palveluiden ja Fujitsun kehittämää Zinrai-järjestelmää on onnistuneesti käytetty San Carlos Clinical-sairaalassa Yhdysvalloissa. Tulevaisuudessa Google, Microsoft ja muut suuret yritykset tulevat varmasti

esittelemään uusia innovatiivisia tekoälyä hyödyntäviä sovelluksia ja järjestelmiä, jotka parantavat sairauksien diagnosointia ja hoitoa sekä yleistä tyytyväisyyttä.

4.3.1 Alter Hey Cognitive Hospital

Alder Hey on Iso-Britannian ensimmäinen kognitiivinen sairaalaprosjekti, joka tähtää globaaliksi liikkeelle panevaksi voimaksi lasten terveydenhuollon innovoinnissa. Alder Heyn tarkoituksena on valjastaa peliteknologian, uuden sensoriteknologian, nanoteknologian ja kognitiivisen tietojenkäsittelyn voima, jotta on mahdollista luoda todellinen digitaalinen, elävä sairaalaympäristö, joka voi aistia ja tuntea, mitä sairaalassa on tapahtumassa ja toimia sen mukaisesti. Kyetäkseen toimimaan kyseisellä tavalla sairaalan on käytettävä hyväkseen digitaalista teknologiaa, joka kykenee ajattelemaan, aistimaan ja huolehtimaan potilaista. (Alder Hey, 2015)

Alder Hey tekee yhteistyötä Iso-Britannian kehittyneimmän Daresburyssä sijaitsevan kognitiiviseen tietojenkäsittelyyn erikoistuneen keskuksen, The Hartree Centre, kanssa. Sairaalaympäristössä tuotetaan jatkuvasti valtava määrä dataa, jota voidaan hyödyntää diagnosointitarkoituksiin. Tietoja voidaan tallentaa valtaviksi tietokannoiksi ja kehittää verkostoja, jotka voivat ennustaa sairauksien etenemisen polkuja. Kliinistä informaatiota voidaan yhdistää henkilökohtaiseen informaatioon, jotta yleiskatsaus potilaan tilasta voidaan saavuttaa. (Alder Hey, 2015)

Sensoriteknologiaa ei vielä ole laajalti käytetty terveydenhuollossa, mutta sen potentiaali potilaiden terveydenhoidon lopputuloksien ja kokemusten parantamiseksi voi olla merkittävä. Sensoriteknologia tarjoaa lääkäreille mahdollisuuden monitoroida potilaita reaaliajassa potilaiden ollessa sairaalaympäristössä tai kotonaan. Sensoriteknologian hyödyntäminen tarjoaa valtavia hyötyjä, kuten mahdollisuuden reagoida potilaiden tilan muutokseen välittömästi. Tämä poistaa tarpeen potilaiden jäädä sairaalaan pitkiksi ajoiksi ja siten mahdollistaa paremmin kotihoidon sekä tarjoaa tärkeää dataa, jonka avulla lääketieteellisiä tilanteita voidaan paremmin ymmärtää. Sensoriteknologian avulla voidaan tulevaisuudessa korvata verikokeita tai helpottaa lasten sairauksien diagnosointia, sillä silloin ei ole tarvetta johdotettujen diagnosointilaitteistojen käyttöön, mikä tuo varmasti mukavuutta. (Alder Hey, 2015)

Alder Hey (2015) mukaan erikoisuutena Alder Hey sairaalaprosjektissa on sairaalan työskentely yhteistyössä sovellus- ja peliteollisuuden kanssa luoden sovelluksia, joiden kautta on mahdollista siirtää henkilökohtaista tietoa tietoturvallisesti henkilökunnalle jo ennen hoidettavaksi saapumista. Henkilökohtainen tieto tässä tapauksessa voi olla tietoa lemmikeistä, perheestä ja siitä mistä potilas pitää tai ei pidä. Sovelluksen avulla on mahdollista toteuttaa virtuaalisia vierailuita sairaalaan ja sen tiloihin sekä diagnostointilaitteistoihin, kuten magneettikuvaus (MRI) sekä teattereihin, makuuhuoneisiin, puistoihin jne. Sovellus myös mahdollistaa personoitujen avatarien luomisen, joiden avulla on

mahdollista kysyä kysymyksiä puheen ja tekstin välityksellä. Tämänkaltainen toimintamalli auttaa niin lapsia kuin sairaalan henkilökuntaakin kehittämään luottamuksellisia suhteita ja se voi vähentää hoidon stressiä ja parantaa nopeutta.

Tutkimuksien mukaan sopivanlainen harhautus saa lapset selviämään paremmin hoidoista ja se myös vähentää ahdistuksen kokemista. Sen on myös todettu vähentävän tarvetta nukutusaineen, rauhoittavien- tai kipulääkkeiden käyttöön. Peliteollisuuden yhteistyö Alder Heyn kanssa sopivanlaisen harhauttavan immersion aikaansaamiseksi on tärkeää. Se mahdollistuu yhdistämällä sopivassa määrin henkilökohtaista informaatiota kliiniseen informaatioon, jolloin pelejä ja muita digitaalisia sovelluksia on mahdollista kehittää auttamaan potilaiden hoidossa. Pelien ja elokuvien toteuttaminen voi auttaa potilaita ymmärtämään sairauksiaan, ottamaan hallinnan niistä ja esimerkiksi taistelemaan virtuaalisesti syöpäsoluja vastaan. Sovellukset myös selittävät, mitä on tapahtumassa potilaan perheelle ja ystäville. (Alder Hey, 2015)

Alder Hey-sairaalan projektit tarjoavat erinomaisen tilaisuuden Alder Hey-sairaalalle hyödyntää uusinta teknologiaa ja oppia, kuinka IT-ratkaisuja ja työkäytänteitä voidaan muuntaa sekä kehittää, eikä vain Iso-Britannian alueella, vaan kaikkialla maailmassa. Auttamalla potilaita ja heidän vanhempiaan valmistautumaan sairaalajaksoille vähentää heidän huoltaan ja saa lapsipotilaat parantumaan sekä pääsemään kotiin nopeammin. Terveystieteiden kehittäminen on kehittymässä hyvin suurta vauhtia digitaalisten sekä kognitiivisten teknologioiden alueella. Lisäksi Britannian sija tieteissä, innovaatioissa ja terveydenhuollossa auttavat myös Alder Heyn sairaalaa tarjoamaan erinomaisia potilashoitokokemuksia. (Burns, 2016)

4.3.2 Boston Children's hospital

Bostonin lastensairaala sijaitsee Longwoodin lääketieteellisellä ja akateemisella alueella Massachusettsissa, Bostonissa. Sairaalan perusti vuonna 1869 lääkäri Francis Henry Brown, joka oli kirurgi sisällissodan aikana ja matkusti Euroopassa 1867 opiskellen erilaisia lähestymistapoja lasten hoitamiseen potilaina. Brown vaikutti näkemistään hoitomuodoista ja toi ne hoitokäytänteet mukanaan Bostoniin, jossa hän avasi 20-sairaalasängyn laajuisen laitoksen Bostonissa. Bostonin lastensairaala yhdistyi osaksi Harvardin lääketieteellistä koulua vuonna 1903. Vuodesta 1903 sairaala on kasvanut huomattavasti ja on nykyään yksi suurimmista pediatrien hoidon sairaaloista USA:ssa palvelen yli 100 maan kansalaisia tarjoamalla vierailujen koordinoitua, lääketieteellisiä sairaskertomuksia, matkustus-, majoitus- ja maahanmuuton palveluita. (Harvard Medical School)

Vuonna 2012 U.S. News & World Report luokitteli sairaalan yhdeksi parhaista kansallisista sairaaloista, joka on erikoistunut pediatrien hoitoon. Bostonin lastensairaala oli luokittelussa kolmen parhaan joukossa pediatrien hoidon alueella ja ensimmäisenä kardiologiassa, neurologiassa, urologiassa, nefrologiassa ja ortopediassa. Sairaala on yksi

suurimmista pediatrien lääketieteellisen hoidon keskuksista Yhdysvalloissa, joka tarjoaa terveyspalveluita aina syntymästä 21 vuoden aikuisikään saakka. Sairaalinstituutiossa on 40 kliinistä osastoa ja 228 erikoistunutta kliinistä ohjelmaa. (Harvard Medical School)

Bostonin lastensairaalassa on 395-huoneen laajuinen kattava lääketieteellinen terveydenhuoltoalan keskus, jossa vierailee noin 24 953 potilasta vuosittain sairaalajaksoilla. Sairaalan 228 erikoistunutta kliinistä ohjelmaa kykenevät vastaanottamaan 557 620 potilasvierailua vuosittain ja niissä toteutetaan 26 534 leikkaustoimenpidettä. Lastensairaalassa on myös perustettu maailman suurin tutkimusyriety, jossa työskentelee 1100 tutkijaa, joista yhdeksän on kansallisen tiedeakatemian jäseniä, 11 lääketieteen instituutin jäseniä ja yhdeksän jäsenistä on jäseniä Howard Hughes Medical Instituutissa. Tämä kokonaisuus käsittää lastensairaalan tutkimusyhteisön. (Harvard Medical School)

Kehittääkseen diagnosoinnin ja harvinaisten pediatrien sairauksien hoitoa, Bostonin lastensairaala ja IBM ovat aloittamassa yhteistyötä IBM Watsonin kognitiivisen alustan hyödyntämisestä. Aluksi Watsonia hyödynnettiin munuaissairauksien diagnosoinnissa, sillä Watson kykenee analysoimaan valtavan määrän tieteellistä kirjallisuutta ja kliinisiä tietokantoja Watsonin terveystietopalvelussa verraten geneettisiä mutaatioita sairauksiin ja auttaakseen löytämään oivalluksia, jotka voivat auttaa lääketieteen ammattilaisia tunnistamaan parempia hoitovaihtoehtoja. (IBM News Releases, 2015)

Nykyään yksi kymmenestä Yhdysvaltain kansalaisesta kärsii harvinaisesta sairaudesta ja puolet kyseisistä potilaista on lapsia. Yhdysvalloissa on diagnosoitu 7000 tunnettua harvinaista sairautta, jotka vaihtelevat aina hyvänlaatuisista poikkeavuuksista hengenvaarallisiin sairauksiin saakka. Joissain tapauksissa lapset saattavat ehtiä menehtymään ennen diagnoosin tekemistä, joka saa perheet miettimään, olisiko jotain voinut tehdä toisin tai miten on mahdollista välttää kyseessä olevan sairauden leviämisen muihin perheenjäseniin, kuten sisaruksiin. (IBM News Releases, 2015)

Uuden yhteistyösopimuksen myötä, Watsonia opetetaan nefrologiassa antamalla sille syötteenä lääketieteellistä kirjallisuutta ja kokoomalla informaatiota kausatiivisista mutaatioista, jotka ovat ominaisia harvinaiselle steroidiresistentille nefroottiselle syndroomalle (SRNS)-munuaissairaudelle. Bostonin lastensairaalan asiantuntijat syöttävät genomijaksodataa Watsonille, jotta järjestelmä voi oppia lisää ja oireiden diagnosointikyky paranee. Tarkoituksena on luoda kognitiivinen järjestelmä, joka auttaa lääketieteen ammattilaisia tulkitsemaan lapsen genomijaksodataa, verrata sitä lääketieteelliseen kirjallisuuteen ja tunnistaa nopeasti anomaliaita, jotka voivat aiheuttaa selittämättömiä oireita. (IBM News Releases, 2015)

Tunnistamattomien sairauksien diagnosoiminen on tärkeää, sillä ne voivat aiheuttaa lapsipotilaille ja heidän vanhemmilleen suunnatonta epävarmuutta ja huolta. Watsonia

voidaan käyttää apuna tässä, jotta voidaan löytää riittävä määrä informaatiota potilaiden kliinisestä historiasta, DNA-datasta, saatavilla olevasta evidenssistä ja väestön terveysdatasta. Vaikka sairaus olisi jo diagnosoitu, tehokkaan hoidon löytäminen harvinaisten tilanteiden hoitamiseen voi olla vaikeasti saavuteltavissa. Esimerkiksi SRNS:n hoitamiseen ei usein immuunisuppressiivinen hoito auta, vaan potilaan tulee mennä dialyysiin tai odottaa munuaisen siirtoa. Toisinaan käy niin, että sairaus vielä toistuu uuden elimen saamisen jälkeen. (IBM News Releases, 2015)

