

Juho Nousiainen

TEKNOLOGIAN ENNUSTAMINEN PATENTTIEN AVULLA

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Jussi Valta
Toukokuu 2020

TIIVISTELMÄ

Juho Nousiainen: Teknologian ennustaminen patenttien avulla
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma
Toukokuu 2020

Yritysten teknologiavalintojen merkitys korostuu teknologisen kehityksen kiihtyessä, minkä vuoksi yritysjohtajille on tuotettava informaatiota entistä tehokkaammin ja tiiviimmässä muodossa. Teknologian ennustamisen avulla pyritään arvioimaan teknologisen kehityksen suuntaa sekä diffuusiota ja siten tuottamaan relevanttia tietoa oikea-aikaisten ja rationaalisten päätösten tueksi. Tässä työssä tutkitaan patenttien hyödyntämistä teknologian ennustamisessa kirjallisuuskatsauksen muodossa. Työn tavoitteena on selvittää, miten patenteja voidaan hyödyntää teknologian ennustamisessa, mikä niiden merkitys on ennustamisen kannalta sekä arvioida patenteihin pohjautuvien menetelmien tuottamia ennusteita.

Työssä käsitellään aiheeseen liittyvä olennainen teoria, jonka jälkeen esitellään teknologian ennustamismetodeja, joiden käyttöön patenttidataa voidaan soveltaa. Esitellyistä ennustamismetodeista annetaan esimerkinomaisesti patenttidataa hyödyntäviä ennustamismenetelmiä, joissa patenttidata on olennaisessa osassa esitellyn metodin kannalta. Tässä työssä ennustamismenetelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, jossa voidaan yhdistellä useita ennustamismetodeja ennusteen tuottamiseksi. Lopuksi arvioidaan esitellyjä ennustamismetodeja ja -menetelmiä.

Työn tuloksena saadaan kokonaiskuva patenteihin pohjautuvista ennustusmenetelmistä, jotka tuottavat hyvin vaihtelevia ennusteita. Erilaiset menetelmät sekä niiden tuottamat numeeriset ja sanalliset ennusteet kuvastavat hyvin teknologian ennustamisen kompleksisuutta sekä sitä, miten monesta näkökulmasta asiaa voidaan lähestyä. Tutkitut menetelmät vahvistavat patenttien olennaisuutta teknologisen kehityksen arvioinnin kannalta, sillä ne tarjoavat oikein käsiteltynä erinomaista dataa moniin menetelmiin. Teknologian ennustamismetodeja on kehitetty runsaasti, joista kaikissa ei voida kuitenkaan suoraan hyödyntää patenttidataa, mutta joissa se on käyttökelpoista muiden metodien soveltamisen jälkeen. Toisaalta patenttidatan soveltaminen tiettyihin metodeihin luo myös edellytykset muiden metodien hyödyntämiselle sen jälkeen. Patenttidatan tarkastelu sekä sitä soveltavien ennustusmenetelmien hyödyntäminen on olennaista monilla yritysjohtamisen osa-alueilla, kuten tuotekehityksen organisoinnissa, yritysfuusioiden ja -ostojen suunnittelussa sekä henkilöstöjohtamisessa. Uusien teknologioiden kehittyminen tuo mukanaan uusia konsepteja ja muutokset voivat olla toisinaan radikaaleja, mikä vaikeuttaa ennustamista. Teknologinen kehitys onkin monen tekijän summa, johon vaikuttaa mm. yhteiskunta useine muutujineen, minkä takia parhaat ennusteet eivät tarkastele ainoastaan keskiössä olevaa teknologiaa, vaan myös muita tekijöitä sen ympärillä.

Avainsanat: teknologian ennustaminen, ennustamismenetelmät, teknologiajohtaminen, patentti, patenttianalyysi

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Juho Nousiainen: Technology forecasting based on patent data
Bachelor's thesis
Tampere University
Industrial Engineering and Management
May 2020

The importance of companies' technology choices is emphasized as technological development accelerates, which is why company managers need to be provided with information more efficiently and in a more compact form. Technology forecasting is used to estimate the direction of technological development and diffusion, and thus to produce relevant information to support timely and rational decisions. This work explores the use of patents in technology forecasting in the form of a literature review. The purpose of the work is to find out how patents can be utilized in technology forecasting, what their significance is for forecasting, and to evaluate the forecasts produced by patent-based methods.

The work provides an essential theory related to the topic, followed by a presentation of technology forecasting techniques to which patent data can be applied. The presented forecasting techniques are exemplified by forecasting methods, in which the patent data is an integral part of the presented techniques. In this work, a forecasting method refers to an entity in which several forecasting techniques can be combined to produce a forecast. In the end, the presented forecasting techniques and methods are evaluated.

The work creates an overall conception of patent-based forecasting methods that produce varying forecasts. Different numerical and verbal forecasts describe the complexity of technology forecasting and the fact that occurring changes can be approached from multiple perspectives. The methods studied confirm the relevance of patents for the evaluation of technological developments as they provide, when properly handled, excellent data for many methods. Several forecasting methods have been developed, not all of which, however, can directly benefit from patent data, but where it is useful after the application of other methods. On the other hand, the application of patent data to certain methods also creates the conditions for the subsequent utilization of other methods. Examining patent data and utilizing the forecasting methods based on it is essential in many areas of corporate governance, such as product development, planning mergers and acquisitions, and human resource management. The development of new technologies brings new concepts with it and changes can occasionally be radical, making forecasting difficult. Technological change is the sum of many factors, influenced by e.g. society with its many variables, which is why the best forecasts look not only at the technology at the center, but also at other factors around it.

Keywords: technology forecasting, forecasting methods, technology management, patent, patent analysis

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Motiivina työn taustalla on kiinnostus siihen, miten yritykset pystyisivät tekemään mahdollisimman analyyttisesti perusteltuja ja järkeviä päätöksiä liiketoimintansa edistämiseksi. Teknologiaratkaisujen merkitys sekä päätökset tuotteiden kaupallistamisesta ja markkinoilla pitämisestä ovatkin keskeisessä osassa yrityksen kilpailukyvyn kannalta, minkä takia teknologian ennustaminen on mielestäni kiinnostavaa. Aiheeksi valikoitu lopulta teknologian ennustaminen patenttien avulla, sillä se vaikutti sopivasti rajatulta ja selkeältä kokonaisuudelta. Lähtökohtana tutkimuksessani oli patenttien hyödyntäminen, mutta useissa menetelmissä patentit olivat vain osa suurempaa kokonaisuutta, minkä takia tutustuin huomaamattani aihepiiriin laajemmin. Työ opettikin minulle valtavasti tieteellisen tutkielman tekemisestä, teknologian kehityksestä sekä ennustamismenetelmistä yleisesti.

Haluaisin kiittää erityisesti kurssin vastuuhenkilöinä toimineita Jussi Valtaa ja Tuomas Korhosta erinomaisten lähtökohtien luomisesta työn onnistumiselle, professori Saku Mäkistä asiantuntevista neuvoista sekä kaikkia seminaarityöskentelyssä myötävaikuttaneita kanssaopiskelijoita.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Johdanto aiheeseen.....	1
1.2 Tutkimusmetodologia	2
2. TEORIA	3
2.1 Teknologian kehitys ja kasvukäyrät.....	3
2.2 Teknologian ennustaminen yleisesti.....	5
2.3 Patentit ja niiden väliset viittauskytkökset.....	7
2.4 Patentit ennustamisessa ja yritysjohtamisessa.....	8
3. PATENTTEIHIN POHJAUTUVAT ENNUSTAMISMENETELMÄT	11
3.1 Monitorointi	11
3.2 Patenttien vanheneminen	12
3.3 Rykelmien muodostaminen	13
3.3.1 Bayesilainen patenttiryhmittely.....	13
3.3.2 KM-SVC-menetelmä	14
3.4 Matriisikartat	15
3.5 Fisher–Pry-malli	15
3.6 S-käyrä	16
3.7 Gompertz-malli.....	17
4. ESITELTYJEN METODIEN ARVIOINTI	18
4.1 Monitorointi	18
4.2 Patenttien vanheneminen	19
4.3 Rykelmien muodostaminen	20
4.3.1 Bayesilainen patenttiryhmittely.....	20
4.3.2 KM-SVC-menetelmä	20
4.4 Matriisikartat	21
4.5 Fisher–Pry-malli	22
4.6 S-käyrä	22
4.7 Gompertz-malli.....	23
4.8 Yhteenveto.....	24
5. PÄÄTELMÄT	26
LÄHTEET	29

LYHENTEET JA MERKINNÄT

WIPO	World Intellectual Property Organization
T&K	Tutkimus & (tuote)kehitys
CNC	Computer Numerical Control
PC	Principal Component
PCA	Principal Component Analysis
KM	K-medoids
SVC	Support Vector Clustering
KM-SVC	K-medoids clustering based on Support Vector Clustering
IPC	International Patent Classification

1. JOHDANTO

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on luoda kokonaiskuva patenttien hyödyntämisestä teknologian ennustamisessa tutkimalla patentteihin pohjautuvia ennustamismenetelmiä ja arvioimalla niitä sekä niiden tuottamia ennusteita. Työ toteutetaan kokonaisuudessaan kirjallisuuskatsauksena. Tutkimuskysymykset ovat seuraavat: ”mikä merkitys patenteilla on teknologian ennustamisen kannalta, miten patenteja hyödyntävät ennustamismenetelmät toimivat ja millaisia ennusteita niiden avulla voidaan luoda?”

Ennustamiseen liittyy aina epävarmuutta, joten absoluuttisten totuuksien etsiminen työn avulla ei ole tarkoituksenmukaista. Esiteltyjä menetelmiä ei voida asettaa objektiivisesti paremmuusjärjestykseen, mutta niiden yleistä toiminnallisuutta, ennusteita sekä sopivuutta erilaisiin tilanteisiin voidaan arvioida. Työn tavoitteena onkin selvittää, mikä patenttien merkitys on teknologian ennustamisen kannalta, miten niitä voidaan hyödyntää ennustamisessa sekä arvioida patentteihin pohjautuvien menetelmien tuottamia ennusteita.

1.1 Johdanto aiheeseen

Teknologinen kehitys kiihtyy uusien teknologioiden tarjotessa entistä enemmän mahdollisuuksia uusille innovaatioille (Eliazar & Shlesinger 2018), mikä tarkoittaa myös sitä, että yritysten on kyettävä mukautumaan entistä nopeammin muutoksiin ja pärjättävä markkinoilla kilpailevien teknologioiden määrän kasvaessa. Teknologinen muutos onkin usein ratkaiseva tekijä monen teollisuudenalan kilpailukentän rakenteen muutoksissa (Ernst 2003). Teknologian ennustamisen avulla pyritään arvioimaan teknologisia muutoksia, jolloin tarkastelun kohteena ovat mm. teknologian toiminnallinen kapasiteetti ja merkittävyys tai muutoksen ajoitus (Roper et al. 2011, s.16). Liikkeenjohdon näkökulmasta teknologian ennustaminen on työkalu, jonka avulla on tarkoitus luoda tiivistetyssä muodossa mahdollisimman todenmukaista ja olennaista informaatiota päätöstenteon tueksi (Basberg 1987; Mogee 1991). Teknologian ennustaminen on laaja aihepiiri, minkä takia aihe on rajattu patenttien hyödyntämiseen sen osana, jolloin sitä voidaan tarkastella järkevästi tämän työn laajuuden rajoissa.