Yksi Watsonin kyvyistä on löytää nopeasti piilossa olevaa informaatiota ja yhdistää malleja valtavassa määrässä dataa. Harvinaisten sairauksien diagnosointi on sopiva sovellus kognitiiviselle teknologialle, joka kykenee omaksuma eri tyyppistä ja eri lähteistä peräisin olevaa dataa, jota lääkärit voivat hyödyntää potilaiden hoito-ohjelmia suunnitellessaan. Tärkeänä tavoitteena on verkottautua maailman johtavien asiantuntijoiden kanssa ja luoda kognitiivinen työkalu, joka auttaa lääkäreitä löytämään niin sanotun neulan heinäsuovasta hyödyntämällä kaikkia lääketieteellisiä edistysaskeleita, jotka tukevat tehokasta lapsipotilaan hoitoa. (IBM News Releases, 2015)

Projekti toteutetaan yhteistyössä Bostonin lastensairaalan nefrologian osaston ja Claritas-genomiikan kanssa. Projektin onnistuessa lastensairaalalla on suunnitelmia laajentaa diagnosoimattomien neurologisten häiriöiden ja muiden soveltuvien sairauksien alueelle, jotta diagnosointi- ja hoitopalvelut potilaille voivat parantua. Bostonin sairaalalla on tämänkaltaiseen toimintaan mahdollisuuksia, sillä se on osa diagnosoimattomien sairauksien verkkoja, joka ratkaisee lääketieteellisiä mysteereitä integroimalla genetiikan, genomiikan ja asiantuntemuksen harvinaisten sairauksien suhteen. Lastensairaala oli myös ideoimassa Claritas Genomicsin syntyä, joka on geneettinen diagnostiikkalaboratorio, joka tarjoaa geneettistä testausta ja kehittää uusia diagnostisia testejä ja ratkaisuja. (IBM News Releases, 2015)

IBM on ollut kehittämässä Watsonin kykyä analysoida genomidataa yhteistyössä johtavien syöpäkeskusten kanssa maailmalla. Järjestelmää käytetään tällä hetkellä 16 syöpäinstituutissa analysoimaan ja tulkitsemaan genomidataa, joka auttaa onkologeja löytämään yksilöllisiä, personoituja hoitovaihtoehtoja. Alkanut projekti Bostonin lastensairaalan kanssa on ensimmäinen kerta, jolloin tätä kyseistä teknologiaa sovelletaan auttamaan lääketieteen ammattilaisia tehokkaasti tunnistamaan mahdolliset vaihtoehdot harvinaisten sairauksien diagnosointia ja hoitoa varten. Tämän lisäksi IBM ja Bostonin lastensairaala työskentelee yhteistyössä luodaksena verkossa toimivan OPENPediatrics-alustan, joka on suunniteltu tuottamaan lääketieteellistä tietämystä pediatrialle hoitajille maailmanlaajuisesti. Seuraavana vaiheena on integroida Watsonin syvä ja iteratiivinen kysymys-vastaus-kyky laajentamaan ja skaalaamaan OPENPediatrics-alustaa. (IBM News Releases, 2015)

4.3.3 Cleveland Clinic Lerner College of Medicine

Cleveland Clinic on vuonna 1921 perustettu Yhdysvalloissa, Ohiossa, sijaitseva voittoa tavoittelematon, useaan alaan erikoistunut akateeminen lääketieteellinen keskus, joka integroi kliinisen- ja sairaanhoidon tutkimukseen ja koulutukseen. Sairaalassa on 1400 sairaalapaikkaa Cleveland Clinicin pääkampuksella ja 4435 sairaalapaikkaa järjestelmän laajuisesti. Cleveland Clinics on yksi suurimmista ja kunnioitetuimmista sairaaloista USA:ssa. Eräs sairaalan tunnustajista on U.S News & World Report, joka on vuosittaisessa survey-tutkimuksessaan tutkinut Amerikan parhaita sairaaloita ja tutkituista sairaaloista Cleveland Clinic oli yksi parhaista. Cleveland Clinicin sydänleikkausohjelma on rankattu sijalle yksi USA:ssa jo vuodesta 1995. (Cleveland Clinic, 2017)

Sairaalan toiminta on hyvin innovatiivista ja se onkin kehittänyt ja löytänyt useita lääketieteellisiä läpimurtokeinoja ja tutkimustuloksia, kuten:

- Ensimmäinen potilaan navan kautta toteutettu munuaisleikkaus (2007)
- Kansakunnan ensimmäinen lähes täydellinen kasvojensiirto (2008)
- Tutkimustulos, jonka perusteella aikuisen aivon neuronit voivat uudistua (2011)
- Todistus, jonka perusteella bariatrinen leikkaus kontrolloi diabetestä (2012)
- Tutkimustulos, että suolistobakteerituote (TMAO) voi ennustaa sydänsairauden riskiä (2013)

Sairaalan tutkimusinsituutissa (Lerner Research Institute) toteutetaan kaikki laboratoriopohjaiset ja kliiniset biolääketieteelliset tutkimukset Cleveland Clinic:ssa. Tutkimusinstituutin tutkimuskäyttöön varattu tila on kooltaan 650 000 neliöjalkaa ja yli 1200 tiedemiestä sekä tutkimusta tukevaa henkilöä tekevät yhteistyötä kliinisten tutkijoiden kanssa selvittäessään sairauksien piirteitä. Sairaalassa on tutkimusinsituutin lisäksi myös yksi maan laajimmista lääkärien koulutusinstituuteista, jota Cleveland Clinic sponsoroi. Koulutusinstituutissa vierailee lääkäreitä kaikkialta maailmasta suorittamassa harjoittelua useilla eri lääketieteen erikoisosa-alueella. Sairaalan lääketieteellisessä korkeakoulussa (College of Medicine) koulutetaan tiedemieslääkäreitä. Korkeakoulun opinnoissa yhdistetään koulutus ja tutkimus innovatiivisessa ohjelmassa, jotka valmistavat opiskelijoita tulevaan ammattiin. (Cleveland Clinic, 2017)

Cleveland Clinic Lerner College of Medicine of Case Western Reserve University ja IBM yhteistyön tuloksena syntyi kaksi kognitiivista tietojenkäsittelyä hyödyntävää teknologiaa, joita voidaan käyttää Watsonin avulla. Kyseisiltä teknologioilta odotetaan, ne auttavat lääkäreitä tekemään informoidumpia ja tarkempia päätöksiä nopeammin ja saamaan uusia oivalluksia digitaalisista potilastietorekistereistä (EMR). Ensimmäinen yhteistyössä toteutettu teknologiaprojekti on "WatsonPaths" ja toinen "Watson EMR Assistant". Projektien

tarkoituksena on luoda teknologioita, joita voidaan käyttää Watsonin avulla lääketieteen alueella. (IBM research, 2017)

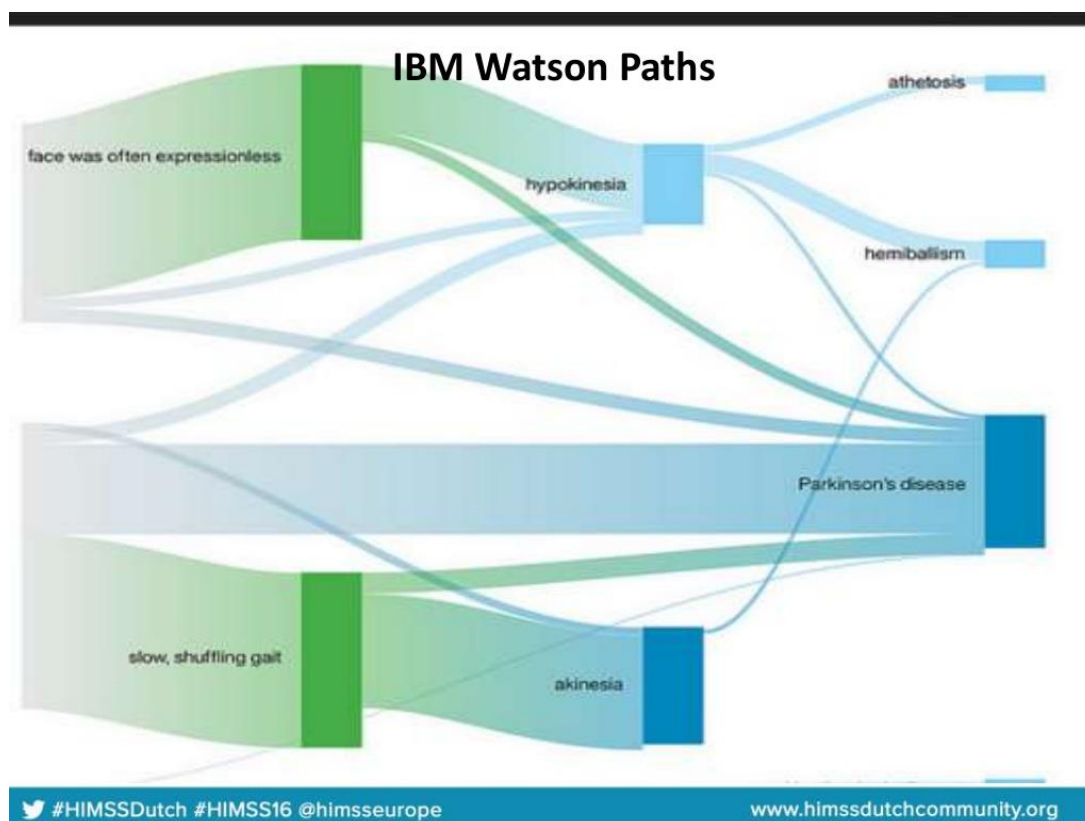
WatsonPaths-projektissa IBM:n tiedemiehet opettivat järjestelmää toimimaan vuorovaikutuksessa lääketieteen asiantuntijoiden kanssa tavalla, joka on heille luonnollinen, antaen käyttäjälle mahdollisuuden helpommin ymmärtää rakenteellisia ja ei-rakenteellisia datalähteitä. Watson EMR Assistant-projektin tavoitteena on auttaa lääkäreitä löytämään avaininformaatiota potilaiden lääketieteellisistä tietueista parantaakseen hoidon laatua ja tehokkuutta. IBM:n ja Cleveland Clinicin välinen yhteistyö on merkittävästi kehittänyt teknologioita, joita hyödyntämällä Watson voi käsitellä yhä monimutkaisempia reaalityodellisuuden ongelmia. Tämän lisäksi yhteistyö on mahdollistanut vuorovaikutuksen lääketieteen ammattilaisten kanssa innovatiivisemmalla tavalla. (IBM research, 2017)

WatsonPaths:ia voidaan käyttää kliinisen päättelyn tukemiseen. WatsonPath-projekti tutkii monimutkaisia skenaarioita ja vetää johtopäätöksiä samalla tapaa kuin ihmiset tekevät todellisessa elämässä. Lääketieteellisessä tapauksessa, WatsonPath käsittelee lauseita perustuen tietämykseen, jota se on kerännyt lääketieteellisestä kirjallisuudesta ja lääkäreiden opettamana. Käyttämällä Watsonin kysymykseen vastaamiseen tarkoitettuja kykyjä, WatsonPaths kykenee reaaliajassa tutkimaan skenaarioita useista eri näkökulmista, kuten tutkimalla evidenssejä, referenssimateriaaleja, kliinisiä ohjeistuksia ja lääketieteellisiä julkaisuja ja tehden päätöksiä tukeakseen tai hylätäkseen hypoteesit. Tämä kyky kartoittaa lääketieteellistä evidenssiä tarjoaa lääketieteen ammattilaisille mahdollisuuden harkita uusia faktoreita, jotka voivat auttaa heitä luomaan uusia differentiaalisia diagnoosi- ja hoitovaihtoehtoja. (IBM research, 2017)

Lääketieteen asiantuntijoiden käyttäessä WatsonPaths:ia, järjestelmä hyödyntää koneoppimisen algoritmeja parantaakseen ja skaalatakseen lääketieteellisen informaation vastaanottoa. WatsonPaths rekisteröi lääkäriltä tulevan palautteen ja voi paneutua lääketieteelliseen tekstiin tutkiakseen, jos jokin tietty evidenssiketju on tärkeämpi, tuottaa lisää informaatiota ja punnita, mikä lääkärin päättelyketjuista johtaa vahvimpaan lopputulokseen. Koko vuorovaikutuksen ajan, WatsonPaths vertaa toimiaan lääketieteen asiantuntijan toimiin, jotta järjestelmän toiminnasta voi tulla älykkäämpää. Valmistuessaan WatsonPaths tulee saataville Cleveland Clinic-sairaalaan ja opiskelijoille osaksi heidän ongelmapohjaista opintosuunnitelmaansa ja kliinisiä laboratoriosimulaatioita. (IBM research, 2017)

WatsonPaths ei ole vain staattinen järjestelmä, joka odottaa päivityksiä, vaan se on oppiva järjestelmä, joka käyttää hyväkseen lääkäreiltä saatua palautetta, lääkäreille esitettyjä kysymyssarjoja ja lääketieteellistä kirjallisuutta tuottaakseen sekä arvioidakseen uusia päättelyketjuja. WatsonPaths siis oppii myös lääkäreiden palautteen perusteella ja se voi vetää niistä johtopäätöksiä ja näyttää tulokset graafisena karttana (Kuvio 32). Päättelyketju on

samankaltainen kuin mitä ihmiset käyttävät reaali maailmassa. WatsonPaths-järjestelmä on myös suunniteltu laajentamaan ongelmapohjaisia oppimismenetelmiä, joita Cleveland Clinic:n lääketieteen opiskelijat käyttävät opinnoissaan. WatsonPathin visiona on toimia toimivana oppaana opiskelijoille, jotka saavat todennäköisiä ja vähiten todennäköisiä vastauksia todellisiin klinisiin ongelmiin.



KUVIO 33. Watson Paths-järjestelmän päättelyketju graafisesti esitettynä. (Szondy, 2013)

IBM ja Cleveland Clinic käyttävät Watsonia myös tutkiakseen, kuinka navigoida ja prosessoida digitaalisia EMR-tietojärjestelmiä, jotta he voisivat löytää piilossa olevia oivalluksia datan joukosta. Tavoitteena on auttaa lääkäreitä tekemään informoidumpia ja tarkempia päätöksiä potilashoidossa. Massiivinen digitaalisiin EMR-tietojärjestelmiin tallennettu terveysdata on jo yksinään huomattavassa arvossa muuntaessaan klinistä päätöksen tekoa, mutta valtava määrä terveysdataa voi myös olla vaikea omaksua. Esimerkiksi analysoidessa yksittäisen potilaan digitaalista potilastietojärjestelmän tietuetta, voi vastata 100 megatavun rakenteista ja ei rakenteista dataa, joka on tekstimuotoista ja voi koostua koko elämän käsittävistä klinisistä muistioista, laboratoriotuloksista ja lääketieteellisestä historiatiedosta. (IBM research, 2017)

Watsonin luonnollisen kielen prosessointikyky antaa mahdollisuuden Watson EMR-assistent-järjestelmälle prosessoida digitaalisia EMR-tietueita hyödyntäen semanttista (Deep Semantic) sisällön ymmärtämiskykyä, joka voi auttaa lääketieteen sektorin työntekijöitä (kuten lääkärit) käymään tehokkaasti ja nopeasti läpi valtavan määrän monimutkaista ja eri tyyppistä dataa

sekä saamaan koko prosessi ymmärrettävälle tasolle. Työskentely Cleveland Clinic-sairaalan tarjoaman EMR-datan parissa ja Cleveland Clinic lääkäreiden ohjauksessa, Watson EMR Assistant-palvelun tutkimusprojektin tarkoituksena on kehittää teknologioita, jotka kokoavat yksityiskohtia aikaisemmasta lääketieteellisestä historiasta ja esittävät lääkäreille listan kliinisistä huolenaiheista, jotka voivat vaatia hoitoa. Lisäksi tarkoituksena on nostaa esiin laboratoriotuloksia ja lääkityksiä, jotka korreloivat esitetyn listan sairauksien kanssa ja luokitella tärkeitä tapahtumia potilaan hoidossa. (IBM research, 2017)

4.3.4 Rhön-Klinikum Hospitals Group

Rhön-Klinikum Hospitals Group on vuonna 1973 perustettu saksalainen sairaaloiden ja klinikoiden yhteistyöverkosto, joka sijaitsee Bad Neustadt an der Saaleessa ja se on johtava sairaalaryhmittymä Saksassa. Rhön-Klinikum toimii innovoinnin moottorina ja on luotettava työnantaja 15 000 työntekijälle jo 40-vuoden ajan. Sairaala pyrkii korkeaan laatuun ja luotettavuuteen, uusimman teknologian laitteistoihin ja osastoihin sekä personoituun terveydenhuoltoon. Sairaalan tarkoituksena on tarjota palveluita, johon jokaisella on varaa, varmistaa tehokkuus, suorituskyky ja sosiaalinen vastuu saksalaisessa terveydenhoitojärjestelmässä, myös tulevaisuudessa. (Rhön-Klinikum, 2017)

Rhön-Klinikum on aloittamassa pilotoinnin IBM Watsonia hyödyntävällä kognitiivisen järjestelmällä tukeakseen lääketieteen ammattilaisia diagnosoimattomien ja harvinaisten sairauksien keskuksessa, Marburgin yliopistollisessa sairaalassa. Vuodesta 2013 saakka, jolloin keskus avattiin, yli 6000 potilasta on ollut yhteydessä keskuksessa toimivaan professori Jürgen Schäferiin, joka on johtava asiantuntija harvinaisten sairauksien alueella. Useimmilla potilailla, joita hän ja hänen tiiminsä tapaa, on vuoden pituiset lääketieteelliset tarinat, jotka koostuvat suuresta määrästä ei-rakenteellista dataa, kuten laboratoriotulokset, kliiniset raportit, lääkeaineiden reseptit, radiologian löydökset sekä patologian raportit. Tämä tekee työstä haastavaa ja niin sanotun neulan etsimistä heinäsuovasta. Toisinaan kuitenkin jopa pienikin informaation määrä voi johtaa tarkkoihin diagnosoimattomien tuloksiin. (Marginalia, 2016)

Keskuksen tutkimusryhmän tavatessa potilasta ensimmäistä kertaa, he toteuttavat laajan diagnosoimattomien puhumalla potilaiden kanssa ja lukemalla heidän lääketieteelliset digitaaliset sairaskertomukset. Tätä tietämystä laajennetaan heidän omalla tietämyksellään ja kokemuksillaan, lääketieteellisillä julkaisuilla, Internetissä olevien WWW-sivujen sisällöllä ja asiantuntijatyökaluilla. Prosessi saattaa kestää useita päiviä yhtä potilasta kohti. Parantaakseen tätä prosessia, RKA on aloittanut yhteistyön IBM:n kanssa toteuttaakseen 12 kuukautta pitkän pilottiprojektin, jossa lääketieteelliset ja tekniset tiedemiehet ja suunnittelijat molemmista organisaatioista työskentelevät yhdessä kehittääkseen kognitiivisen järjestelmän, harvinaisten sairauksien diagnosoimiseksi. Tarkoituksena on tukea lääketieteen ammattilaisia, jotka analysoivat potilaiden dataa ja auttaa heitä tekemään päätöksiä nopeammin ja turvallisemmin. (Marginalia, 2016)

Lääketieteellinen tietämys jatkaa räjähdysmäistä kasvamistaan, kunnes se saavuttaa pisteen, jossa se alkaa tuplaantua joka 73 päivän välein vuonna 2020. Kognitiivisen teknologian, kuten IBM Watson, käyttö tukee evidenssiin perustuvaa ja yksilöllisesti optimoitua potilashoitoa. RKA on kehittämässä avustavaa järjestelmää, joka auttaa valmistelemaan ja arvioimaan jo olemassa olevaa potilasinformaatiota ennen lääkäreiden konsultointia ja konsultoinnin aikana. Tämä auttaa lääkäreitä tekemään diagnosoiteja ja valitsemaan sopivat hoitovaihtoehdot. Pilotin alussa potilaita pyydetään täyttämään digitaalinen kysely, jonka ovat suunnitelleet Marburgin lääketieteellinen henkilöstö. Kyselylomake anynomisoi datan ja lähettää sen Watsonin rajapinnalle IBM-pilvipalvelussa, jossa relevantti informaatio puretaan lääketieteen ammattilaisia (kuten lääkärit) varten. Kognitiivinen järjestelmä käyttää luonnollisen kielen prosessointialgoritmia lääketieteelliselle terminologialle, jonka on kehittänyt IBM Global Business Services (GBS). Tarkoituksena on verrata edellä mainittua saksan kielistä kyselyä englannin kieleen pohjautuvaan lääketieteelliseen dataan, jotta differentiaalinen diagnosointi voi mahdollistua. (IBM News Releases, 2016)

Käyttämällä kognitiivista tietojenkäsittelyä, tutkijat ovat rakentamassa hypoteesilistan, joka voidaan sitten esittää lääkäreille datapohjaisen diagnosoinnin avuksi. Mikäli laboratoriotulos on normaalin alueen ulkopuolella, Watson voi merkitä sen laajempaa tutkimusta vaativaksi. RKA tarjoaa vaadittavan asiantuntijainformaation ja lääketieteellisen tietämyksen sekä projektin vaatimia IT-järjestelmiä ja se on vastuussa datan suojaamisen säännöksistä. Yliopistollisen sairaalan projektissa keksittyjä oivalluksia tullaan analysoimaan ja käyttämään hyödyksi muissa ryhmän sairaaloissa. Järjestelmä ei ainoastaan auta lääkäreitä diagnosoimaan sairauksia, vaan myös tukemaan potilaan sairaalaan tulon prosessia ja tarjoamaan parhaan mahdollisen potilaan sijoittamisen oikealle asiantuntijalle. Tämä ehkäisee kuluja aiheuttavaa ja aikaa vievää potilaan päätymistä väärälle asiantuntijalle tai väärin hoitosuunnitelmien tekemistä. (IBM News Releases, 2016)

4.3.5 Jupiter Medical Center

Floridassa, Yhdysvalloissa, toimivassa Jupiterin Medical Center (JMC) lääketieteellisellä keskuksella on pääsy Watsonin syöpäfokusoituihin palveluihin. Watson auttaa lääkäreitä 327-paikkaisessa laitoksessa tekemään kriittisiä klinisiä päätöksiä, kuinka hoitaa syöpäsairaita potilaita sisältäen personoidun ja potilaalle sopivimman hoitomuodon etsimisen sekä lisäksi ohjeistuksen, kuinka jakaa lääkkeitä. IBM Watsonin kyky seuloa suuri määrä uusinta lääketieteellistä dataa, kuten klininen tutkimusdata, lääketieteelliset julkaisut, tekstikirjat ja muu kirjallisuus on merkittävä hyöty lääkäreille, jotka ovat vastuussa suuresta määrästä potilaita. Watson kykenee esittämään syöpähoitoon erikoistuneille hoitotiimeille raportteja tehokkaimmista terapioidista ja hoitovaihtoehdoista. (Baec, 2017)

Oikeanlaisen hoidon suunnan löytäminen syöpäpotilaille on ollut aina haastavaa, mutta nykyajan nopea etsimisen vauhti hoitomuotojen löytämiseksi voivat aiheuttaa uusia pulmia klinisen päätöksenteon tukemiselle. Muutoksen vauhdissa pysyminen on vaikeaa

onkologeille myös kehittyneimmissä lääketieteellisissä keskuksissa ja voi olla mahdotonta maakuntien keskuksille, joissa on pienemmät resurssit. Watson for Oncology-palvelu muokkaa tapaa, millä onkologit voivat tehdä parhaita mahdollisia päätöksiä ja korkeimmalla mahdollisella laadulla potilaiden hoitamiseksi. (Muherjee, 2017)

USA:ssa on todettu 2017 aikana jo 1.7 miljoonaa uutta syöpätapausta, joista 125 000 Floridassa. Terveyspalveluiden tuottajat ovatkin siksi erityisen kiinnostuneita toteuttamaan suuria datamassoja hyödyntäviä evidenssiin perustuvia syöpädiagnosointi- ja hoitopalveluita. Lääketieteellinen informaatio tosin on luonut sekä haasteita että mahdollisuuksia hoidon parantumisen suhteen. Tällä hetkellä 50 000 onkologian tutkijaa on julkaissut tutkimusartikkeleita vuosittain, joka on johtanut tilanteeseen, joka ihmisten mukana pysymiselle mahdoton. (Jupiter Medical Center, 2017)

Jupiter Medical Center käyttää Watson for Oncology-palvelua, joka kykenee:

- Analysoimaan yksittäisen potilaan lääketieteellistä informaatiota auttaakseen onkologeja ymmärtämään paremmin potilaan yksilöllisiä ominaisuuksia
- Kykenee lukemaan valtavan ja yhä laajentuvan määrän lääketieteellistä kirjallisuutta, sisältäen miljoonia sivuja lääketieteellisiä tutkimusartikkeleita ja tekstikirjoja
- Kykenee muodostamaan ristiviittauksia syövän hoidon ohjeistuksien ja parhaiden käytäntöjen välille tarjotakseen yksilöllisiä, evidenssiin perustuvia hoitosuosituksia JMC-syöpäkeskuksen asiantuntijoille

4.3.6 Manipal Hospital

Manipal Hospital-sairaalat on erityinen merkitys Intian terveydenhuollon teollisuudenalaan ja erityisesti Etelä-Intiaan. Sairaaloitten verkottautuminen alkoi jo viisi vuosikymmentä sitten ja ne ovat nyt maan kolmanneksi laajin terveydenhuollon ryhmittymä, johon kuuluu 15 sairaalaa, jotka tarjoavat kattavaa hoitoa, joka on luonteeltaan sekä parantavaa että ennalta ehkäisevää laajalle potilasjoukolle, eikä vain Intialaisille potilaille, vaan myös muista maista saapuville potilaille. Ryhmittymän lippulaivasairaala sijaitsee Bangalossa ja se on sijoittunut kymmenen parhaan useaan lääketieteen haaraan erikoistuneen sairaalan joukkoon. Ydinarvoja ovat kliininen erinomaisuus, potilaskeskeisyys ja eettiset käytänteet, jotka ovat avanneet tietä yhdeksi parhaista ja luotetuimmista terveydenalan tarjoajista maassa nykypäivänä. (ManipalHospitals, 2017)