Aihe on erityisen mielenkiintoinen siksi, että päätökset erilaisten teknologioiden kehittämisestä, kaupallistamisesta ja markkinoilla säilyttämisestä ovat hyvin keskeinen osa kilpailukentällä menestymistä teknologiaan pohjautuvassa liiketoiminnassa (Chang et al. 2009). Onnistuneeseen aikaan toteutetut toimenpiteet ovat osa onnistunutta strategiaa, ja teknologian ennustamisen avulla pyritään luomaan edellytykset toimenpiteiden ajoituksen onnistumiselle. Patentteihin liittyvää tarkastelua sekä ennustamismenetelmiä voidaan hyödyntää liikkeenjohdon eri osa-alueilla, kuten kilpailun analysoinnissa, yrityssoitoissa ja -fuusioissa, tutkimuksen ja tuotekehityksen (T&K) hallinnassa sekä henkilöstöjohtamisessa (Campbell 1983; Ernst 2003).

Työssä esitellään myös teknologisen kehityksen sekä sen ennustamisen yleistä teoriaa, sillä ne liittyvät vahvasti myös patenttien avulla ennustamiseen. Teknologisen kehityksen perusteet on hallittava, jotta voi ymmärtää patentteihin pohjautuvia menetelmiä.

Patenteista on saatavilla runsaasti ennusteiden kannalta relevanttia dataa ja siksi ne tarjoavatkin erinomaiset lähtökohdat monille eri ennustamismenetelmille (Campbell 1984; Ernst 1997). Patenttien analysointia helpottaa se, että ne ovat valmiiksi strukturoidussa muodossa (Kyebambe et al. 2017). Ne tarjoavat myös objektiivista ja avointa tietoa, minkä takia ne sopivat hyvin ennusteiden lähtökohdaksi (Chang et al. 2009; Jun et al. 2012).

1.2 Tutkimusmetodologia

Työn tutkimusmetodologian perustana toimii laaja tiedonhaku useista lähteistä tarkastellen eri näkökulmia. Työssä käytettäviä lähteitä on haettu esimerkiksi Web of Sciencesta, Google Scholarista sekä Tampereen yliopiston hakupalvelu Andorista. Työn käsittelemiin aihepiireihin on perehdytty laajasti ja hakuja on tehty liittyen mm. teknologian kehitykseen, teknologian ennustamiseen, patentteihin, patenttianalyysiin sekä yksittäisiin ennustamismetodeihin, kuten kasvukäyriin. Kenties tärkein yksittäinen tapa oleellisten lähteiden löytämiseksi on ollut erilaisten julkaisujen lähdeviittausten tarkastelu, ja useissa julkaisuissa toistuivatkin monet aiheen kannalta merkittävät lähteet, kuten Holger Ernstin patentteihin liittyvät julkaisut.

2. TEORIA

Tässä luvussa esitellään teknologian kehittymiseen ja ennustamiseen liittyvä yleinen teoria sekä käsitellään patenteja ennustamisen näkökulmasta. Patenteihin liittyvässä teoriassa keskeisessä osassa ovat patentin ja peruspatentin käsitteen määrittely, patenttien välisten suhteiden kuvaaminen sekä patenteihin pohjautuvien ennusteiden yleinen teoria.

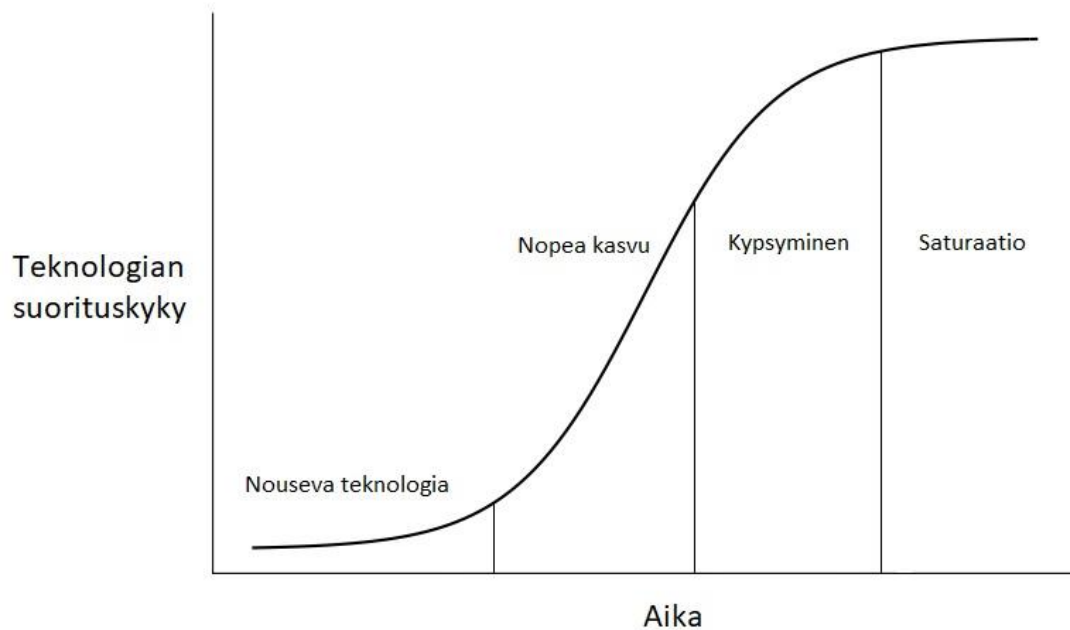
2.1 Teknologian kehitys ja kasvukäyrät

Teknologian diffuusiolla tarkoitetaan prosessia, jossa teknologia sekä tietoisuus sen olemassaolosta leviävät yhteisössä tiettyjä kanavia pitkin (Rogers 1995, s.5). Tämän työn kannalta olennaisessa osassa ovat itse teknologian kehittyminen sekä sen yhteydessä etenevä teknologian diffuusio. Teknologinen kehitys on kiihtynyt vuosien saatossa, mikä johtuu pääosin siitä, että lisääntyvä teknologian määrä tarjoaa laajemmat mahdollisuudet kehittää uusia teknologioita entistä tehokkaammin sekä laajemmalla rintamalla (Eliazar & Shlesinger 2018).

Teknologinen kehitys mukailee normaalisti kuvassa 1 esiteltyä S-käyrää, mutta mallia ei voida pitää täysin universaalina, sillä teknologisessa kehityksessä on myös poikkeuksia. Teknologisiin innovaatioihin pohjautuvien tuotteiden diffuusio etenee usein S-käyrää mukaillen, jolloin pystyakselin parametrina voidaan käyttää esimerkiksi myytyjä yksiköitä. (Roper et al. 2011, s.17–18) S-käyrän jyrkkyys ja tarkempi muoto vaihtelevat teknologian mukaan, mutta yhdistävä tekijä on S-kirjainta mukaileva muoto. Kehityksensä alussa teknologia on vasta nousevassa vaiheessa, jolloin kasvu on hidasta, vaikka tuotekehitykseen käytettäisiin paljon resursseja. Seuraava vaihe on nopean kasvun vaihe, jossa teknologian kehitys on hyvin tehokasta, mutta sen jälkeen kehitys alkaa asteittain hidastua kypsyysvaiheen alkaessa. Kypsyysvaiheen päättyessä teknologia lähestyy suorituskykynsä raja-arvoa ja elinkaarensa viimeistä osaa, saturaatiovaihetta, jonka aikana teknologia saattaa vielä kehittyä marginaalisesti, jolloin kustannukset ovat kuitenkin useimmiten korkeat suhteessa saavutettuun hyötyyn. (Ernst 1997) Kasvukäyrien kannalta olennainen asia on myös S-käyrän käännepointti, mikä tarkoittaa pistettä, jossa se saavuttaa puolivälinsä ja käyrän kasvu alkaa hidastua (Roper et al. 2011, s.18).

On myös muita tapoja kuvata teknologisen innovaation kehitystä, ja esimerkiksi Daimin et al. (2006) mukaan prosessissa on havaittavissa seuraavat vaiheet: perustutkimus, soveltava tutkimus, kehitys, soveltaminen sekä sosiaalinen vaikutus. Prosessin seuraava

vaihe alkaa aina edeltävän vaiheen kääntyessä laskuun edellä mainitun järjestyksen mukaisesti.



Kuva 1. Teknologisen kehityksen S-käyrä (mukailten Ernst 1997)

Erilaiset kasvukäyrät ovat S-käyrän mukaelmia, joita voidaan käyttää moniin tarkoituksiin mm. tekniikassa, taloustieteissä, liiketoiminnassa sekä tieteissä yleisesti (Nagula 2016). Erilaisia kasvukäyriä on kehitetty runsaasti ja niiden avulla pyritään mallintamaan matemaattisesti teknologista kehitystä. Niiden matemaattiseen sisältöön ei kuitenkaan perehdytä yksityiskohtaisesti tässä työssä, sillä se ei tue työn tarkoitusta. Ne voidaan jakaa perheisiin, joiden avulla teknologiaan liittyvä data voidaan sovittaa lineaarisen regression malliin. Kasvukäyrien perheistä yksinkertaisimpia ovat lineaariset ja eksponentiaaliset mallit. Muita perheitä yhdistää se, että niiden soveltamiseksi on tehtävä kohdemarkkinan kokoon liittyviä oletuksia. Ensimmäinen tällainen perhe on Fisher–Pry-malli, jota kutsutaan myös substituutiomalliksi, koska sillä pyritään ennustamaan, kuinka pian teknologialle nousee uusi substituutti. Fisher–Pry-malli sopii erityisesti sellaisten teknologioiden arviointiin, joiden myyntimäärän kasvu vaikuttaa suoraan myös muihin liiketoiminnan osa-alueisiin, kuten jakeluun ja oheispalveluihin. (Roper et al. 2011, s.139–140)

Toinen merkittävä perhe on Gompertz-malli, jotka tarkastelevat teknologian luonnollisen elinkaaren kasvukäyrää ilman, että siihen vaikuttaisi substituutteja, minkä takia sitä kutsutaan myös kuolleisuusmalliksi. Gompertz-malli sopii luonnollisesti paremmin teknologioille, joiden käyttö hiipuu sen takia, että teknologia vanhenee, eikä sen takia, että samankaltainen korvaaja syrjäyttää sen. Gompertz-mallin tuottama S-käyrä nousee usein

terävämmin kuin Fisher–Pry-mallin, mutta se myös tasaantuu nopeammin lopussa. (Roper et al. 2011, s.140)

Viimeinen olennainen perhe on Bass-mallit, jonka tarkoituksena on kuvata teknologian omaksumisen kasvua. Mallin mukaan teknologian kokonaismarkkinat rajoittuvat yhteen tuotteeseen jokaista potentiaalista käyttäjää kohden. Tärkeimmät muuttujat Bass-mallissa ovat asiakkaat, jotka omaksuvat teknologian omatoimisesti (innovaattorit) sekä asiakkaat, joiden täytyy kuulla käyttökokemuksia innovaattoreilta ja muilta aiemmilta asiakailta. Bass-mallin tarkoituksena ei ole luoda kumulatiivista summaa kokonaismarkkinasta aiempien mallien tavoin, vaan se tarkastelee teknologian vuosittaista myyntiä. (Roper et al. 2011, s.139–140)

2.2 Teknologian ennustaminen yleisesti

Teknologian ennustaminen käsittelee siihen liittyviä muutoksia, ja tarkemmin ottaen ennusteet tarkastelevat useimmiten taulukossa 1 esitellyjä ominaisuuksia. Teknologian ennustaminen on saanut alkunsa yhteen muuttujaan perustuvista menetelmistä, mutta muuttujien määrä on lisääntynyt uusien menetelmien kehittyessä (Wissemä 1982). Kehittyneemmät menetelmät pyrkivät huomioimaan ympäröivää maailmaa mahdollisimman laaja-alaisesti sosiaalisten, taloudellisten sekä ympäristöllisten tekijöiden avulla (Wissemä 1982; Roper et al. 2011, s.19). Teknologian ennustaminen, kuten ennustaminen yleensäkin, perustuu usein kehityksen ekstrapolointiin. (Roper et al. 2011, s.10).