Kliininen erinomaisuus juontaa juurensa erinomaiseen lääkäreiden ja lääketieteen ammattilaisten tiimiin, joilla on ajankohtainen tietämys lääketieteen edistysaskeleista omalla erikoisalallaan. Lääkäreiden osaamispotentiaalia täydennetään osaavien hoitajien ja ensihoitajien työpanoksella. Potilaskeskeisyys on avaindogmeja, joita sairaala seuraa ja joka on saanut aikaan luottamusta potilaiden keskuudessa. Potilasystävälliset käytänteet ovat

saaneet aikaan sen, että sairaalaverkoston sairaalat ovat yksi suosituimmista terveydenhuollon toimijoista Intiassa. Eettiset käytänteet ja toimiminen yhteistyössä säätiöiden kanssa, on mahdollistanut terveydenhuollon palveluiden tarjoamisen vähävaraisille potilaille. (ManipalHospitals, 2017)

IBM on aloittanut yhteistyön Manipal Hospitals-ryhmittymän kanssa ja käyttää IBM:n tarjoamaa Watson for Oncology-palvelua, joka on kognitiivinen tietojenkäsittelyalusta tarjoten informaatiota ja oivalluksia lääketieteen ammattilaisille auttaakseen heitä tunnistamaan personoituja, evidenssin pohjautuvia syövän hoitomahdollisuuksia kaikkialla Intiassa. Manipal-sairaalan onkologit voivat käyttää IBM Watson for Oncology-alustaa potilaiden, joilla on rinta-, paksusuolen- tai keuhkosyöpä ja jotka ovat rekisteröityinä Manipal-sairaalaan. Manipal-sairaalat-ryhmittymä tarjoaa mahdollisuuden potilaille, jotka ovat saaneet syöpädiagnoosin, saada toinen mielipide Manipalin onkologeilta. 2015 vuoden jälkeen, jolloin Manipal-sairaalat ottivat ensi askeleitaan Watson for Oncology-palvelun omaksumisprosessissa, se oli ensimmäinen tämänkaltaisen merkittävä prosessi syöpähoitojen kehittämiseksi Intiassa. (KTI, 2016)

Watsonin avulla, Manipal-sairaalaryhmittymän onkologit voivat tehdä informoituja hoitopäätöksiä potilaille perustuen henkilön yksilölliseen terveydentilaan, viimeisimpään lääketieteen tutkimukseen ja muuhun relevanttiin dataan. Sairaala on lisäksi avoin yhteistyölle muiden sairaaloiden ja lääketieteen alueen konsulttien kanssa, joiden intresseissä on hyödyntää Watson for Oncology-palvelua. Lisäksi yhteistyötä halutaan tehdä potilaiden kanssa, jotka ovat saaneet syöpädiagnoosin tai haluavat saada hoito-ohjeita Manipal-sairaalaryhmittymän lääkäriltä. Syövästä on tullut varsin yleinen sairaus ja uuteen teknologiaan perustuvat hoitomuodot voivat olla nopeampia ja tuoda parempia tuloksia. Ihmiset voivat nyt saada mahdollisuuden konsultaatioon lääketieteen ammattilaisen kanssa 72 tunnin aikana kirjautumisesta Manipal-sairaalaryhmittymän online-konsultaatioportaaliin tai lähettämällä tekstiviestiä sairaalan tarjoamaan numeroon. (KTI, 2016)

Yleisenä ongelmana onkologian (kuten muidenkin lääketieteen alueiden) on, että onkologit ympäri maailman taistelevat pysyäkseen erittäin suuren tutkimusjulkaisujen, lääketieteellisen datan ja kliinisten kokeiden tuloksien mukana. Lisäksi lääkäreillä on täysi työ pysyä ajan tasalla parhaiden hoitokäytäntöjen ja hallinnan mukana. Watson luokittelee tunnistetut hoitovaihtoehdot ja tarjoaa linkin hoitoa tukevaan evidenssiin auttaakseen onkologeja heidän harkitessaan hoitovaihtoehtoja potilailleen. Watson for Oncology käsittää vaikuttavan informaation määrän, kuten yli 300 lääketieteellistä julkaisua, yli 200 tekstikirjaa ja yli 15 miljoonaa sivua tekstiä. Watsonin koneoppimisen kyvyt tarkoittavat, että se kykenee oppimaan ajan kanssa ja lääkäreillä on pääsy vertaisarvioituun informaatioon, klinisiin ohjeistuksiin ja asiantuntijanäkökulmiin. (KTI, 2016)

4.3.7 Memorial-Sloan-Kettering Cancer Center (MSKCC)

Memory-Sloan-Kettering eli MSKCC on maailman vanhin ja suurin yksityinen syöpäkeskus, taistelee salakavalaa sairautta vastaan. Se iskee joka kolmanteen naiseen ja joka toiseen mieheen heidän elinaikanaan. On lähes mahdoton löytää ketään, johon syöpä ei olisi vaikuttanut. Vuonna 1884 Manhattanille perustettu MSKCC on toiminut 130 vuoden ajan potilashoidon, innovatiivisen tutkimuksen ja koulutusohjelmien hyväksi. Kansallisesti MSKCC on rankattu neljässä aikuisten hoitoon erikoistuneissa lääketieteellisissä erikoisalueissa, jotka ovat syöpäsairaudet, korvien, nenän ja kurkun sairaudet, gynekologiset sairaudet ja urologiset sairaudet. Sairaalassa on 473 potilaspaiikkaa ja viime vuonna siellä vieraili 22 467 potilasta. Sairaala toteutti 9191 vuosittaista sairaalahoidoa vaatinutta leikkausta ja 12 177 avohoidollista leikkausta. MSKCC on keskittynyt myös opetustehtäviin. (MSKCC, 2017)

Lääketieteellisen informaation kaksinkertaistuessa joka viiden vuoden välein, jokainen onkologian nopeasti muuttuvassa kentässä toimiva lääkäri joutuu tekemään parhaansa pysyäkseen ajan tasalla lääketieteellisen kirjallisuuden, tutkimuksen, ohjeistuksien ja parhaiden käytänteiden suhteen. Tutkimuskeskukset, kuten MSKCC julkaisevat innovatiivisia löydöksiään vertaisarvioituissa tieteellisissä julkaisuissa, jotka ovat yleisin mediankanava lääkärit käyttävät kerätäkseen lääketieteellistä informaatiota. Kuitenkin, lääketieteellisen kirjallisuuden informaation mukana pysyminen voi viedä niinkin paljon kuin 160 tuntia viikossa, joten ei ole yllättävää, että vain noin 20 % nykypäivän lääkäreiden käyttämästä tietämyksestä on evidenssiin perustuvaa. MSCKK etsii keinoja, joiden avulla se voi laajentaa lääketieteellisen evidenssin saavutettavuutta ja käytettävyyttä parantaakseen potilaiden hoitotuloksia onkologian alueella. MSCKK halusi löytää teknologian, joka voisi tarjota personoitua diagnostiikkaa ja hoitoehdotuksia yksittäisille potilaille. (IBM Corporation, 2013)

MSKCC aloitti yhteistyön IBM kanssa hyödyntääkseen IBM kehittämää Watsonia onkologian alueella aloittaen rinta- ja keuhkosyöpien hoidoista. Syöpäkeskuksen onkologit opettivat Watsonia vertaamaan potilaan lääketieteellistä informaatiota valtavaa määrää hoito-ohjeita, julkaistuja tutkimuksia ja muuta informaatiota vastaan tarjotakseen yksilöllisiä hoitosuosituksia lääkäreiden avuksi. Watsonin luonnollisen kielen prosessointikyky kykenee käsittelemään ei-strukturoitua dataa, kuten tutkimusartikkeleita, lääkäreiden muistiinpanoja ja ohjeistuksia, sekä parhaita kansallisen syöpäverkoston (National Comprehensive Cancer Network eli NCCN) käytänteitä. Ratkaisu tarjoaa jokaisen hoitosuosituksen yhteydessä hoitosuositusta tukevaa evidenssiä, jotka yhdessä tarjoavat läpinäkyvyyttä ja auttavat lääkäriä päätöksentekoprosessissa. Watson osoittaa myös alueet, joissa tarvitaan enemmän informaatiota ja päivittää hoitosuosituksiaan, kun uutta dataa lisätään. Watsonin odotetaan helpottavan pääsyä onkologien kollektiiviseen viisauteen, jota voidaan sitten tarjota esimerkiksi terveydenhuollon henkilöille, joilla ei ole niin paljon kokemusta tietystä sairaudesta. Tällöin Watson voi toimia viisaana neuvonantajana ja tarjota kokeneimpien asiantuntijoiden tietämyksen päätöksenteon avuksi. (IBM Corporation, 2013)

Memory-Sloan-Kettering aloitti vuonna 2016 yhteistyön IBM:n (Watson), Quest Diagnostics:n, MIT:n ja Harvardin kanssa tarkkuuslääketieteen sektorilla, luoden uusia potilashoidon mahdollisuuksia maakuntien onkologeille, jotka tarjoavat 70 % syöpähoitopalveluista. Yhteistyössä yhdistetään kognitiivinen tietojenkäsittely genomiseen kasvaimen sekvensointiin. MSK lisää Watsonin tieteelliset löydökset onkologian tarkkuuslääketieteen OnkoKB-tietokantaan, joka kehitettiin auttamaan tarkkuushoitojen vaihtoehtojen informoinnista syöpäpotilaille. Yhteistyö tarjoaa Watson for Genomics-palvelun laajalti saataville potilaille ja lääkäreille Yhdysvalloissa. Quest Diagnostics, joka on genomiseen sekvensointiin ja onkologiadiagnoosiin erikoistunut yhtiö, palvelee puolta Yhdysvaltojen sairaaloista ja lääkäreistä ja laajentaa näiden kehittyneiden palveluiden tarjontaa tuhansille maaseudun onkologeille, jotka tarjoavat 70 % maan laajuisista syöpähoitopalveluista. MIT ja Harvard tarjoavat myös oman panoksensa genomisen sekvensoinnin palveluita yhteisen aloitteen hyväksi. (Monegain, 2016)

Uusi yhteistyössä kehitetty palvelu sisältää laboratorion sekvensointeja ja kasvaimen genomiikan analysointia, jotta kliinisten kokeiden ja terapioiden mutaatiot voidaan paljastaa. IBM:n kehittämä Watson sitten vertailee näitä mutaatioita verraten niitä lääketieteelliseen kirjallisuuteen, kliinisiin tutkimuksiin ja selityksin varustettuihin sääntöihin, joita ovat luoneet johtavat onkologit (myös MSK:n). Watson for Genomics vastaanottaa 10 000 tieteellistä artikkelia ja 100 uutta kliinistä tutkimusta joka kuukausi, jolloin sen osaamispotentiaali kasvaa huomattavaa vauhtia. Syöpäyhteisön johtavien kliinisten ja patologisten asiantuntijoiden yhteistyöstä hyötyvät useat tuhannet uudet syöpäpotilaat, sillä palvelun tietämys kasvaa huomattavaa vauhtia ja se tarjoaa siten uusia mahdollisuuksia syöpähoitojen sektorilla. (Monegain, 2016)

Käytännössä MSKCC tarjoaa ratkaisuna Watsonin OnkoKB-tietokannalla, joka sisältää kliinistä evidenssiä jonka avulla supertietokone voi löytää hoitovaihtoehtoja, jotka voivat tähdätä tiettyihin geneettisiin poikkeavuuksiin, jotka aiheuttavat syövän etenemistä. Uusi palveluratkaisu yhdistää Quest-yrityksen uusinta tekniikkaa hyödyntävän kasvainanalyysin ja kansallisen pääsymahdollisuuden IBM:n kognitiivisen tietojenkäsittelyn palveluihin sekä MSK:n tarjoamaan perusteelliseen syövänhoitoasiantuntemukseen. Yhteistyön avulla onkologeilla on pääsy MSK:n asiantuntevasti organisoituun informaatioon hoidon seurauksista ja vaikutuksista koskien tietyn syövän geenin muutoksia. Ratkaisu voi mahdollistaa asiantuntemuksen skaalautumisen ja parantaa potilashoitoa. (Monegain, 2016)

4.3.8 San Carlos Clinical Hospital

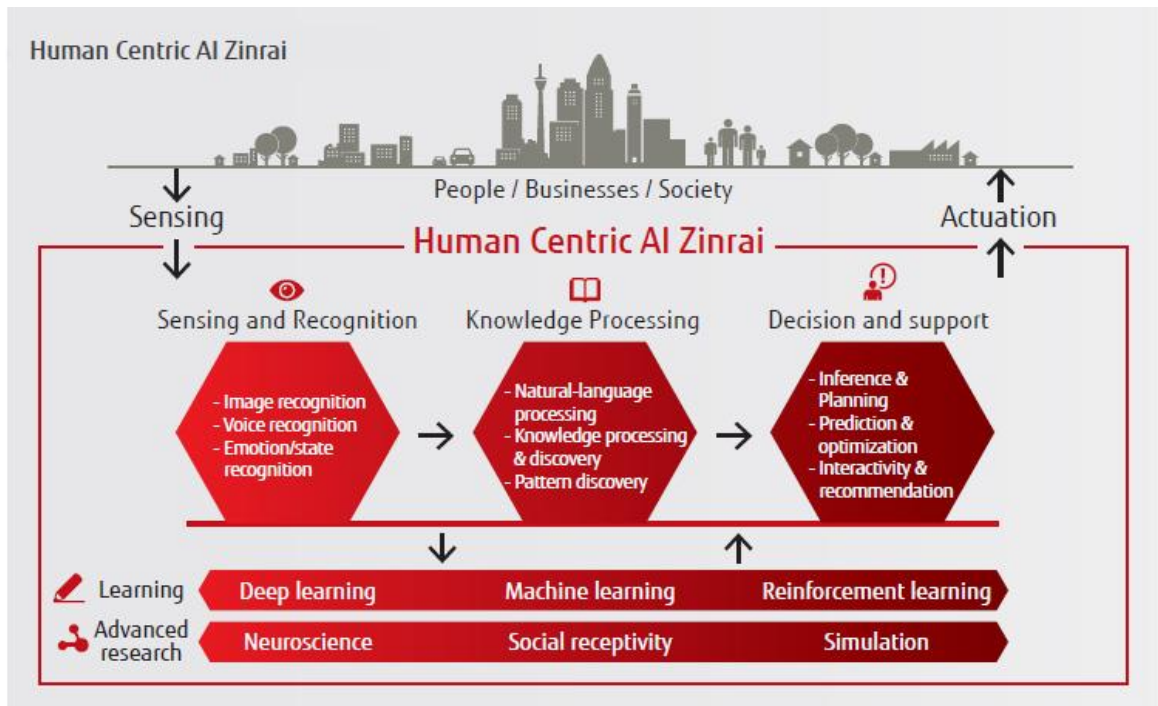
San Carlos Clinical Hospital (HCSC) on lääketieteellinen sairaalaorganisaatio, joka perustettiin 1787. HCSC-sairaalan tavoitteena on hoidon parantaminen, opetus ja tutkimus. Sairaala on rakennettu 60-luvulla ja sitä on kunnostettu ja muokattu Madridin yhteisön vaatimusten mukaisesti ja se on tullut tunnetuksi kansallisena ja myös kansainvälisellä tasolla osaavan henkilökunnan ja laitoksien myötävaikutuksesta. Sairaalassa on yli 5000 ammattilaista ja se

toimii myös tärkeimpänä harjoittelupaikkana Universidad Complutense de Madrid-yliopiston opiskelijoille. (SaludMadrid)

San Carlosin kliininen sairaala on etsinyt ratkaisuja hoidon, opetuksen ja tutkimuksen parantamiseen jo vuodesta 1787 saakka, jolloin se perustettiin. Sairaala on onnistunut tyydyttämään Madridin alueen asukkaiden terveydenhuollon kysynnän ja sen korkealuokkaiset laitokset ja henkilökunta on tehnyt sairaalasta kansallisesti ja myös kansainvälisesti korkealuokkaisen sairaalan. HCSC-sairaala tukee ja mahdollistaa uusien ideoiden jalostamista tuotteiksi ja palveluiksi, jotka tarjoavat lisäarvoa potilaille, henkilökunnalle ja koko sairaalajärjestelmälle. (Fujitsu)

Perinteisissä sairaalaympäristöissä on usein valtava määrä dokumentteja paperimuodossa, joita on kerätty useita vuosia, ellei jopa pidempään. Paperimuotoinen arkistodata on vaikea systematisoida, paikallistaa ja tulkita. Digitaalisen kliinisen historiaprofiilin muodostaminen potilaista on merkittävä prosessi, joka helpottaa datan analysointia tarjoamalla informaatiota helposti luettavassa muodossa, johon pääsy on keskitettyä. Nykyisin sairaaloissa on myös digitaalisia potilastietojärjestelmiä, mutta silti päivittäisen kerätyn informaation käyttö on vajaakäytöllä. Periaatteessa lääketieteen asiantuntijoilla on pääsy valtavaan määrään dataa, mutta relevantin informaation hyödyntäminen, joka parantaa hoidon laatua, on vaikeaa. (Aguilar, 2017)

Ensimmäisessä vaiheessa digitalisaatioprosessissa Fujitsu keräsi ja integroi tietoturvalliseen tietokantaan historiallista lääketieteellistä dataa, johon kuului enemmän kuin 36 000 anonymisoitua potilastietuetta, yli miljoona lääketieteellistä julkaisua sekä julkista terveydenhuollon dataa. Nykyään, jos lääkäri San Carlosin sairaalasta kyselee yksityiskohtia potilaasta, Fujitsun Zinrai-tekoälyjärjestelmä (Kuvio 33) analysoi nopeasti kyseistä tietokantaa. Analysoinnin jälkeen semanttinen mallinnusteknologia muodostaa informaatiosta graafisen visuaalisen semanttisen rakenteen omaavan mallin, joka selvästi korostaa mahdollisia kyseessä olevan potilaan terveysriskejä, kuten itsemurhariski, alkoholi- tai huumeriippuvuus. Järjestelmän tarkkuus on laskettu olevan 95 % tai korkeampi verrattuna psykiatreihin, joilla on yli 20 vuoden kokemus kullakin. Lääkäreillä on tekoälyä hyödyntävän järjestelmän käytön myötä enemmän aikaa potilaita varten. (Reger, 2017)



KUVIO 34. Fujitsun AI-Zinrai-tekoälyjärjestelmä. (Fujitsu Forum 2016)

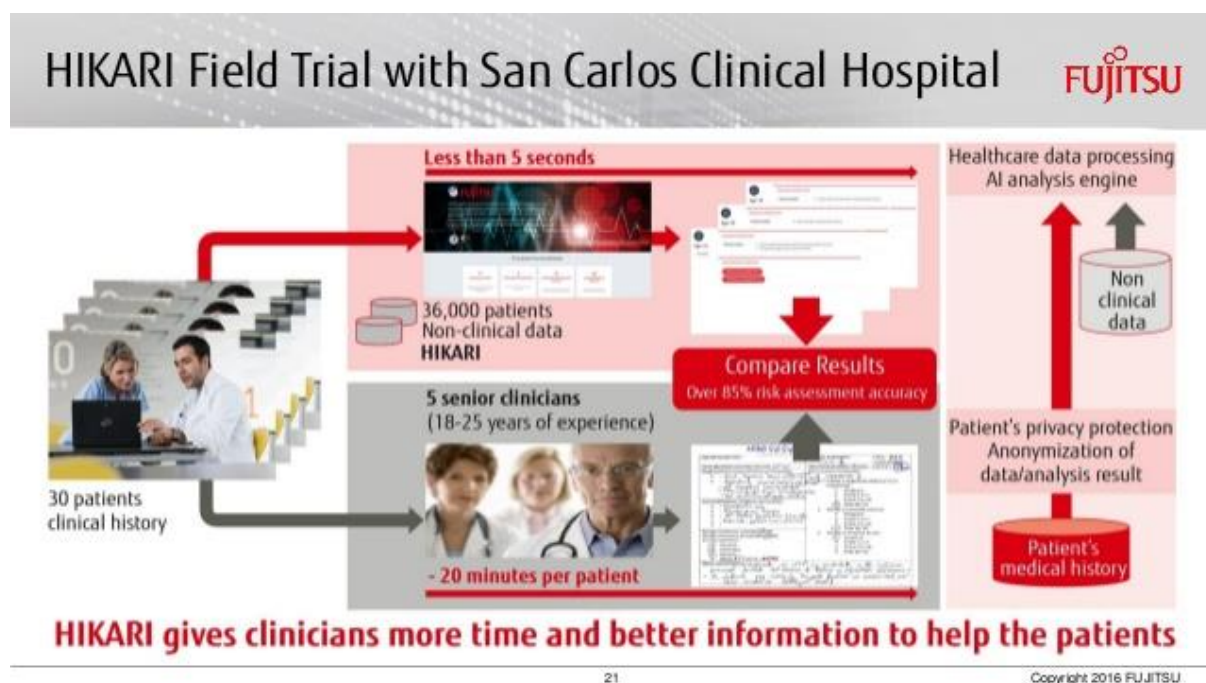
Onnistuneen projektin jälkeen, Fujitsu lähestyi vuonna 2014 HCSC-sairaala ja esitteli sairaalan lääketieteen ammattilaisille työkaluja, joita Fujitsun innovointiin ja data-analyysiin erikoistunut tutkimusryhmä oli työstänyt. Työkalut oli toteutettu käyttäen avointa formaattia ja lisäksi oli mahdollisuus esittää kysymyksiä ja analysoida, jos Fujitsu voi auttaa vastaamaan niihin. Sitten Fujitsu ja HCSC-sairaala solmivat yhteistyösopimuksen kehittääkseen tekoälyä hyödyntävän HIKARI-rajapinnan, jonka tarkoitus oli avustaa kliinisen päätöksenteon parantamisessa. (Aguilar, 2017)

HIKARI, joka tarkoittaa Japaniksi valoa, kehitettiin yhteistyössä Fujitsun Euroopan laboratorion, Espanjan yksikön ja HCSC:n Madridin innovaatio yksikön kanssa. Ihmiskeskeinen järjestelmä auttaa lääkäreitä käsittelemään integroitua, ryhmiteltyä ja anonymiä dataa, jota on vastaanotettu kliinisistä ja ei-kliinisistä lähteistä. HIKARI on uudenlainen kehittynyt kliininen tutkimustietojärjestelmä, joka tuo yhteen joukon mikropalveluita, jotka mahdollistavat relevantin informaation haun ja analyysien tekemisen lääkäreille käyttämällä useita datalähteitä, jotka liittyvät potilaiden terveysasioihin. Alusta tarjoaa perusteellisen tutkimusmahdollisuuden ja lisäksi mahdollisuuden hyödyntää kehittyntä data-analytiikkaa terveydenhuoltosektorilla. (Aguilar, 2017)

HIKARI:n kehittäminen yhteistyössä Fujitsun kanssa auttaa löytämään uusia tapoja kliinisiin päätöksentekoprosesseihin ja tulevaisuudessa tämän innovaation API-rajapinta tarjoaa terveydenhuollon henkilöstölle suoran pääsyn integroituun ja koottuun dataan, joka on kerätty kliinisistä ja ei-kliinisistä datalähteistä. Aiemmin tämä informaatio oli saatavilla ainoastaan paperimuodossa, joka ei ole niin helposti hyödynnettävissä. Kenttäkokeet

osoittivat, että ratkaisu voi enemmän kuin puolittaa potilasrekistereiden suhteen käytetyn ajan, jolloin enemmän aikaa jää potilastyöskentelyyn. (Fujitsu, 2017)

Fujitsu ja HCSC-sairaala suorittivat kenttäkokeita (Kuvio 34) 36 000 anonymisoidun potilastietueen avulla, kuuden kuukauden ajanjakson aikana ja mukana oli kokeneita mentaalisairauksiin erikoistuneita lääketieteen ammattilaisia. Fujitsu käytti tätä tietokantaa kehittäessään edistynyttä kliinistä tutkimustietojärjestelmää (Advanced Clinical Research Information System), jonka kehittämisessä käytettiin hyväksi Fujitsun asiantuntemusta tekoälyn, data-analytiikan ja semanttisen mallintamisen alueella. Kenttäkokeiden aikana jokainen lääketieteen ammattilainen tarkasteli tilanteita, jotka olivat yhteyksissä varsinaisen diagnoosin, sairauksien yhteisesiintymisen, potentiaalisen itsemurhariskin, alkoholin väärinkäytön ja aiemmin tapahtuneen potilaiden sairaanhoitojärjestelmän käytön kanssa. Fujitsun järjestelmän todettiin toimivan hyvin tarkasti riskien arvioinnissa käyttäen kliinistä dataa ja tunnistamalla jo olemassa olevia kliinisiä ongelmia. Järjestelmää käyttämällä kyettiin pääsemään jopa 85 % tarkkuuteen tunnistettaessa itsemurhan tai alkoholin- ja huumeiden käytön riskejä. (Fujitsu, 2017)