1. Toiminnallisen kapasiteetin muutos
2. Teknologian korvaaminen
3. Markkinoille tunkeutuminen
4. Diffuusio
5. Läpimurtojen ajoitus ja todennäköisyys

Taulukko 1: Teknologian ennustamismenetelmien tarkastelemat ominaisuudet (muokailen Roper et al. 2011, s.17)

Teknologian ennustaminen poikkeaa muusta ennustamisesta, kuten sään ennustamisesta, siinä mielessä, että historialliselle datalle ei voida antaa niin suurta painoarvoa; teknologinen kehitys käsittelee poikkeuksetta uusia konsepteja ja sen ennustamisen konteksti voi olla hyvin kompleksinen (Roper et al. 2011, s.16.) Laajuuden ja haasteellisuuden takia ennustuksen täytyisi olla jo alkuvaiheessa selkeästi rajattu onnistuakseen.

Rajaukseen vaikuttavat mm. päätösten informaatiotarve, kustannukset sekä aika. (Roper et al. 2011, s.43)

Roper, et al. (2011, s.31) jakavat teknologian ennustamismetodit kolmeen kategoriaan taulukon 2 mukaisesti, jossa on esimerkkejä kuhunkin kategoriaan soveltuvista metodeista. Kaikkia taulukon 2 ennustamismetodeja ei esitellä tässä työssä tarkemmin, mutta patenttien avulla ennustamisen kannalta olennaisia metodeja esitellään ja arvioidaan luvuissa 3 ja 4. Käsitteet metodi ja menetelmä ovat käytännössä synonyymejä, mutta tässä työssä ennustamismetodilla tarkoitetaan mm. taulukossa 1 esiteltyjä spesifejä ennustamismetodeja, kun taas ennustamismenetelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, jossa voidaan yhdistellä useita ennustamismetodeja ennusteen tuottamiseksi. Jaottelu on tehty työn selkeyttämisen vuoksi.

Kategoria	Määritelmä	Metodeja
Suora	Perustuu parametreihin, jotka mittaavat teknologiaa suoraan tietystä näkökulmasta	<ul style="list-style-type: none"> • asiantuntijan mielipide • Delfoi-metodi • kyselyt • naiivi aikasarja-analyysi • trendien ekstrapolointi • kasvukäyrät • substituutiokäyrät • elinkaarianalyysi
Korrelatiivinen	Perustuu muiden teknologioiden sekä taustatietojen parametreihin, jotka vaikuttavat epäsuorasti teknologiaan	<ul style="list-style-type: none"> • skenaariot • Lead-lag-indikaattorit • ristikkäisen vaikutuksen analyysi • teknologian kehitysfunktiot • analogia
Rakenteellinen	Perustuu syy-seuraussuhteiden eksplisiittiseen arviointiin	<ul style="list-style-type: none"> • kausaaliset mallit • regressioanalyysi • simulaatiomallit • relevanssipuut • Mission Flow -diagrammit • morfologia

Taulukko 2: Teknologian ennustamismetodien jaottelu (mukaillen Roper et al. 2011, s.31)

Teknologian kehittymistä tarkastelevat suuremman kokoluokan ennusteet pitäisi tehdä yleisesti aikaisintaan vuoden päähän, jotta yritykset pystyisivät hyödyntämään näitä ennusteita käytännössä. Ennusteiden pohjalta tehdyt päätökset vaativat usein kuitenkin

paljon erilaisia resursseja, jolloin ennusteiden muuttaminen käytännön toimenpiteiksi vaatii usein aikaa. (Kyebambe et al. 2017) Lyhyemmän aikavälin ennusteita voidaan toki hyödyntää, mutta silloin edellytetään nopeampaa toimintavalmiutta ja usein kokoluokaltaan pienempiä päätöksiä. Pienemmän resurssitarpeen päätöksiä voidaan tehdä lyhyemmällä harkinnalla, mutta pitkän aikavälin strategiset päätökset vaativat perinpohjaisempaa analyysiä, joskin niitäkin on toisinaan välttämätöntä tehdä nopeasti. Ennusteita voidaan arvioida monesta näkökulmasta, mutta olennaisin asia on kuitenkin lopulta se, johtavatko ne oikeisiin päätöksiin (Roper et al. 2011, s.20). Ennusteiden yhteys päätöksentekoon on siis niiden olemassaolon perimmäinen tarkoitus, minkä takia ne on muodostettava yksilöllisesti kuhunkin tilanteeseen.

2.3 Patentit ja niiden väliset viittauskytkökset

Patentti tarkoittaa laillista dokumenttia, jossa kuvataan jokin uusi keksintö sekä eritellään, kuka on kyseisen patentin omistaja. Patentoitavan keksinnön on tarkoitus tarjota ratkaisu johonkin teknologiseen ongelmaan ja se voi liittyä tuotteeseen tai prosessiin. (WIPO 2004, s.17) Patenttiedokumentit sisältävät runsaasti erilaista tietoa, kuten patenttinumeron, haku- ja liikkeellelaskupäivän, keksijän nimen, oikeudenhaltijan, tiivistelmän, otsikon, käyttöön liittyvät vaatimukset, piirroksiset sekä viittaukset muihin patentteihin. (Jun et al. 2012).

Patentin omistajalla on päätäntävalta siitä, kenellä on oikeus hyödyntää kyseistä innovaatiota kaupallisiin tarpeisiinsa, kuten valmistamiseen, käyttöön, myyntiin tai maahan tuontiin. Patentin voi myydä kokonaan toiselle taholle, mutta patentit vanhenevat myös itsestään, jonka jälkeen ne ovat vapaasti käytettävissä. Tyypillinen patenttien voimassaoloaika on 20 vuotta, mikä edellyttää kuitenkin vuosittaisten patenttimaksujen maksamista. (WIPO 2004, s.17)

Patentti voi olla hyvin keskeisessä asemassa omalla teknologianalallaan, mikä johtaa siihen, että sitä seuraavien patenttien täytyy viitata tähän alkuperäiseen patenttiin sekä myös muihin uuden patentin kannalta olennaisiin dokumentteihin (Campbell 1983). Kirjallisuudessa ei ole virallista määritelmää, mikä määrittäisi käsitteen peruspatentti, mutta Chang et al. (2009) kutsuvat tätä keskeisessä asemassa olevaa patenttia peruspatentiksi. Kirjallisuudesta löytyy useita erilaisia nimityksiä ja määrittelytapoja peruspatenttia vastaaville patenteille, joita kuitenkin yhdistää jonkinlainen viittausten määrään pohjautuva määrittelyperiaate. Paljon viittauksia keräävistä patenteista käytetään tässä työssä nimitystä peruspatentti. Peruspatentit tuovat yleensä jonkin suuremman kehitysaskleen teknologiaan, kun taas inkrementaalisia parannuksia tekevät patentit keräävät vähem-

män viittauksia (Kyebambe et al. 2017). Ernstin (1997) mukaan peruspatentit muodostavat aikanaan avainteknologiat, joita integroidaan runsaasti markkinoilla oleviin tuotteisiin ja niiden vaikutus kilpailukenttään on merkittävä. Mitä aiemmin ne kyetään tunnistamaan, sitä tehokkaammin teknologian kehitykseen saadaan kohdistettua resursseja ja kaupallistaminen nopeutuu (Chang et al. 2009).

Chang et al. (2009) esittelevät kaksi erilaista metodia peruspatenttien tunnistamiseksi. Ensimmäinen metodi on suorien viittausten sekä epäsuorien viittausten määrän tarkastelu, jossa epäsuorien viittausten määrälle voidaan antaa erilaisia painoarvoja, jolloin niiden merkitystä voidaan säätää ja siten haarukoida erilaisia tuloksia. Lopputuloksena pystytään laskemaan jokaiselle patentille tietyt viittauspisteet, joiden perusteella peruspatenteiksi voidaan valita tilannekohtaisesti eniten viittauspisteitä keränneet patentit. Tämä keino painottaa vanhempien peruspatenttien löytämistä, sillä viittaukset muodostavat pitkiä ketjuja, jotka saavat usein alkunsa iäkkäämmistä patenteista. (Chang et al. 2009)

Toinen Changin et al. (2009) esittelemä metodi on kolmen keskihajonnan metodi, mikä mahdollistaa myös nuorempien peruspatenttien löytämisen, sillä se suhteuttaa viittausten määrän patentin ikään. Siinä muodostetaan patenttiin kohdistuvien viittausten määrän normaalijakauma tietyn vuoden aikana julkaistuille patenteille ja peruspatentiksi määritellään ne patentit, joihin on viitattu vähintään kolminkertainen määrä keskihajonnan ylärajaa vastaavasta määrästä. (Chang et al. 2009). Kyebamben et al. (2017) mukaan patentit alkavat keräämään viittauksia uusilta patenteilta keskimäärin kahden vuoden iässä, mikä vaikeuttaa peruspatenttien tunnistamista aikaisessa vaiheessa.

Esimerkki eräästä peruspatenttia vastaavasta käsitteestä on Kyebamben et al. (2017) määrittelemä avainpatentin käsite. He määrittelevät avainpatentiksi patentin, joka kerää vähintään 2.5-kertaisen määrän viittauksia samana vuonna julkaistujen patenttien viittausten määrän keskiarvoon verrattuna.

2.4 Patentit ennustamisessa ja yritysjohtamisessa

Patenttien tarkastelun avulla on kyetty havaitsemaan teknologisia muutoksia jo hyvin aikaisessa vaiheessa (Campbell 1983). Ne pystyvät tarjoamaan syvällisen ja objektiivisen pohjan tehdyille ennusteille (Chang et al. 2009; Jun et al. 2012). Yoon & Kim (2012) puolestaan painottavat, että ne tarjoavat ajantasaista sekä luotettavaa tietoa teknologisten trendien tunnistamiseksi ja sitä kautta luovat pohjaa rationaalisille strategisille päätöksille. Patentit ovat myös valmiiksi strukturoidussa muodossa sekä useissa maissa ilmaiseksi kaikkien saatavilla, mikä helpottaa niiden saatavuutta sekä käsittelyä

(Kyebambe et al. 2017). Tärkein ero patenttietokantojen ja tieteellisten tai teknisten tietolähteiden välillä on se, että ne perustuvat laillisesti hyväksytyihin dokumentteihin uusista innovaatioista, joilla koetaan olevan kaupallista arvoa, minkä takia ne ovat lähtökohtaisesti luotettavia (Naetebusch et al. 1994).

Patentit sisältävät osin numeerista dataa, mutta suurin osa niiden sisältämästä tiedosta on tekstimuodossa, jolloin ne soveltuvat sellaisenaan kvalitatiivisiin, eli laadullisiin, ennustamismenetelmiin. Patentteja hyödynnetään kuitenkin myös kvantitatiivisiin, eli määrällisiin, ennusteisiin, mikä tarkoittaa sitä, että tekstimuotoisesta sisällöstä on saatava numeerista dataa esimerkiksi algoritmien avulla. (Jun et al. 2012)

Patenttianalyysijä voidaan käyttää kahdenlaisiin tarkoituksiin: kilpailun analysointiin tai teknologisen kehityksen analysointiin. Kilpailun analysoinnilla voidaan tarkastella yritysten teknologista potentiaalia, markkinoiden tilaa ja muutoksia sekä peruspatentteja ja niiden vaikutuksia kilpailuun. (Liu & Shyu 1997) Kilpailun analysointia korostavan näkökulman merkitystä on hyvä tuoda esille, mutta taulukossa 1 esitellyt teknologiaperusteiset näkökulmat tuovat osaltaan esiin myös kilpailun analysointia, minkä takia tässä työssä arvioidaan menetelmiä taulukon 1 näkökulmista. Kansainvälisen patenttidatan tarkastelu voi olla erityisen hyödyllistä tapauksissa, joissa yrityksen asiantuntemus on rajallinen tai se suunnittelee suurempaa kansainvälistä liikettä markkinoilla (Mogee 1991). Tiettyyn teknologiaan liittyvien patenttien määrän kehityksessä on usein havaittavissa teknologisen S-käyrän kehitystä mukaileva muoto, mikä toimii monessa menetelmässä perustana teknologisen kehityksen analysoinnille (Liu & Shyu 1997).

Suuret yritykset ovat tiedostaneet patenttidatan analysoinnin hyödyt strategisen johtamisen kannalta (Naetebusch et al. 1994), mutta siitä voi hyötyä erityisesti myös pienet ja keskisuuret yritykset, jotka voivat saavuttaa toiminnan kannalta kriittistä informaatiota suhteellisen kustannustehokkaasti (Ernst 1997). Patenttien analysoinnille on monia olennaisia sovelluksia liikkeenjohdon osa-alueilla, joista oleellisimpia ovat kilpailun ja tuotealueen analysointi, T&K-toimintojen hallinta, yritysfuusioiden ja -ostojen suunnittelu, patenttiportfolion hallinta sekä henkilöstöjohtaminen (Campbell 1983; Ernst 1997).

Patenteilla on todennäköisesti kaikkein tärkein rooli T&K-toimintojen organisoinnissa, sillä teknologiaan pohjautuvassa liiketoiminnassa niihin liittyvät strategiset valinnat ovat avainasemassa markkinoilla menestymisen kannalta (Chang et al. 2009). T&K-toiminnot liittyvät vahvasti myös henkilöstöjohtamiseen, sillä avainkeksijät kehittävät usein monia avainteknologioita, jolloin heidän säilyttäminen yrityksen palveluksessa sekä heidän tietämyksensä välittäminen ovat kriittisiä kehityksen jatkuvuuden kannalta (Ernst et al. 2000; Ernst 2003).

Teknologiaperusteisella yritysfuusiolla tai -ostolla puolestaan tavoitellaan pääsyä toisen osapuolen teknologioihin sekä teknologiseen tietämykseen, joiden uskotaan tukevan yrityksen pitkän aikavälin strategisia päämääriä (Ernst & Vitt 2000). Yritysfuusion tai -oston onnistumisen kannalta tärkein tekijä on kohdeyrityksen toiminnan organisointi osaksi omaa organisaatiota, minkä takia patenttien tarkastelu on olennaista vaihtoehtoja vertaillessa, vaikka hankkeen perimmäisenä motiivina ei olisikaan teknologiset hyödyt. (Ernst 2003)

Patenttidataan on kuitenkin syytä suhtautua myös kriittisesti, sillä siihen liittyy lukuisista hyödyistä huolimatta myös heikkouksia (Basberg 1987). Olennaisin asia lienee se, että patenttien taloudellinen arvo vaihtelee suuresti, mikä vähentää patenttidatan pelkän määrällisen tarkastelun hyödyllisyyttä. Pelkkä määrällinen tarkastelu voi johtaa esimerkiksi virheellisiin yritysostoihin tai väärin teknologioihin kohdistuvaan T&K-panostukseen. (Ernst 2003)

Ennustamiseen liittyy aina epävarmuutta, eikä pelkästään yhden ennustamismetodin käyttö ole järkevää. Esimerkiksi Daim et al. (2006) yhdistivät patenttien sekä bibliometriikan analysoinnin, jotta he pystyisivät huomioimaan eri tekijöitä mahdollisimman monipuolisesti. Bibliometriikka tarkoittaa erilaisten kirjallisten julkaisujen ja niihin liittyvien viitauksien sekä mahdollisten muiden informatiivisten lähteiden määrällistä analysointia. Bibliometriikka voi sisältää myös patenttien määrällistä analysointia. (Kostoff 1997, s.24–25) Patenttidatan kvalitatiivisen tiedon muuntaminen kvantitatiiviseen muotoon vaatii bibliometriikan soveltamista, minkä takia se on väistämättä mukana isossa osassa menetelmiä.

3. PATENTTEIHIN POHJAUTUVAT ENNUSTAMIS- MENETELMÄT

Tässä osiossa esitellään erilaisia patenttidataa hyödyntäviä ennustamismetodeja, joista esitellään esimerkinomaisesti ennustamismenetelmiä, joissa kyseistä metodia sovelletaan patenttidataan. Osa menetelmistä perustuu pelkästään patenttidataa käsitteleviin metodeihin, mutta osassa yhdistellään myös muita teknologian ennustamismetodeja. Menetelmät on jaettu otsikoiden alle niiden patenttidataa hyödyntävän metodin mukaan. Metodien jaottelusta on päätetty itse, sillä kirjallisuudesta siihen ei löydy mitään yksiselitteistä tapaa.

Patentteihin perustuvia ennustamismenetelmiä on kehitetty runsaasti ja niistä on pyritty valitsemaan esiteltäväksi erilaisia ja oleellisia menetelmiä. Joitain metodeja joudutaan todennäköisesti sivuuttamaan johtuen työn laajuudesta, mutta tarkoituksena on luoda yleinen käsitys keskeisien metodien toiminnasta ja menetelmien tuottamista ennusteista. Esiteltujen menetelmien osana on hyödynnetty myös matemaattisia sekä monimutkaisempia malleja, joiden tarkempi esittely ei kuitenkaan ole tämän työn kannalta oleellista.

3.1 Monitorointi

Roperin et al. (2011, s.72) mukaan monitorointi on kaikista yksinkertaisin sekä käytetyin menetelmä ja se on oikeastaan osa kaikkia ennustamismenetelmiä. Monitorointi ei ole kuitenkaan varsinainen ennustamismenetelmä, mutta se esitellään olennaisuutensa ja strategisen arvonsa takia. Monitorointi käsittää kaiken monitoroitavaan kohteeseen ja sen ympäristöön liittyvän relevantin tiedon keräämisen ja tarkastelun, jonka avulla pyritään ylläpitämään tilannekuvaa ja seuraamaan muutoksia. (Roper et al. 2011, s.72)

Eräs konkreettinen esimerkki monitoroinnista on Ernstin (1997) julkaisema artikkeli Computer Numerical Control (CNC) -koneistukseen liittyvien patenttien analysoinnista, joka on varhaisimpia patentteihin pohjautuvia ennustamismenetelmiä, jotka ovat keränneet enemmän huomiota. CNC-koneistuksen markkinat olivat aikanaan jakautuneet hyvin vahvasti saksalaisten ja japanilaisten yritysten välille. Jo pelkästään patenttidataa tarkastelemalla pystytään havaitsemaan CNC-koneistuksen tekniikoissa selkeä teknologian S-käyrä, jonka muodostuminen on kuitenkin hyvin pitkälti japanilaisten kehittäjien ansiota. (Ernst 1997)

CNC-koneistukseen liittyvät patentit lähtivät kovaan kasvuun Japanissa 1970-luvun lopulla, ja kasvu jatkui tasaisesti, ottaen kuitenkin toisen suuremman harppauksen 1980-

luvun lopulla. Patenttien määrän kasvun alkaessa vaikutus ei näkynyt vielä markkinoilla, mutta uusia tuoteinnovaatioita oli odotettavissa lähitulevaisuudessa. Saksalaiset eivät reagoineet millään tavalla tähän muutokseen, vaikka oli ilmeistä, että heidän täytyisi pyrkiä itsekin vastaamaan kehitykseen, mikäli he haluaisivat säilyttää asemansa markkinoilla. Japanilaiset valmistajat ohittivat lopulta selkeästi saksalaiset CNC-markkinoilla. (Ernst 1997)

3.2 Patenttien vanheneminen

Patentteihin olennaisesti liittyvä asia on niiden voimassaoloaika, mikä tuo ainutlaatuisen lisän niiden avulla ennustamiseen. Patenttien vanhenemista hyödynnetään Changin et al. (2014) esittelemässä suhteellisen suoraviivaisessa menetelmässä, jota he sovelsivat hammasimplanttien kehityksen ennustamiseen. Menetelmässä kerätään soveltuva patenttidata sopivien hakusanojen avulla ja löydettyjä patenteja ryhmitellään mm. viittausten, kehittäjäyritysten ja -maiden sekä hammasimplanttien osa-alueiden, kuten kokonaisdesignin ja komponenttien, mukaan. Eri osa-alueita voidaan eritellä vieläkin tarkemmalle tasolle. Lopulta patentin jaetaan hammasimplanttien osa-alueiden mukaisiin ryhmiin, joiden muodostaminen tapahtuu avainsanojen perusteella valmiita järjestelyalgoritmeja hyödyntämällä. (Chang et al. 2014) Vaikka menetelmässä hyödynnetään periaatteessa rykelmien muodostamista, niin ennusteen perimmäisenä ideana ei ole itse rykelmät, vaan patenttien vanheneminen, minkä takia metodi esitellään omana kokonaisuutenaan.