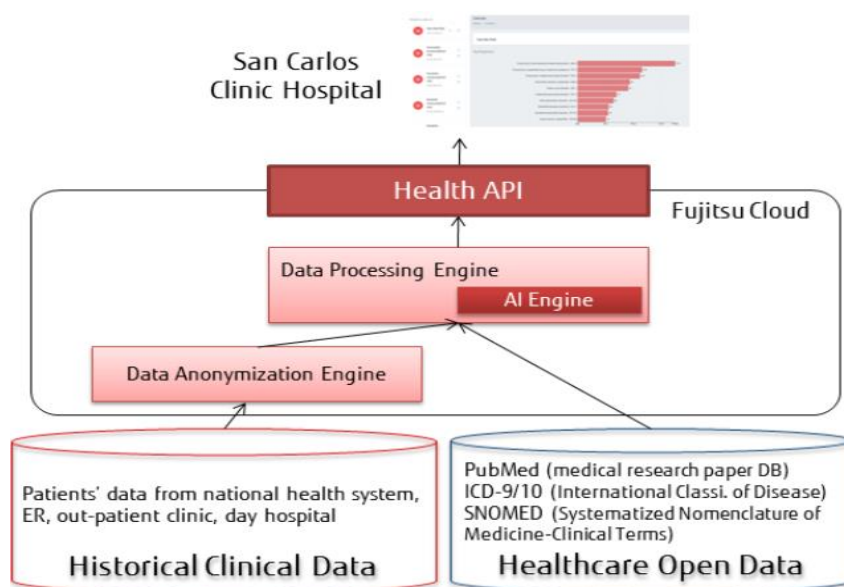


KUVIO 35. Fujitsun HIKARI-järjestelmän kenttäkoe HCSC-sairaalassa. (Fujitsu Forum 2016)

Määrittäessä sopivaa hoitoa potilaalle, on tärkeää ymmärtää potilaaseen kohdistuvia potentiaalisia terveysriskejä. Tähän kuuluu potilaan lääketieteellisen historian ja nykyisen tilanteen arviointi sekä riittävä terveysriskien ja diagnoosien arvioinnit. Kyseisenlaisia kriittisiä toimenpiteitä suorittavat päivittäin yli 250 000 terveydenhuollon ammattilaista Espanjassa. Kyky integroida informaatiota eri osastoista, kuten esimerkiksi ensiapu tai mielenterveysosasto antaa välittömän kokonaiskuvan. Aikaa toimenpiteeseen kuluu vain sekunteja, verrattuna aiempaan tuntien käyttämiseen, joka antaa lääkäreille enemmän aikaa

hoitaa potilaita. HIKARI-järjestelmä muuntaa toisinaan tietynlaista “kohinaa” sisältävän ja erilaisissa sairaalan osastoissa olevan siiloutuneen raakadatan selkeäksi ja ymmärrettäväksi tietämykseksi, jota voidaan käyttää kliiniseen päätöksen tekemiseen uudella innovatiivisella tavalla. Se auttaa lääketieteen ammattilaisia tekemään tutkimusta tehokkaammalla tavalla, parantamalla hoitoprosessin lopputulosta ja tarjoamalla enemmän aikaa potilastyöhön. HIKARI tarjoaa myös hallinnollisia hyötyjä auttamalla ymmärtämään kuinka erilaiset resurssit ja käytänteet vaikuttavat potilaiden hoidossa. (Fujitsu, 2017)

Kuviosta 35 ilmenee HIKARI-järjestelmän toiminta. Potilasdataa kerätään kansallisesta terveydenhuollon järjestelmästä, digitaalisista potilastietueista tai muista terveydenhuollon palveluita tarjoavista keskuksista. Terveydenhuollon datan ollessa varsin arkaluonteista, se prosessoidaan ja saatetaan anonymiin muotoon prosessia varten kehitettyä anonymisointiin kehitettyä moottoria käyttäen. Seuraavaksi data kerätään datan prosessointimoottorille, jossa sitä käsitellään tekoälyä hyödyntäen. Kyseiselle datan prosessointimoottorille kerätään myös avointa terveydenhuollon dataa. Prosessoitu data lähetetään rajapinnan kautta Fujitsun pilvipalveluun, jonka jälkeen siitä voidaan muodostaa visuaalisia näkymiä ja raportteja sairaaloille, kuten San Carlos Clinic Hospital.



KUVIO 36. Fujitsun klinisen päätöksenteon HIKARI-työkalu ja työnkulun skenaario. (Aguilar, 2017)

HIKARI-järjestelmän kyky jakaa potilaita kategorioihin riippuen diagnoosin tyypistä tai yleisemmistä psykiatrisista riskeistä, sillä lääketieteen ammattilaisille on tärkeää ymmärtää kaikki potilaan terveysriskit, jotta oikeanlainen hoito voidaan määrittää. Ennakoivien analysointimallien muodostaminen auttaa potilaita ottamaan aktiivisemmän roolin omasta terveydestään ja sen hoidosta. Potilaiden tulee voida tehdä päätöksiä, mitä he haluavat elämällään tehdä. Lääketieteen ammattilaiset toimivat eräänlaisina konsultteina, jotka tarjoavat potilaille neuvoja, mutta sallivat potilaan tekevän päätökset koskien omaa terveydenhoitoaan. Tekoälyn potentiaalia hyödynnettäessä voidaan kyetä liikkumaan kohti

ennustavaa, osallistuvaa, ehkäisevää, henkilökohtaista terveydenhuoltoa, jossa potilas tekee päätökset ja ottaa vastuuta omasta elämästään. (Aguilar, 2017)

4.3.9 Thomas Jefferson University Hospital

Thomas Jefferson University Hospital ja Thomas Jefferson University ovat kumppaneita tarjoten hoitopalveluita Philadelphian alueen asukkaille sekä kouluttaen hoitohenkilöstöä ja lääkäreitä useilla eri tieteenalueilla ja etsien uutta tietämystä, joka määrittää tulevaisuuden hoitopalveluita. Sairaala sijaitsee Philadelphiassa ja sen palveluita tarjotaan viidessä kohteessa, joita ovat Thomas Jefferson University Hospital (sairaalan pääosasto, joka perustettiin vuonna 1825), Jefferson Hospital for Neuroscience, Jefferson Methodist Hospital, Jefferson at Navy Yard ja Jefferson at Voorhees. (Jefferson Health)

Thomas Jefferson University Hospital on sijoittunut vertailuissa yhdeksi parhaista sairaaloista 11 erikoisalueella, jotka suuntautuvat seuraaviin alueisiin: ortopedia, syöpä, korva, nenä ja kurkku, gastroenterologia, nefrologia, neurologia, oftalmologia (silmätautioppi), diabetes ja endokrinologia, geriatria, kardiologia ja sydäntaudit sekä urologia. Thomas Jefferson University Hospital on akkreditoitu CARF:n (Commission on Accreditation of Rehabilitation Facilities) toimesta, joka on akkreditoimiskomitea kuntoutukseen suuntautuvien laitoksien akkreditoimiseksi. (Jefferson Health)

Sairaala on 951-paikkainen (akuuttihoito) lääketieteellinen ja kirurginen laitos, jossa vierailee kymmeniä tuhansia potilaita vuosittain ja vuonna 2015 potilasvierailuita oli peräti 44 294. Sairaala suoritti 19 480 vuosittaista leikkausta ja 33 550 avoleikkausta. Ensivassa oli 115 202 vierailua kyseisenä vuonna. Vuoden 2016 tilastojen mukaan sairaalassa työskentelee yli 8000 henkilöä (täysi- ja osa-aikaiset), yli 1500 lääketieteellistä henkilöä ja yli 3000 hoitajaa. (Jefferson Health)

Thomas Jefferson University Hospital on suunnitellut interaktiivisten kaiuttimien asentamista sairaalahuoneisiin, jotta potilaat voivat saada tarvitsemaansa perustietoa äänikomentojen avulla ja voivat myös pyytää sairaalalojensa räätälöintiä omien toiveiden mukaiseksi. Kognitiivisten sairaalahuoneiden audioteknologiasta vastaa IBM:n kumppani, Harman, joka on vahvasti ollut mukana myös kotikäyttöön tarkoitetun HiFi-laitteistojen kehittämisessä. Sairaalan ”kognitiivisissa” sairaalahuoneissa käytetään IBM Watsonin IoT (Internet of Things)-teknologiaa. Teknologia on saatavilla kolmessa Jefferson University Hospital-sairaalan laitoksessa, joissa on yli 900 sairaalapaikkaa. Teknologian on odotettu tarjoavan lukemattomia hyötyjä molemmissa hoitospektrin päissä. (Iversen, 2016)

Sairaalassa olo voi usein olla hektinen, levoton tai pelottava kokemus potilaille ja heidän omaisilleen. Jeffersonin sairaalan tavoitteena on vähentää epämiellyttävän sairaalajakson kokemusta ja sairaala koettaa minimoida epämiellyttävyyttä myös hyödyntämällä IBM Watsonin tarjoamia palveluita (Iversen, 2016). Moore-Colyer (2017) mukaan yhdistämällä

älykäs laitteisto ja kaiuttimet pilvipohjaiseen Watsoniin ja Watsonin IoT-palveluihin, kognitiivista tietojenkäsittelyä ja luonnollisen kielen prosessointikykyä hyödyntävien huoneiden järjestelmä tarjoaa mahdollisuuden potilaille kontrollin ottamisen omasta sairaalajaksostaan ja kokemuksestaan, ilman riippuvuutta fyysisistä kontrolleista. Esimerkiksi toimistotyöntekijä voi astua konferenssihuoneeseen ja yksinkertaisten puhuttujen käskyjen avulla hän voi järjestää videokonferenssin ja pitää esityksen. Lisäksi järjestelmällä on myös kyky päästä käsiksi sairaalan keräämään dataan, joka on relevanttia ja tärkeää potilaille sekä kysymystyyppeihin, joita potilailla voi olla heidän sairaalajaksostaan (Iversen, 2016).

Watsonin oppiessa käyttäjän ja Watsonin interaktiivisesta yhteydenpidosta, kykenee se ajan kanssa päättelemään, kuinka automattisesti on mahdollista suorittaa tehtäviä ja aktivoida alijärjestelmiä perustuen siihen, miten potilas on niitä aiemmin käyttänyt. Toimien näin Watson kykenee oppimaan potilaiden mieltymyksistä. Tämän lisäksi järjestelmää hyödyntämällä potilaat voivat kontrolloida valoja, ikkunan valoisuutta, lämpötilaa, etsiä tietyn tyyppistä musiikkia tai viihdettä. Lisäksi potilas voi asettaa muistutuksia Watsonin avulla, kysyä kysymyksiä sairaalan laitoksista ja perheen jäsenten vierailuajankohdista tai hoitavan lääkärin taustatietoja ja suosituksia jne. (Iversen, 2016). Järjestelmä kykenee myös auttamaan lääkäreitä ja hoitajia tarjoamalla mahdollisuuden interaktiiviseen dialogiin potilaan ja järjestelmän välillä, joka tallennetaan ja varastoidaan myöhempää lääketieteellistä arviota varten (Tanenbaum, 2016).

Potilas voi kysyä järjestelmältä kysymyksiä, kuten esimerkiksi: "Mihin aikaan veljeni voi vieraila luonani tiistaina?", "Kerro lääkäristäni?" tai hän voi pyytää järjestelmää toimimaan tietyllä tapaa, kuten: "Soita putousmusiikkia" (rentoutuminen), "Säädä lämpötilaa lämpimämmäksi/viileämmäksi", "Muistuta minua nousemaan ylös ja kävelemään tunnin ajan" jne. (Medium Corporation, 2016) Tavoitteena on mahdollistaa järjestelmän kontrollointi ilman apuvälineitä, jolloin sairaalajaksosta tulee entistä miellyttävämpi ja lisäksi se säästää hoitohenkilöstön aikaa.