Rykelmien patenttien laatua arvioidaan yksitellen keskeisten teknologioiden tunnistamiseksi, mikä tapahtuu antamalla erilaisia painoarvoja patenttien ominaisuuksille. Patentin tyyppin painokerroin on 0.2, iän painokerroin on 0.5, määritettyjen käyttörajoitusten määrä painokerroin on 0.15 ja patentoitavuusvaatimusten painokerroin on 0.15. Patenteja pisteytettiin tällä tavalla asteikolla 1–10, ja yli 8 pisteen patentit määriteltiin erinomaisen tasoisiksi. (Chang et al. 2014) Näitä patenteja voidaan pitää eräänlaisina peruspäntteinä, vaikka suoraa yhteyttä luvussa 2.3 esiteltyyn viittaussuureen tarkasteluun ei ole.

Varsinaisen ennusteen lähtökohtana käytetään erinomaisen tasoisiksi määriteltyjä patenteja, joista muodostetaan toiminnallisuus–hyöty -matriisi, jossa patentit jaetaan rykelmien osa-aluejakoa vastaaviin ryhmiin ja hyötysarakkeisiin merkitään erilaisia teknologioiden tuomia hyötyjä, kuten vakaus, käyttömukavuus ja sivuvaikutusten vähentäminen. Taulukkoon täytetään tieto siitä, kuinka monessa osa-alueen patentissa hyöty ilmenee. Ennusteen lopputulos muodostetaan objektiivisesti tarkastelemalla kerättyjä tietoja ja yh-

distelemällä niitä toiminnallisuus–hyöty -matriisiin sekä patenttien elinkaaren tarkaste-
luun. Erinomaisen tasoiset patentit vapautuvat vanhetessaan, jolloin ne vapautuvat
myös muiden kehittäjien käyttöön, minkä uskotaan nostavan uusien patenttien määrää
kyseisellä teknologian osa-alueella ja siten siivittävän teknologian kehityksen taas kas-
vuun. Kehitystyön laajentumisen myötä myös kaupallisten markkinoiden uskotaan kehit-
tyvän tulevaisuudessa. Julkaisussa on lopuksi taulukko patenttikoodeista, jotka vapau-
tuvat lähivuosien aikana ja joiden uskotaan olevan potentiaalisia uusille kehitysaskelleille.
(Chang et al. 2014)

3.3 Rykelmien muodostaminen

Patenteista voidaan muodostaa erilaisten menetelmien avulla rykelmiä, joiden pohjalta
teknologista kehitystä pyritään arvioimaan. Useissa ennustamismenetelmissä muodos-
tetaan jossain vaiheessa rykelmiä ja tähän osioon on valikoitu menetelmiä, joiden en-
nuste perustuu vahvasti niiden muodostamiin rykelmiin.

3.3.1 Bayesilainen patenttiryhmittely

Choi & Jun (2014) julkaisivat Bayesilainen patenttiryhmittely (engl. *Bayesian patent clus-
tering*) -nimisen menetelmän vapaiden, eli nousevassa vaiheessa olevien, teknologioi-
den ennustamiseksi. Menetelmä on todennäköisyyksiin pohjautuva ja sen perusideana
on luoda ennuste jokaiselle data-alkiolle ja kohdistaa ne rykelmiin. (Choi & Jun 2014)

Menetelmän ensimmäinen askel on määrittää teknologianala, jota halutaan tarkastella.
Aihepiirin avainsanojen avulla haetaan relevantteja patenteja ja tuloksista karsitaan pois
aiheeseen liittymättömät patentit. Testidatassa käytettiin patenteja vuosilta 2001– 2009.
Kaikki havaitut patentit (n määrä) asetetaan järjestykseen ja niiden avulla muodostetaan
matriisi, jossa riveinä ovat patentit ja sarakkeina patenttien otsikoissa ja tiivistelmissä
esiintyvät keskeiset sanat. Matriisiin kirjataan kunkin sanan esiintymismäärä ko. rivin pa-
tentissa. Edellä esitelty matriisi on kuitenkin kohtuuttoman suuri ja sitä on syytä kehittää.
Principal Component Analysis (PCA) -menetelmän avulla saadaan luotua patenttien
Principal Component (PC) -pistematriisi, jossa sarakkeet korvataan PC-pisteillä. Matrii-
sin koko on $n \times n$ ja PC-pisteet ovat keskeisten sanojen lineaarikombinaatioita. (Choi &
Jun 2014)

PC-pistematriisin avulla muodostetaan patenteista rykelmiä neljällä eri tavalla: normaali-
ja Laplace-jakaumat Bayesin muuttujan kanssa sekä ilman sitä. Lopullinen rykelmien
määrä määritellään muodostettujen neljän rykelmän moodin, eli aineistossa useimmiten
esiintyvän arvon, avulla. (Choi & Jun 2014)

Seuraavassa vaiheessa lähdetään soveltamaan Bayesin teoremaa, joka on ehdollisen todennäköisyyden matemaattinen sovellus (Stanford University 2003). Tarkoituksena on jakaa kaikki aiheeseen liittyvät patentit edellisessä kohdassa selvitettyä määrää vastaviin rykelmiin Bayesin teoreeman mukaisesti (Choi & Jun 2014).

Muodostetuista rykelmistä täytyy valita rykelmä, johon on selkeästi kertynyt jonkin verran patenteja, mutta se ei kuitenkaan ole suurin tai liian pieni rykelmä. Lopullisen ennusteen muodostamiseksi valitusta nousevasta rykelmästä kerätään useimmin esiintyvät termit, jotka eivät ole luonnollisesti lauseissa esiintyviä täytesanoja. Useimmin esiintyvien termien avulla voidaan ennustaa spesifisti nousevia teknologioita tai muodostaa laajempi teknologianala tai -aloja, jotka pitävät sisällään havaitut termit. (Choi & Jun 2014)

Artikkelissa esitellyssä tapauksessa tutkittiin ihmisrobotteihin liittyviä teknologioita. Muodostetuissa rykelmissä oli 58, 2, 14 ja 1 patenttia, joista valittiin 14 patenttia sisältävä rykelmä. Tämän rykelmän useimmiten esiintyviä termejä oli muun muassa kontrolli, silmämunna, vyötärö, nivel ja liike. Tulosten perusteella nousevaksi teknologia-alaksi muodostui robottien ihmismäiseen olemukseen liittyvä teknologia, eikä tekoäly, jonka tutkimukseen suurin rykelmä oli jo painottunut. (Choi & Jun 2014)

3.3.2 KM-SVC-menetelmä

Jun et al. (2012) julkaisivat osin samankaltaisia metodeja hyödyntävän menetelmän kuin Choi & Jun vuonna 2014. Jun et al. (2012) esittelivät julkaisussaan käytännössä kaksi erillistä ennustamismenetelmää, joista toinen käsitellään luvussa 3.4. Molempien menetelmien avulla tutkittiin teknologiajohtamiseen liittyviä patenteja, ja tarkoituksena oli ennustaa sen vapaita osa-alueita. Toinen esitelty menetelmä on PCA- ja K-medoids clustering based on support vector clustering (KM-SVC) -menetelmä, jonka avulla patentit yhdistetään rykelmiksi. PCA-menetelmällä luodaan PC-pistematriisi kuten Choin & Junin (2011) menetelmässä. KM-SVC-menetelmä on koneoppimiseen pohjautuvan algoritmin sekä tilastotieteen teorian kombinaatio, jossa SVC:n tarkoituksena on määrittää oikea rykelmien määrä ja KM:n tarkoituksena on puolestaan jakaa patentit näihin rykelmiin tarkasteltavalle maantieteelliselle sijainnille, jotka olivat tässä tapauksessa Yhdysvallat, Eurooppa ja Kiina. (Jun et al. 2012)

KM-SVC-menetelmän avulla luoduista maakohtaisista rykelmistä etsittiin 5 keskeisintä sanaa, ja niiden avulla rykelmät jaettiin eri teknologioihin. Mikäli sanat eivät muodosta- neet järkevää kokonaisuutta, ei teknologiarajausta tehty. Myös rykelmien patenttien suhdetta patenttien kokonaismäärään tarkasteltiin vapaiden rykelmien tunnistamiseksi. KM-

SVC-menetelmän lopputuloksena mobiilien viestintäkeinojen johtaminen määritettiin yhdeksi vapaaksi teknologiaksi Yhdysvalloissa ja Euroopassa, vaikka se oli Kiinassa suhteellisen kypsällä tasolla. Toinen määritelty vapaa teknologia löytyi Kiinan rykelmien joukosta, mikä oli puolijohteet. (Jun et al. 2012)

3.4 Matriisikartat

Junin et al. (2012) julkaisussa käytettiin myös matriisikarttoja teknologian ennustamiseksi. Teknologiajohtaminen jaetaan kahteen kategoriaan: teknologian johtamiseen, kuten sen markkinointiin ja T&K-toimintoihin, sekä johdon teknologioihin, kuten teknologian ulkoistamiseen ja teknologiastrategiaan. Näiden kahden kategorian osakokonaisuuksista muodostetaan matriisikartan rivit ja sarakkeet. Lopulta tarkasteltavan teknologianalan patentit jaetaan matriisin ruutuihin aihepiirin mukaan. (Jun et al. 2012) Jaottelua voidaan osin pitää rykelmien muodostamisena, mutta tässä tapauksessa ryhmittelyä ei tehdä sopivan rykelmän löytämiseksi, vaan patenttien ryhmittelemiseksi, minkä takia menetelmä ei mielestäni kuulu rykelmien muodostaminen -menetelmiin.

Matriisikartan tuloksena saadaan tieto siitä, mitkä sen ruuduista ovat vielä vapaita teknologioita eri maissa. Kolme ruutua määriteltiin täysin vapaiksi kaikissa sijainneissa, ja nämä ruudut kuvastivat teknologian ulkoistamisen ja ennustamisen markkinointia sekä tarvetta henkilöstöressurssien T&K-toimintojen parantamiselle. Optimitilanteessa matriisikartan ja KM-SVC-menetelmän tuottamat ennusteet tukevat toisiaan, mutta niin ei kuitenkaan käynyt tällä kertaa, joten on tyydyttävä erillisiin ennusteisiin. (Jun et al. 2012)

3.5 Fisher–Pry-malli

Daim et al. (2006) ennustivat eräällä menetelmällään optisten levyjen kehitystä. Optisia levyjä ovat esimerkiksi CD- ja DVD-levyt, sekä muut optisiin säteisiin perustuvat menetelmät tiedon tallentamiseksi levyihin. Artikkelissa ennustetaan tiedon optisen varastoinnin tulevaisuutta elektronisissa kuluttajatuotteissa, alan nousevia teknologioita sekä arvioidaan substituuttien nousemista markkinoille. (Daim et al. 2006)

Patenttidataa sovelletaan ennusteessa patenttianalyysiin sekä Fisher–Pry-malliin, minkä avulla saadaan ekstrapoloitua teknologian kehitystä patenttien muodossa. Tarkasteltavat laserteknologiat ovat infrapunalaser, punainen laser ja sininen laser, joista ensimmäinen oli jo saavuttanut saturaatiopisteensä. Laserteknologioiden lisäksi käsiteltiin myös ionisuihuun perustuvia teknologioita, joiden uskotaan syrjäyttävän lasersäteet tulevaisuudessa. Saturaatiopiste laserteknologioille määritettiin infrapunalaserin mukaan

ja ionisuihkuteknologian saturaatiopiste arvioitiin optisten diodien patenttidatan perusteella. Fisher–Pry-mallin avulla ennustettiin teknologista kehitystä, jonka mukaan sinisen laserin arvioitiin syrjäyttävän punaisen laserin vuosina 2006–2007 ja ionisuihkuteknologian syrjäyttävän sinisen laserin vuonna 2015. (Daim et al. 2006)

Markkinat seuraavat viiveellä teknologisen kehityksen perässä, joten edellisen vaiheen tuloksiin sovellettiin vielä Lotka–Volterra-menetelmää sekä skenaarioanalyysiä. Lotka–Volterra-menetelmän avulla pyritään arvioimaan kahden teknologian välistä kilpailua markkinoilla ja ennusteessa tämä toteutettiin kolmella eri skenaariolla, jotka ovat optimistinen, neutraali sekä pessimistinen ennuste teknologian kehittymiselle. Menettelyn tuotoksena ennustettiin vuotta, jolloin teknologia saavuttaa tasavertaisen markkinaosuuden vallitsevan teknologian kanssa, optimistisessa ennusteessa se on siniselle laserille 2007 ja ionisuihkulle 2015. Neutraalissa arviossa ennusteet ovat kaksi vuotta myöhemmin, mutta optimistista pidetään kuitenkin todennäköisimpänä. Lotka–Volterra-menetelmä toteutettiin julkisesti saatavalla internetohjelmistolla. (Daim et al. 2006)

3.6 S-käyrä

Daim et al. (2006) tutkivat toisella menetelmällään ruokaturvallisuuden teknologioita, jotka jaettiin pilaantuneen tai jollain tapaa saastuneen ruoan havaitsemiseen sekä ongelmia aiheuttavien tekijöiden, kuten bakteerien, eliminoimiseen. Patenttien avulla tutkittiin rasvahiukkasten testaamista sekä bakteerien eliminoimista elektronisäteillä, joiden molempien havaittiin olevan teknologisen kehityksensä alussa. Yksityiskohtaisemman patenttianalyysin avulla tunnistettiin teknologian kehityksessä vallitsevia trendejä ja sen avulla arvioitiin analysoitavien teknologioiden tutkimukseen kohdistuvaa kiinnostusta. (Daim et al. 2006)

Ennusteessa hyödynnettiin myös S-käyriä siten, että samankaltaisten teknologioiden S-käyriä tarkasteltiin ennustettavan teknologian potentiaalisen markkinaosuuden arviointiin. Lopulta myös ennustettavan teknologian arvioitu S-käyrä muodostettiin aiemmin havaittujen trendien ja samankaltaisten teknologioiden S-käyrien pohjalta (Daim et al. 2006)

Menetelmässä on tarkoitus muodostaa trendianalyysejä systeemidynamiikan mallien avulla, jotka ottavat huomioon erilaisten teknologiaan vaikuttavien ulkoisten tekijöiden vaikutuksen sen diffuusioon. Tällaisia ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi ruoasta lähtöisin olevien sairauksien ja kuolemien määrä sekä kilpailevat teknologiat. Teknologian arvioidun diffuusion pohjalta tehtiin skenaarioanalyysejä, joista valittiin neljä sopivinta sen perusteella, miten hyvin ne vastasivat samoilla parametreillä tehtäviä herkkyyksianalyysejä

potentiaalisesta kasvunopeudesta. Asiantuntijan arvioita olisi myös hyvä soveltaa skenaarioiden valitsemiseen. (Daim et al. 2006)

Lopuksi yhdistettiin aiemmin muodostettu ennustettavan teknologian yleinen S-käyrä, systeemidynamiikan malli sekä valitut skenaariot, jonka tuotoksena saatiin jokaiselle skenaariolle oma S-käyrä. Piirretyt S-käyrät vahvistivat käsitystä todennäköisimmistä skenaariosta. (Daim et al. 2006) Joissain tapauksissa käyrät voivat myös auttaa kyseenalaistamaan aiemmin valittua todennäköisintä skenaariota.

Ennusteen tuotoksena havaittiin, että rasvahiukkasten testaamisen teknologioiden uskotaan saavuttavan saturaatiopisteen noin kymmenen vuoden kuluttua, mikä on viisi vuotta ennen elektronisäteiden avulla eliminoimista (Daim et al. 2006). Vaikka S-käyristä voidaan lukea myös arvioita vuosiluvuista, niin ennusteen olennaisin sisältö on oletettu aikaero eri teknologioiden kehityskäyrien välillä.

3.7 Gompertz-malli

Nagula (2016) tarkastelee polttokennojen kehitystä hybridi- ja sähköautoissa Yhdysvalloissa mm. Gompertz-mallin avulla, joka on teknologian elinkaarta tarkasteleva kuolleisuusmalli. Ennusteen on tarkoitus arvioida teknologian kypsyysastetta. Tutkimuksessa selvitettiin ensin demograafisesti polttokennojen kannalta oleelliset teknologiaryhmät, jonka jälkeen näiden ryhmien patenteja haettiin Yhdysvaltojen patenttitietokannoista. Tutkimuksessa sovellettiin myös kasvukäyrien logistista mallia ja Weibull-mallia, mutta Gompertz-malli oli näistä toimivin ratkaisu. (Nagula 2016)

Gompertz-mallin kannalta olennaista on teknologian kehityksen ylärajan määrittely, mihin käytettiin tässä tutkimuksessa myönnettyjen patenttien frekvenssin kumulatiivista summaa ja International Patent Classificationin (IPC) kahdeksannen luokan patenttiryhmiä sekä aiemmin määriteltyjä polttokennojen teknologiaryhmien summaa. Mallin käyttämiseksi on määriteltävä myös laskentaindeksin perusvuosi, joka määriteltiin valmiin algoritmin avulla. (Nagula 2016)

Gompertz-mallia varten on kerätty kaikki tarpeellinen tieto, jonka jälkeen käyrä voidaan muodostaa. Malli toteutettiin vuoteen 2013 mennessä julkaistuista patenteista, ja käyrän mukaan polttokennojen teknologia oli saavuttanut 22.3–40.5% kypsyiden vuoteen 2013 mennessä, mikä tarkoittaa sen suorituskyvyn olevan arviolta tällä välillä suhteessa maksimiarvoonsa. Arvion laajuus johtuu menetelmässä käytettyjen parametrien vaihteluvälistä. Numeerisen arvion perusteella teknologia on selvästi vielä kasvavassa vaiheessa. Muodostetun mallin mukaan teknologia saavuttaa 90% kypsyiden vasta 2100-luvun vaihteessa. (Nagula 2016)

4. ESITELTYJEN METODIEN ARVIOINTI

Tässä luvussa arvioidaan esiteltyjä ennustamismetodeja sekä niiden yhteydessä esiteltyjä menetelmiä.

4.1 Monitorointi

Roperin et al. (2011, s.74) mukaan monitorointi on erityisen tärkeää nopean yhteiskunnallisen ja teknologisen muutoksen aikana. Mielestäni patenttien monitoroinnilla tähdätään lähtökohtaisesti teknologian toiminnallisen kapasiteetin muutosten arviointiin, mutta sen pohjalta tarkastellaan myös uusien teknologioiden diffuusiopotentiaalia ja kykyä korvata olemassa olevaa teknologiaa markkinoille tunkeutumisen kautta. Toisaalta monitorointi ei varsinaisesti käsittele mitään ennustamisen tarkastelemia ominaisuuksia, koska se ei ole mikään tiettyjen toimintojen sarja ennusteen aikaansaamiseksi, vaan vapaaehtoista tarkastelua.

Monitoroinnissa on kyse mitä suuremmissa määrin olemassa olevan tiedon hallinnasta ja keräämisestä. Kasvava tiedon määrä onkin muodostunut ongelmaksi tietotyön tuottavuuden kannalta, ja liian suuri informaatiomäärä voi aiheuttaa niin sanotun tietotulvan (Laihonen et al. 2013). Jatkuva ja monipuolinen monitorointi vaatii kuitenkin paljon resursseja ja usein vain isoilla yhtiöillä on siihen varaa. Jatkuvaluontoisen monitoroinnin toteuttamiseen on monia tapoja: tiettyjen henkilöiden keskittäminen monitorointityöhön, projektiluontoinen monitorointityö, kahden edellisen yhdistelmä tai monitoroinnin ulkoistaminen konsulteille. (Roper et al. 2011, s.75) Patenttien monitorointi on vain yksi monitoroinnin osa-alue, joten yritysten on tehtävä valintoja monitoroinnin suhteen. Patenttien monitoroinnilla on kuitenkin saavutettavissa selkeitä etuja, joten sen toteuttaminen yksinkin on järkevää, eikä se ajoittain toteutettuna vaadi liika resursseja pienemmiltäkään yrityksiltä.

Ernstin (1997) esittelemä patenttianalyysi on suhteellinen suoraviivainen esimerkki monitoroinnin merkityksestä teknologian kehityksen seuraamisessa, vaikka se ei olekaan varsinainen ennustamismenetelmä. CNC-markkinoiden monitoroinnista olisi ollut merkittävästi hyötyä artikkelin tapauksessa, mutta monitoroinnin tulokset eivät ole välttämättä tänä päivänä yhtä selkeitä, koska markkinat muuttuvat nopeammin. Vastaavan hyödyn saavuttaminen vaatii mielestäni suhteellisen stabiilit markkinat, joten monitoroinnin merkitys vaihtelee toimialoittain. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö monitoroinnilla olisi saavutettavissa ilmeisiä hyötyjä myös nopeasti muuttuvilla markkinoilla. Eräs nopeasti

muuttuvien markkinoiden monitorointia hankaloittava asia on se, että patenttihakemuksen jättämisestä sen julkaisuun kestää 18 kuukautta (Ernst 2003), mikä muodostuu väistämättä liian suureksi joillain toimialoilla.

4.2 Patenttien vanheneminen

Tämän metodin avulla oli tarkoitus ennustaa teknologioita, joiden kehitys lähtee uuteen kasvuun niihin liittyvien patenttien vapautuessa kaikkien käyttöön. Metodi tarkastelee kyseisten teknologioiden toiminnallisen kapasiteetin muutosta, mutta ennuste ei ole kuitenkaan numeerinen, eikä se ota myöskään kantaa siihen, milloin ja kuinka tehokkaasti teknologiat alkaisivat taas nousta. Patenttien vanhenemisajankohta antaa kuitenkin viitteitä siitä, milloin teknologinen kehitys voisi aikaisintaan alkaa. Onhan toki mahdollista, että kilpailijat ovat valmistelleet tuotteitaan jo etukäteen, mutta he saavat kaupallistaa ne vasta patentin vanhetessa.