IBM ja Jeffersonin sairaala toivovat, että kognitiiviset sairaalahuoneet auttavat vähentämään edes jonkin verran hoitamisen taakkaa palvelun tarjoajilla, kuten hoitajat ja lääkärit. Tutkimuksen mukaan 81 % lääkäreistä tuntevat, että he ovat ylikuormittuneita tai toimivat täydellä kapasiteetilla ja ainoastaan 19 % tuntevat, että heillä on enemmän aikaa nähdä potilaita. Amerikan lääkäriiliiton (American Medical Association eli AMA) ja Dartmouth-Hitchcock terveydenhuoltojärjestelmä havaitsi, että noin puolet lääkäreiden päivästä saattaa sisältää datan saattamista digitaalisiin potilastietojärjestelmiin ja suorittamalla muita hallinnollisia tehtäviä. (Iversen, 2016)

5 Yhteenveto

Tässä raportissa käsiteltiin esimerkkien kautta digitaalisia ja tekoälyä hyödyntäviä kognitiivisia sairaaloita maailmassa, niiden ominaisuuksia ja hyötyjä sekä määritellään lyhyesti kognitiivisen tietojenkäsittelyn käsite. Innovatiiviset tekoälyä hyödyntävät kognitiiviset sairaalat ovat verrattain uusi tulokas terveydenhuollon alalla ja kehitys tällä sektorilla on viime vuosina ollut nopeaa. Tekoäly- ja oppivat neuroverkot käsitteenä eivät ole uusi asia, vaan niiden juuret ovat kaukana 1950-luvulla saakka. Vasta viime vuosien teknologinen kehitys antoi tekoälylle ja sen osa-alueille, kuten kone- ja syväoppiminen mahdollisuuden kehittyä ja tarjota nykyisen kaltaisia terveydenhuollon ratkaisuita, joita tässä raportissa on esiteltyinä. Tekoälyn kehityskaari ja sitä hyödyntävät toteutukset ovat kuitenkin vasta alkuvaiheessa, joten tulevaisuudessa tulemme näkemään innovatiivisia ja sekä potilaita että terveydenhuollon henkilöstöä hyödyttäviä ratkaisuja.

Digitaaliset sairaalat ovat melko uusi konsepti ja niihin liittyy vahvasti kehittyvä informaatioteknologinen alue, joka helpottaa diagnosointia, hoitoprosesseja, säästää kustannuksissa ja voi osaltaan parantaa työ- ja asiakastytyvyyttä. Integroidut ERP-tietojärjestelmät ja digitaaliset potilastietojärjestelmät ovat digitaalisten sairaaloiden ytimessä ja pyrkimys paperittomaan toimistoon on peruseriaatteenä. Innovatiiviset informaatioteknologiset ratkaisut auttavat kehittämään digitaalisista sairaaloista tulevaisuuden sairaaloita, joissa yhdistyy ennakoiva terveydenhuolto, lääketieteelliset teknologiset ratkaisut, kuten päälle puettavat sensorit ja mittalaitteet ym. Tärkeimpinä uusina innovaatioina ovat syntyneet tekoälyn ja kognitiivisen oppimisen hyödyntäminen diagnosoinnissa ja hoitoprosesseissa.

Kyseinen tekoälyn ja kognitiivisen oppimisen sektori on jo tuottanut lupaavia tutkimustuloksia ja alueen kehitys on nopeaa. Tulevaisuudessa on mahdollista, että osan lääkärin diagnosointityöstä tekee oppiva tekoäly, jolloin lääkärin resurssit on mahdollista suunnata muualle, missä niitä enemmän tarvitaan. Tekoälyn voi auttaa muillakin alueilla, kuten esimerkiksi vanhusten yksinäisyys, joka on sydänsairauksiin tai tupakointiin verrattavissa oleva terveysriski, joka voi johtaa jopa kuolemaan. Kenties jo lähitulevaisuudessa on mahdollista kehittää robotteja, joilla on riittävällä tasolla oleva tekoäly ja jonka kanssa on mahdollista käydä mielenkiintoisiakin keskusteluja, vaikka ne eivät ihmistä korvaakaan. Japanissa suhteellisen ”luonnollisen” oloisia ihmisrobotteja on jo kehitetty ja ne kehittyvät nopeassa tahdissa.

Tekoälyn avulla on jo nyt kyetty diagnosoimaan keuhkosairauksia (esim. tuberkuloosi tai muut pitkäaikaiset keuhkosairaudet), syöpätapauksia (kuten iho- ja rintasyöpä) ja sitä on hyödynnetty myös lääketutkimuksessa robotiikan apuna sekä kehitettäessä lääkkeitä älykkäiden seulontamenetelmien avulla, jotka aiemmin veivät huomattavan paljon aikaa, aiheuttivat epävarmuutta ja olivat kalliita toteuttaa. Sinä aikana, jonka verran lääkeyritys on

perinteisesti kehittänyt lääkeaineen kehitykseen, ovat tekoälyä hyödyntävät algoritmit kenties jo tunnistaneet potentiaalisen lääkeainekandidaatin. Tosin tälle tasolle päästäkseen, algoritmeja täytyy ensin riittävästi opettaa, tosin sen jälkeen tekoälyalgoritmi kykenee käymään läpi huomattavan määrän materiaalia ja nopeassa aikataulussa ihmiseen (jopa asiantuntija) verrattuna. Tämä antaa sille poikkeava kaltaisen edun, sillä nykyään biolääketieteen tietokannat vastaanottavat valtavan ja yhä kasvavan joukon julkaisuja päivittäin, joten niiden läpikäyminen perinteisin tavoin ei onnistu. (Narula)

Kognitiivisella tietojenkäsittelyllä on hyvin valoisa tulevaisuus edessään toisiinsa verkostoituneessa maailmassa, joka hyödyntää Bigdataa, esineiden Internetiä (IoT) ja pilvipalveluita. IBM on laajentanut Watsonin saavutettavuutta hankintojen kautta ja kehittämällä uusia oppimisen kykyjä omassa tuotekehityslaboratoriossaan. Watson kykeneekin nyt analysoimaan lääketieteellisiä kuvia, hoitamaan syöpiä, tarjoamaan suosituksia geenipohjaisille hoidoille, seulomaan ihosairauksia, ymmärtämään digitaalisten potilastietojärjestelmien informaatiota ja avustamaan lääkäreitä kroonisista sairauksista kärsivien potilaiden hoidoissa. Watsonin onnistuminen on inspiroinut muita yhtiöitä kehittämään vastaavia tuotteita käyttäen avoimen lähdekoodin työkaluja. Startupit, kuten Lumiata ja Enlitic ovat kehittäneet pieniä ja tehokkaita analytiikkaratkaisuita, jotka avustavat terveydenhuollon tarjoajia diagnosoinnissa ja sairauksien tilojen ennakoinnissa.

Terveydenhuollon teollisuudenala on saamassa merkittäviä hyötyjä kognitiiviseen tietojenkäsittelyyn osoitetuista sijoituksista ja siihen liittyvistä teknologioista. Johtavat teknologiayritykset, kuten Intel ja Qualcomm ovat suunnitelleet ratkaisuja ja alustoja, joiden avulla ne kykenevät vastaanottamaan terveysparametreja reaaliajassa ja yhdistämään ne päätöksentekojärjestelmiin. Tällainen vastaanotettu terveysdata on kuin informaation kultakaivos, jonka hyödyntäminen on vasta alkuvaiheessa. Kognitiiviset tietokoneet tulevat analysoimaan päälle puettavista älykkäistä laitteista, muista soveltuvista teknologisista laitteista ja perinteisistä datalähteistä (kuten digitaaliset potilastietojärjestelmät ja lääkärin muistiinpanot) vastaanotettua informaatiota. Tämä tulee johtamaan merkittäviin parannuksiin sairauden tilojen ennustamisessa ja hoidossa. (Narula)

Tutkittaessa tekoälyä hyödyntäviä kognitiivisia digitaalisia sairaaloita selvisi, että IBM on vaikuttanut suurimpaan osaan niistä tarjoten järjestelmiään, kuten IBM Watson, jota on hyödynnetty muun muassa nefrologian, onkologian ja (yleis)vaarallisten tautien diagnosoinneissa, klinisten ja informoidumpien päättelyiden tukemisessa. IBM ja Jeffersonin sairaala on toteuttanut myös kognitiivisia sairaalahuoneita, jotka auttavat vähentämään hoitamisen taakkaa palvelun tarjoajilla, kuten hoitajat ja lääkärit. Toinen iso teknologiayritys (Fujitsu, 2017) taas on paneutunut tuottamaan kerätystä informaatiosta graafisia visuaalisia semanttisen rakenteen omaavia malleja, jotka kykenevät löytämään potilaan potentiaalisia terveysriskejä, kuten itsemurhariski, alkoholi- tai huumeriippuvuus yli 95 % tarkkuudella, joka on selvästi korkeampi kuin lääketieteen ammattilaisilla.

Lähteet

Borana, J. 2016. Applications of Artificial Intelligence & Associated Technologies. Department of Electrical Engineering, Jodhpur National University. Proceeding of International Conference on Emerging Technologies in Engineering, Biomedical, Management and Science.

Prince, M. & Felder, R. 2007. The Many Faces of Inductive Teaching and Learning. Journal of College Science Teaching, 36(5), 14 – 20.

Sullivan, C., Staib, A., Ayre, S., Daly, M., Collins, R., Draheim, M & Ashby, R. 2016. Pioneering Digital Disruption: Australia’s First Integrated Digital Tertiary Hospital. The Medical Journal of Australia, 205 (9), 386 – 389.

Internet-lähteet:

Akagi, D. 2014. A Primer on Deep Learning. Viitattu 16.5.2017 <https://www.datarobot.com/blog/a-primer-on-deep-learning>

Alder Hey. 2015. A Digital Hospital – Alder Hey Cognitive Hospital Project: Enhancing patient care with cognitive computing. Viitattu 30.3.2017 <http://www.alderhey.nhs.uk/innovation/a-digital-hospital>

Agfa Healthcare. 2017. ORBIS HIS/CIS. Viitattu 23.7.2017 <http://global.agfahealthcare.com/main/hospital-it/orbis>

Aguilar. 2017. “Taking Advantage of the Possibilities Offered by Artificial Intelligence is Essential for Public Health to Stop Managing the Disease and Move Towards Generating Health”. Customer Case Study, the Institute of Sanitary Research of the San Carlos Clinical Hospital, Madrid, Spain. Viitattu 6.6.2017 http://www.fujitsu.com/fi/Images/CS_2017Apr_IdISSC_San-Carlos-Hospital_Eng_v.1.pdf

Baek, M. 2017. Florida Hospital Leverages Data-driven Oncology Care. Viitattu 22.6.2017 <https://medium.com/cognitivebusiness/florida-hospital-leverages-data-driven-oncology-care-98fc6f182dd>

Bane, P. & Enbysk, L. 2017. German e-Health Pilot Will Test Passive Digital Monitoring of the Elderly. Smart Cities Council. Viitattu 18.7.2017 <http://smartcitiescouncil.com/article/german-e-health-pilot-will-test-passive-digital-monitoring-elderly>

Bask, J. & Nuopponen, A. 1998. Neuroverkot. Teknillinen korkeakoulu. Viitattu 17.5.2017 http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-110.300/1998/Newtech/neuroverkot_3.html

Belfiore, M. 2016. Cognitive Computing Named as Major Trend Driving the Future of Businesses. Viitattu 2.7.2017 <https://www.ibm.com/blogs/watson/2016/07/cognitive-computing-named-major-trend-driving-future-business>

Bell, K. 2017. Rythm Unveils AI Platform Morpheo to Help Diagnose Sleep Disorders. Viitattu 3.5.2017 http://www.firstwordmedtech.com/node/995566?region_id=3

BGI News. 2017. BGI to Work with Broad Institute, Intel and Alibaba Cloud to Provide Free Access to GATK4 on BGI Online. Viitattu 17.7.2017 <https://www.bgi.com/global/company/news/bgi-work-broad-institute-intel-alibaba-cloud-provide-free-access-gatk4-bgi-online>

BGI Shenzhen. 2015. BGI Launches New Cloud Computing Platform for Genomic Data Analysis. Viitattu 17.7.2017 https://www.eurekalert.org/pub_releases/2015-04/bs-bln041615.php

Birkett, K. Senior Care Corner: Resources for Family Caregivers of Older Adults. Viitattu 5.7.2017 <http://seniorcarecorner.com/cognitive-computing-artificial-intelligence-benefits-seniors>

Buczowski, A. 2017. What's the Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning? Viitattu 31.5.2017 <http://geoawesomeness.com/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning>

Burns, E. 2016. IBM Watson Helps Children in Need at UK's First Cognitive Hospital. Viitattu 19.6.2017 <http://www.cbronline.com/news/internet-of-things/ibm-watson-helps-children-in-need-at-uks-first-cognitive-hospital-4889513>

Chenoweth, H. 2017. How North America's First Fully Digital Hospital Is Revolutionizing Healthcare. Viitattu 4.4.2017 <http://www.healthfacilitiesinnovationforum.com/north-americas-first-fully-digital-hospital-revolutionizing-healthcare>

Cleveland Clinic. 2017. Cleveland Clinic Lerner College of Medicine of Case Western Reserve University. Viitattu 28.6.2017 <https://my.clevelandclinic.org>

Connell, J. Princess Alexandra Hospital. Metro South Health Services District. Ipswich Road, Woolloongabba, Brisbane, Australia. Viitattu 17.4.2017 https://www.health.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0033/435894/princess_alexandra.pdf