Changin et al. (2014) esittelemä ennustamismenetelmä tuottaa mielestäni melko naiivin ennusteen siitä, mitkä teknologiat kehittyvät tulevaisuudessa. Erikoista on myös se, että artikkelissa ei lopulta nimetä lainkaan ennustettuja vapautuvia teknologioita, vaan annetaan ainoastaan patenttikodeja. Menetelmä edellyttää teknologianalaa, jossa teknologiat eivät vanhene kovin nopeasti, kuten esimerkiksi tietotekniikassa, vaan patenttien sisältämien teknologioiden tulee olla aidosti relevantteja sekä kehityskelpoisia myös vanhetessaan. Menetelmässä tarkasteltiin myös patenttien välisiä viittausköksiä, jotka ovat erinomainen mittari patenttien merkittävyyden arviointiin, mutta missään vaiheessa ei tarkasteltu viittausten ajankohtaa, vaan ainoastaan niiden määrää. Viittausten historiallinen jakautuminen antaisi varmasti lisää informaatiota ennusteen tueksi. Vanhenemiseen perustuvan analyysi voidaan mielestäni sitoa teknologisen kehityksen arviointiin teknologian elinkaaren kontekstissa.

julkaisussa esiteltyjen hammasimplanttien teknologiat ovat yksi esimerkki menetelmään soveltuvasta teknologianalasta. Kyseenalaistan kuitenkin sen, että patenttien vapautuminen muiden yritysten käyttöön johtaisi yksittäisen teknologian osa-alueen merkittävään kehitykseen muiden valmistajien toimesta, sillä patentin haltijalla on kuitenkin ollut vuosia aikaa jalostaa tuotteitaan patentin pohjalta. Artikkelissa painotettiin uusien näkökulmien merkitystä vapautuvien teknologioiden kehityksessä, mutta pidän todennäköisenä, että kehitys on melko vähäistä suurimmassa osassa vapautuvia teknologioita – tämä ei kuitenkaan poissulje selkeiden parannusten mahdollisuutta. On kuitenkin hie- man erikoista, että ennusteessa annetaan vain liuta teknologioita, jotka saattavat nousta, eikä niistä painoteta juuri mitään enemmän kuin muita. Markkinoille tulee todennäköi-

sesti lisää aiemmin patentoitua teknologiaa hyödyntäviä tuotteita, mutta uskon sen näkyvän kilpailun kovenemisena korvaavan tarjonnan muodossa, enkä niinkään merkittävänä teknologisenä edistykseenä.

4.3 Rykelmien muodostaminen

Rykelmien avulla pystyttiin esimerkkitapauksissa ennustamaan nousevia teknologioita tutkittujen teknologianalojen sisällä. Tätä metodologiaa hyödyntävät ennusteet tarkastelevat erityisesti nousevien teknologioiden toiminnallisen kapasiteetin muutosta, mutta ne eivät ole kuitenkaan numeerisia, eivätkä ne ota myöskään kantaa siihen, milloin ja kuinka tehokkaasti teknologiat nousisivat. Patenttien vanhenemiseen perustuva menetelmä antaa kuitenkin viitteitä siitä, milloin kehitys voisi aikaisintaan alkaa. Nousevien teknologioiden ohella tietoa saadaan tuotettua myös muiden teknologianalaan kuuluvien teknologioiden tilasta.

4.3.1 Bayesilainen patenttiryhmittely

Menetelmässä käytettiin ennusteen muodostamiseksi testidatana vuosien 2001–2009 aikana julkaistuja patenteja ja ennusteen onnistumista arvioitiin vertailudataan vuosilta 2010–2011. Ihmismäiseen olemukseen liittyvien patenttien osuus testidatasta oli 18.7%, kun taas sen osuus vertailudatasta oli 55.2%. (Choi & Jun 2014) Ihmismäiseen olemukseen liittyvissä patenteissa havaittiin merkittävä kasvu ja ennustetta voidaan pitää erittäin onnistuneena.

Ennustamismenetelmässä määriteltiin nousevat teknologiat ainoastaan useimmiten esiintyvien termien avulla, mikä on menetelmän rajoitus (Choi & Jun 2014). Menetelmän käyttö edellyttää sitä, että rykelmissä on yhteensä riittävästi patenteja, jotta on perusteltua tehdä linjauksia niiden pohjalta. Täysin uusien teknologioiden ennustaminen on haasteellista tämän menetelmän avulla, koska tulokset kertovat enemmänkin siitä, mitä suurempaa teknologiaa tukevia pienempiä teknologioita on vielä kehityksensä alkuvaiheissa. Kokonaisuutena menetelmä kuitenkin tukee erinomaisesti tarkoitustaan löytää vapaita teknologioita.

4.3.2 KM-SVC-menetelmä

Julkaisun ennusteet toteutettiin vuoteen 2003 mennessä julkaistujen patenttien avulla ja ennusteiden tuloksia verrattiin vuosien 2007–2010 aikana julkaistuihin teknologiajohtamiseen liittyviin patenteihin. KM-SVC-menetelmän avulla ennustetut teknologianalat

kattoivat 39.2% julkaistuista patenteista. (Jun et al. 2012) Ennusteen voidaan siis sanoa onnistuneen erinomaisesti, ottaen huomioon myös sen, että sen avulla rajattiin ennustetut teknologiat suhteellisen tarkasti. KM-SVC-menetelmän ennuste on sanalliseksi melko yksityiskohtainen ja konkreettinen. Sen tuotos on sellaisenaan melko yksiselitteinen, joten se soveltuu hyvin päätöstenteon tueksi.

Menetelmässä valitaan lopulta vapaat teknologiat subjektiivisesti ja tähän asiaan olisi hyvä kehittää jotain objektiivisempia menetelmiä rationaalisempien ennusteiden luomiseksi. Myös ennusteiden yhdistäminen taloudellisiin sekä sosiaalisiin näkökulmiin tuottaa ongelmia. Kvalitatiivisten metodien, kuten Delfoi-metodin, yhdistämistä ennusteeseen mahdollisuuksien mukaan olisi suotavaa, mikä tukee yleistä käsitystä tarkempien ennusteiden luomisesta. (Jun et al. 2012)

4.4 Matriisikartat

Matriisikarttojen avulla ennustettiin rykelmien muodostamisen tavoin teknologian toiminnallisen kapasiteetin muutosta vapaissa teknologioissa. Matriisikartan avulla ennustetut teknologianalat kattoivat puolestaan 20.6% vuosien 2007–2010 aikana julkaistuista patenteista (Jun et al. 2012), mikä on noin puolet vähemmän samassa julkaisussa esitellyn KM-SVC-menetelmään verrattuna. Matriisikarttojen avulla tehtyä ennustetta ei voida siis pitää erityisen hyvin onnistuneena, vaikka sen avulla kartoitettiin nousevia teknologianaloja huomattavasti laajemmalla rajauksella kuin KM-SVC-menetelmällä. Menetelmät tuottivat kuitenkin selkeästi toisistaan poikkeavia ennusteita, joten on hyvin epätodennäköistä, että molemmat yltäisivät KM-SVC-menetelmän saavuttamaa lukemaa vastaavalle tasolle. Mielestäni matriisikarttojen avulla ennustetut vapaat teknologiat ovat muutenkin hieman erikoisia, joten KM-SVC-menetelmän parempi menestys ei yllätä.

Matriisikartan muodostaminen on kokonaisuutena hieman epäselvä prosessi, eikä tarve henkilöstöressurssien T&K-toimintojen parantamiselle ole kovinkaan konkreettinen ennuste. Sekä matriisikarttojen että KM-SVC-menetelmän hyödyntäminen kokonaiskuvan luonnissa on ehdottomasti viisasta, mutta matriisikartan avulla ennustaminen vaatisi mielestäni tarkemmin rajatun sekä selkeämmän aihepiirin, jotta sen avulla voitaisiin tuottaa järkevämpiä ennusteita. Matriisikarttoja hyödyntävässä menetelmässä vapaat teknologiat valitaan KM-SVC-menetelmän tavoin loppujen lopuksi subjektiivisesti, joten siihen pätevät luvun 4.3.2 viimeisessä kappaleessa esitetyt seikat.

4.5 Fisher–Pry-malli

Fisher–Pry-malli sopii hyvin kuvastamaan yleisintä teknologian diffuusiota, jossa kumulatiivinen myynnin määrä kiihdyttää teknologian myyntivauhtia, koska ihmiset kokeilevat tuotetta ja levittävät tietoisuutta siitä (Roper et al. 2011, s.208), mistä diffuusiossa onkin loppujen lopuksi kyse. Fisher–Pry-mallin tarkoituksena on arvioida teknologian diffuusiota ekstrapoloidun S-käyrän avulla.

Daim et al. (2006) hyödynsivät Fisher–Pry-mallia julkaisussaan, jss he ennustivat sinisen laserin syrjäyttävän punaiseen laseriin perustuvat optiset levyt, eli esimerkiksi DVD-levyt, vuonna 2007. Sinisen laserin merkittävin sovellus on Blu-ray-levyt, joiden myynti ohitti HD DVD -levyjen myynnin tammikuussa 2007, mitä edesauttoi merkittävästi vuoden 2006 lopulla julkaistu Sonyn Playstation 3, mikä tuki Blu-ray-tekniikkaa (Stephanie 2007). Ennusteen voidaan siis sanoa onnistuneen erinomaisesti, mutta huomion arvoista on ennustushorisontin pituus, sillä ennuste luotiin vuoteen 2003 mennessä julkaistuista patenteista (Daim et al. 2006).

Ionisuihkun ennustettiin syrjäyttävän sinisen laserin optisten levyjen tallennustekniikassa vuonna 2015, mutta näin ei käynyt. Suurin yksittäinen optisten levyjen markkina oli elokuvien, TV-sarjojen sekä erilaisten videoiden tallentaminen, mutta markkina kuoli käytännössä täysin suoratoistopalveluiden vallatessa alan. Tämäkin ennuste tehtiin vuoteen 2003 mennessä kerätystä patenttidatasta, jolloin suoratoistopalveluiden nousua ei ollut vielä nähtävissä (Daim et al. 2006).

Ennustusten onnistumisessa korostuu hyvin ennustamismenetelmien epävarmuuden kasvaminen pidemmän tähtäimen ennusteita tehtäessä. Lyhyelle aikavälille pystyttiin tuottamaan hyvinkin tarkka ennuste, koska ympäröivän maailman voitiin olettaa pysyvän hyvin samankaltaisena seuraavat vuodet, kun taas yhdeksän vuoden päähän oli mahdotonta nähdä kovin eksaktisti. Menetelmä tuottaa konkreettisen ennusteen, joka pystytään selkeästi perustelemaan mallin avulla, joten uskoisin, että tämän menetelmän avulla voidaan tuottaa oleellista informaatiota yritysten päätöstentien tueksi.