Dettmers, T. 2015. Deep Learning in a Nutshell: Core Concepts. Viitattu 17.5.2017 <https://devblogs.nvidia.com/paralleforall/deep-learning-nutshell-core-concepts>

Digital Hospital. 2016. Queensland government, Metro South Health. Viitattu 30.3.2017 <https://metrosouth.health.qld.gov.au/princess-alexandra-hospital/digital-hospital>

Fujitsu. 2017. Fujitsu's Human-Centric AI Helps Enable Faster, Improved Clinical Decision-Making. Viitattu 6.6.2017 <http://www.fujitsu.com/fts/about/resources/news/press-releases/2016/emeai-03112016-fujitsu-enables-faster-improved-clinical.html>

Fujitsu Forum 2015. 2015. Transforming End-User Services in Modern Hospitals. Viitattu 28.4.2017 <https://www.slideshare.net/FujitsuTS/transforming-enduser-services-in-modern-hospitals>

Fujitsu Forum 2016. 2016. Applying AI, Big Data Analytics for Social Innovation. Viitattu 22.6.2017 <https://www.slideshare.net/FujitsuTS/applying-ai-big-data-and-data-analytics-for-social-innovation>

Fukushige, Y. Representing Propabilistic Knowledge in the Semantic Web. Matsushita Electronic Industrial Co, Ltd. Viitattu 26.2.2018 <https://www.w3.org/2004/09/13-Yoshio/PositionPaper.html>

Ge Healthcare. 2016. Setting a Model for the Digital Hospitals of the Future. Viitattu 30.3.2017 <http://newsroom.gehealthcare.com/setting-a-model-for-the-digital-hospitals-of-the-future>

Gøtze. 2017. Architecting the Digital Hospital. Viitattu 15.4.2017 <https://coe.qualiware.com/architecting-the-digital-hospital>

Harvard Medical School. 2017. About Boston Children's Hospital. Viitattu 7.6.2017 <https://hms.harvard.edu/about-hms/hms-affiliates/boston-childrens-hospital>

Hernandez, D. Artificial Intelligence is Now Telling Doctors How to Treat You. Kaiser Health News. Viitattu 26.5.2017 <https://www.wired.com/2014/06/ai-healthcare>

Huawei. 2012. Huawei's Smart Hospital Solutions. Viitattu 13.7.2017 <http://enterprise.huawei.com/ilink/enenterprise/partners/partners-zone/channel-data-tool/solutions-info/industries-solutions/Health/e-hospital/smart-hos/index.htm>

IBM Corporation. 2013. Memorial Sloan-Kettering Cancer Center. Viitattu 25.6.2017 https://www-935.ibm.com/services/multimedia/MSK_Case_Study_IMC14794.pdf

IBM News Releases. 2015. Boston Children's Hospital to Tap IBM Watson to Tackle Rare Pediatric Diseases. Viitattu 12.6.2017 <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/48031.wss>

IBM News Releases. 2016. Rhön-Klinikum Hospitals to Study How IBM Watson Can Support Doctors in the Diagnosis of Rare Diseases. Viitattu 12.6.2017 <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/50803.wss>

IBM Research. Why Cognitive Systems? Viitattu 5.7.2017 <http://www.research.ibm.com/cognitive-computing/why-cognitive-systems.shtml>

IBM Research. 2017. WatsonPaths. Viitattu 28.6.2017 <http://www.research.ibm.com/cognitive-computing/watson/watsonpaths.shtml>

Iversen, G. 2016. Philly Hospital Partners with IBM Watson for 'cognitive' Patient Rooms. Viitattu 21.6.2017. <http://linkis.com/KyTb7>

Jacobson. 2014. High-Tech Healing – Parklands New 'Digital Hospital' Is 'Run by a Keypad', Not a Wrench'. The Dallas Morning News. Viitattu 15.4.2017 <http://res.dallasnews.com/interactives/digital-parkland>

Jefferson Health. 2017. Jefferson University Hospitals. Viitattu 22.6.2017 <http://www.hospitals.jefferson.edu/about-us.html>

Jupiter Medical Center. 2017. Cancer Care First: IBM Watson to Help Jupiter Medical Center Doctors. Viitattu 22.6.2017 <http://www.palmbeachpost.com/lifestyles/health/cancer-care-first-ibm-watson-help-jupiter-medical-center-doctors/69WypzNYhXE2HKfqqDxOiO>

KTI, V. 2016. Manipal Hospitals Deploys Cognitive Computing Platform Watson for Oncology. Viitattu 19.6.2017 <http://timesofindia.indiatimes.com/city/mangaluru/Manipal-Hospitals-deploys-cognitive-computing-platform-Watsons-for-oncology/articleshow/54585865.cms>

Kull, M. 2017. Parkland: A Hospital Built for the Future. Viitattu 15.4.2017 <https://www.vmware.com/radius/parkland-hospital-built-future>

Kutscher, B. 2016. Inside North America's First All-Digital Hospital. Viitattu 5.4.2017 <http://www.modernhealthcare.com/article/20160430/MAGAZINE/304309981>

Lenovo. 2016. Lenovo and Oneview Healthcare Join Forces at HIMSS16 to Revolutionize Patient Experience. Viitattu 18.7.2017 <http://blog.lenovo.com/en/blog/lenovo-and-oneview-healthcare-join-forces-at-himss16-to-revolutionize-patie>

Mackworth, A. & Poole, D. 2010. Artificial Intelligence – Foundations of Computational Agents. Viitattu 26.2.2018 http://artint.info/html/ArtInt_177.html

ManipalHospital. 2017. Overview – "A World-Class Network of Healthcare Establishments in India". Viitattu 19.6.2017 <https://www.manipalhospitals.com/about-us>

Moore-Colyer. 2017. Harman Embraces IBM Watson for Voice-Controlled IoT-Equipped Cognitive Rooms. Viitattu 21.6.2017 <http://www.silicon.co.uk/e-innovation/ibm-watson-harman-209789>

Monegain. 2016. IBM Watson, Quest Diagnostics, Memorial Sloan Kettering Cancer Center, IT, Harvard Combine Forces for Massive Onkology, Precision Medicine Initiative. Healthcare IT News. Viitattu 26.6.2017 <http://www.healthcareitnews.com/news/ibm-watson-quest-diagnostics-memorial-sloan-kettering-cancer-center-mit-harvard-combine-forces>

Momentum. 2017. A Beacon of Hope for Digital Healthcare. Healthcare IT Projects Have a poor Track Record – So Why Did the Digital Transformation of Princess Alexandra Hospital Succeed When So Many Others Have Gone Disastrously Wrong? Viitattu 17.4.2017 <https://www.business.uq.edu.au/momentum/beacon-hope-digital-healthcare>

Marginalia, M. 2016. Rhön-Klinikum Hospitals to Study How Watson Cognitive Computing Can Support Doctors in The Diagnosis of Rare Diseases. Viitattu 12.6.2017 <http://www.marginalia.online/rhon-klinikum-hospitals-to-study-how-watson-cognitive-computing-can-support-doctors-in-the-diagnosis-of-rare-diseases>

Medium Corporation. 2016. Jefferson Hospital Plans IoT Cognitive Care. Viitattu 21.6.2017 <https://medium.com/cognitivebusiness/thomas-jefferson-university-hospital-plans-cognitive-care-through-iot-2d400adc3271>

MSKCC. 2017. Memorial Sloan Kettering Cancer Center. Viitattu 25.6.2017 <https://www.mskcc.org/about>

Mukherjee, S. 2017. IBM's Supercomputer is Bringing AI-Fueled Cancer Care to Everyday Americans. Viitattu 22.6.2017 <http://fortune.com/2017/02/01/ibm-watson-cancer-florida-hospital>

Narula, A. Watson Faces Tough Competition From Startups in Cognitive Computing. Viitattu 2.7.2017. Argyle, an Innovation Enterprise. <https://channels.theinnovationenterprise.com/articles/watson-faces-tough-competition-from-startups-in-cognitive-computing>

NG, A. 2016. IBM's Watson Gives Proper Diagnosis for Japanese Leukemia Patient After Doctors Were Stumped for Months. Daily News. Viitattu 28.4.2017 <http://www.nydailynews.com/news/world/ibm-watson-proper-diagnosis-doctors-stumped-article-1.2741857>

Optum. 2016. Parkland Health & Hospital System Integrates Patient Interactive Platform into Fully Digital Environment. Viitattu 15.4.2017 https://cdn-aem.optum.com/content/dam/optum3/optum/en/resources/case-studies/OIP_Parkland_CS.pdf

Parloff, R. 2016. Why Deep Learning is suddenly Changing Your Life. Viitattu 16.5.2017 <http://fortune.com/ai-artificial-intelligence-deep-machine-learning>

Reger, J. 2017. Deploying AI for Faster and More Precise Clinical Decision-Making. Viitattu 22.6.2017 <http://blog.global.fujitsu.com/index.php/deploying-ai-faster-precise-clinical-decision-making>

Rhön-Klinikum. 2017. Company. Viitattu 12.6.2017 <http://en.rhoen-klinikum-ag.com/group/company.html>

Sarkar, S. 2016. How to Use Machine Learning in Today's Enterprise Environment. Viitattu 16.5.2017 <http://readwrite.com/2016/11/09/machine-learning-used-pl1>

SAS. Machine Learning – What It Is and Why It Matters. Viitattu 16.5.2017 https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/machine-learning.html

SaludMadrid. 2017. Hospital Clinico San Carlos. Viitattu 22.6.2017
http://www.madrid.org/cs/Satellite?cid=1191579462083&language=es&pagename=HospitalClinicoSanCarlos%2FPage%2FHCLN_contenidoFinal

Sapardanis, C. 2010. The Digital Hospital: Transforming Care Delivery with E-Health Records. Viitattu 30.3.2017
http://www.csc.com/cscworld/publications/56901/57006-the_digital_hospital_transforming_care_delivery_with_e_health_records

Shi, S. & Qian, Y. 2015. Alibaba Cloud Partners with BGI and Intel to Drive Cloud Solutions for Precision Medicine and Gene Research. Alibaba Cloud. Viitattu 17.7.2017
<https://www.alibabacloud.com/press-room/alicloud-partners-with-bgi-and-intel-to-drive-cloud-solutions>

Shukla, A. 2016. Aliyun and BGI Revolutionise Life Sciences. CIO Asia. Viitattu 17.7.017
<https://cio-asia.com/resource/applications/aliyun-and-bgi-revolutionise-life-sciences>

Stergiou, C. & Siganos, D. Neural Networks. Imperial College London, Department of Computing. Viitattu 15.5.2017
https://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html#Introduction%20to%20neural%20networks

Szondy, D. 2013. IBM's Watson Adapted to Teach Medical Students and Aid Diagnosis. New Atlas Medical. Viitattu 29.6.2017
<http://newatlas.com/ibm-supercomputer-watsonpath/29415>

Tanenbaum, M. 2016. Jefferson Plans 'Smart Hospital Rooms' Powered by IBM Watson. Viitattu 21.6.2017
<http://www.phillyvoice.com/jefferson-plans-cognitive-hospital-rooms-powered-ibm-watson>

The Medical Futurist. 2017. Will Robots Take Over Our Jobs In Healthcare. Viitattu 5.7.2017
<http://medicalfuturist.com/will-robots-take-over-our-jobs-in-healthcare>

Thiel, M. 2016. ePatient Helps Patients to Tackle the Challenges with Communication with the Hospital. Viitattu 15.4.2017
<http://en.welfaretech.dk/updates/2016/april/epatient-helps-patients-to-tackle-the-challenges-with-communication-with-the-hospital>

Tjoa, S. Introduction to Deep Learning. Viitattu 16.5.2017
https://ccrma.stanford.edu/workshops/mir2013/CCRMA_MIR2013_DBN.pdf

Tutorialspoint. 2017. Artificial Intelligence – Neural Networks. Viitattu 15.5.2017
https://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/artificial_intelligence_neural_networks.htm

UnitingCare. eHealth and St Stephen's Hospital, Hervey Bay. Viitattu 31.3.2017
<http://unitingcarehealth.com.au/about-us/ehealth-and-st-stephen's-hospital-hervey-bay>

UP3. 2017. JawBone UP3. Viitattu 6.4.2017 <https://jawbone.com/fitness-tracker/up3>

ZTE. 2016. ZTE Launches Its mHealth Product: Utilizing IoT Technology to Improve Medical and Healthcare Services. Viitattu 16.7.2017 http://www.zte.com.cn/en/press_center/news/201603/t20160315_449089.html

ZTE. 2017. ZTE and Omron Pioneered the Wisdom of the Medical Market. ZTE News. Viitattu 18.7.2017 <http://www.zte.com.cn/china/about/press-center/news/201204/346517>

Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisu
No. 44/2018

ISBN 978-951-39-7358-2 (verkkoj.)
ISSN 2323-5004