4.6 S-käyrä

Tutkitut ruokaturvallisuuden teknologiat olivat teknologisen kehityksensä alussa, joten niiden ennustamiseen täytyi soveltaa hyvin erilasta menettelyä optisiin levyin verrattuna. Teknologian elinkaaren vaiheen takia ennusteet eivät olleet niin konkreettisia, ja kymmenen vuoden arvio rasvahiukkasten testaamisen teknologioiden maturiteetista oli hyvin karkea. Menetelmän tuottama ennuste tarkastelee tutkittujen teknologioiden markkinoille tunkeutumista.

Molemmille tutkituille teknologioille tehtiin samanlainen ennuste ja tuloksista havaittiin rasvahiukkasten testaamisen teknologisen kehityksen olevan arvion mukaan huomattavasti nopeampaa. Daim et al. (2006) korostavatkin näiden kahden ennusteen välistä eroa, eivätkä niinkään kehityskäyrien aikajännettä yleisesti.

Ennusteen tuloksena voidaan arvioida sitä, että rasvahiukkasten testaamiseen sijoittaminen olisi ajallisesta näkökulmasta järkevämpää. Molempien teknologioiden uskottiin kuitenkin nousevan kaupallisesti merkittävään arvoon, joten pitkällä aikatahtämällä myös jälkimmäinen on järkevä vaihtoehto ennusteen perusteella. (Daim et al. 2006)

Vaikka ennusteen tuloksena ei anneta niin konkreettisia lukuja kuin esimerkiksi optisten levyjen tapauksessa, niin ennuste kiteyttää mielestäni hyvin pääomasijoitusten kannalta merkityksellisen seikan; kumpi vaihtoehtoista on sen hetkisen tiedon perusteella järkevämpi. Oletuksena on toki, että yrityksen sijoittavat joka tapauksessa toimialan teknologioiden kehitykseen. Teknologioiden todellista rahallista arvoa on vaikea arvioida tässä vaiheessa, mutta toisen arvioidaan kuitenkin kaupallistuvan huomattavasti nopeammin.

Daim et al. (2006) esittelivät artikkelissaan myös kolmannen ennustamismenetelmän, jossa ei hyödynnetty lainkaan patenttidataa polttokennojen kehityksen ennustamiseksi Yhdysvaltojen autoteollisuudessa, vaan siinä hyödynnettiin muita tietolähteitä. Kyseinen menetelmä perustui systeemidynamiikan malleihin, joita hyödynnettiin myös S-käyrien muodostamiseen perustuvassa menetelmässä. Menetelmän tuloksena ei saatu mitään erityisen konkreettista tai numeerista ennustetta, vaan ennemminkin havaintoja teknologian kehittymistä edistäviin ja rajoittaviin tekijöihin. Daim et al. (2006) kykenivät siis artikkelin menetelmissä luomaan huomattavasti oleellisempia ennusteita patenttien avulla.

4.7 Gompertz-malli

Gompertz-malli sopii parhaiten kuvaamaan tilanteita, joissa teknologian hyödyt on tunnistettu aikaisessa vaiheessa ja sen kasvu on ollut aluksi tasaista, mutta sitten on kuitenkin seurannut vaihe, jossa markkinat jäävät odottamaan, että vanha teknologia kuluu loppuun ennen kuin hankkivat uudemman (Roper et al. 2011, s.208). Nagulan (2016) ennuste tarjoaa esimerkin Gompertz-mallin toiminnasta, sekä siitä mikä vaikutus parametrien muutoksella on tulokseen. Kypsyysasteen vaihteluväli oli 22.3–40.5%, mikä on suhteellisen suuri. Mutta toisaalta puhutaan matemaattisesta mallista, jolloin on järkevää ottaa huomioon mahdolliset muuttujien vaihteluvälit jo mallinnusvaiheessa. Kypsyysvaiheen vaihteluväli edustaa kuitenkin sen ala- ja ylärajaa, joten voidaan olettaa todennäköisimmän arvon olevan kutakuinkin näiden kahden arvon puolivälistä. Menetelmällä tarkastellaan teknologian diffuusiota ja toiminnallisen kapasiteetin muutosta. Ja se toimii

Fisher–Pry-mallin tavoin hyvänä numeerisen tiedon tuottajana. Molempien yhtäaikainen tarkasteleminen olisikin varmaan järkevää ennusteita tuottaessa.

Gompertz-mallin avulla voidaan tarkastella myös muuta kuin teknologian sen hetkistä tilaa, kuten arvioida kypsyysastetta tietyssä vuonna. Tässä tapauksessa malli jakautui kuitenkin niin pitkälle aikavälille, että se ei välttämättä ole järkevää. Nagula (2016) mainitsee, että hallituksen polttokennoihin liittyvän politiikan muutos tai uusi teknologinen läpilyönti lyhentäisivät merkittävästi kypsyysasteen kuluva ajanjaksoa.

Nagulan (2016) mukaan menetelmää saataisiin parannettua tehostamalla teknologian kannalta olennaisten alaryhmien tunnistamista. Tarkemmin rajatut ryhmät johtaisivat tarkempiin parametreihin. Myös ylärajan määrittäminen on mallin muodon kannalta kriittistä, joten sen arviointiin voisi käyttää vaikkapa asiantuntijoiden arviota (Nagula 2016).

4.8 Yhteenveto

Yhteenveto esitellyistä menetelmistä ja niiden tyypeistä on esitetty taulukossa 3.

Ennustamis- menetelmä	Patentti- dataa sovel- tava metodi	Tukevat menetit ja työkalut	Ennusteen tyyppi
Monitorointi	Monitorointi	–	Sanallinen – teknologian toiminnallinen kapasiteetti, korvaajat, diffuusiopotentiaali, markkinaosuus
Patenttien vanhenemi- nen	Rykelmien muodostaminen	viittauskytkösten tarkastelu	Sanallinen – teknologian toiminnallinen kapasiteetti
Bayesilainen patenttiryh- mittely	Rykelmien muodostaminen	PCA-menetelmä, Bayesin teoreema, normaali- ja Laplacejakauma	Sanallinen – teknologian toiminnallinen kapasiteetti
KM-SVC-me- netelmä	Rykelmien muodostaminen	PCA-menetelmä, KM-SVC-menetelmä	Sanallinen – teknologian toiminnallinen kapasiteetti
Matriisikartat	Matriisikartat	rykelmien muodostaminen	Sanallinen – teknologian toiminnallinen kapasiteetti
Fisher–Pry- malli	Substituutiomalli: Fisher–Pry	Lotka–Volterra-menetelmä, skenaariot	Numeerinen – teknologian korvaaminen, diffuusio ja läpimurtojen ajoitus
S-käyrä	Yleinen kasvukäyrä	trendianalyysi, systeemidynamiikan mallit, skenaariot	Numeerinen – markkinoille tunkeutuminen
Gompertz- malli	Kuolleisuusmalli: Gompertz	algoritmi indeksin perusvuoden määrittämiseksi	Numeerinen – diffuusio ja teknologian toiminnallinen kapasiteetti

Taulukko 3: Yhteenveto esitellyistä menetelmistä

5. PÄÄTELMÄT

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena oli luoda kokonaiskuva patenttien hyödyntämisestä teknologian ennustamisessa tutkimalla patentteihin pohjautuvia ennustamismenetelmiä ja arvioimalla niitä sekä niiden tuottamia ennusteita. Työn tavoitteena oli selvittää, mikä patenttien merkitys on ennustamisen kannalta, miten niitä voidaan hyödyntää teknologian ennustamisessa sekä arvioida patentteihin pohjautuvien menetelmien tuottamia ennusteita. Työ tarjoaakin monipuolisia näkemyksiä potentiaalisista patenttidatan hyödyntämiskohteista teknologisen muutoksen ennakkointiin, jonka avulla kyetään tuottamaan relevanttia informaatiota päätöstentien tueksi.

Teknologian ennustamiseen, kuten kaikkeen muuhunkin ennustamiseen, liittyy hyvin vahvasti ekstrapolointi, vaikka monipuoliseen ennustamiseen liittyy paljon muutakin (Roper et al. 2011, s.10). Oikeastaan kaikki kasvukäyriä soveltavat menetelmät ovat erinomaisia työkaluja ekstrapoloinnin toteuttamiseen sanan varsinaisessa matemaattisessa merkityksessä. Patenttidata tarjoaa kokonaisuudessaan loistavan lähtökohdan ennustamiselle ja sitä voidaan käsitellä sekä analysoida hyvin vaihtelevin tavoin, kuten tässä työssä esiteltyjen rykelmien muodostamismenetelmien tai Fisher–Pry-kasvukäyrien avulla. Esitellyissä menetelmissä, sekä monissa muissakin tämän työn ulkopuolelle jäävissä menetelmissä, patenttidata toimi juuri teknologian jatkuvuuden arvioimisen lähtökohdana, ja siten sen rooli eräänä teknologisen ennustamisen kulmakivenä on ilmeinen.

Daim et al. (2006) esittelivät artikkelissaan myös kolmannen ennustamismenetelmän, jossa ei hyödynnetty patenttidataa. Kyseinen ennuste ei ollut kovin konkreettinen ja se piti sisällään enimmäkseen havaintoja kehitykseen vaikuttavista tekijöistä. Tämä voi implikoida käytettyjen datanlähteiden olevan heikkohkoja tai ko. teknologian ennustamisen olevan haasteellista, mutta kaksi muuta julkaisussa esiteltyä, patenttidatalla toteutettua, ennustetta olivat kuitenkin huomattavasti konkreettisempia, mikä vahvistaa patenttidatan olennaisuutta ennustamisen kannalta. Vaikka patenttidata tarjoaakin runsaasti mahdollisuuksia, on myös tärkeää tiedostaa sen heikkoudet (Basberg 1987). Patenttien taloudellinen arvo vaihtelee suuresti, mikä vähentää patenttidatan pelkän määrällisen tarkastelun hyödyllisyyttä. Pelkästään kvantitatiiviseen analyysiin perustuvat ennusteet voivat pahimmassa tapauksessa johtaa virheellisiin strategisiin päätöksiin. (Ernst 2003) Kvalitatiivisen tarkastelun merkitystä osana patentteihin pohjautuvia menetelmiä ei siis voi liikaa korostaa, ja sitä tulisi pyrkiä lisäämään myös tässä työssä esiteltyissä menetelmissä.

Työssä esiteltyjen ennustamismenetelmien pohjalta voidaan todeta, että useat taulukossa 1 esiteltyt ennustamismetodit pääsevät oikeuksiinsa vasta sen jälkeen, kun ennustettavaan teknologiaan on sovellettu ensin jotain systemaattista, ja usein myös matemaattista, metodologiaa datan käsittelemiseksi. Esimerkiksi ulkoisten tekijöiden vaikutusta päästiin hyödyntämään järkevästi skenaarioiden avulla Daimin et al. (2006) ruokaturvallisuuden teknologioiden ennustamisessa vasta sen jälkeen, kun tutkituille teknologioille oli muodostettu S-käyrät patenttidadan ja muiden samankaltaisten teknologioiden pohjalta. Toinen esimerkki voisi olla Delfoi-metodin, eli käytännössä useiden asiantuntijoiden konsultoinnin, soveltaminen systeemidynamiikan mallien osana, jolloin asiantuntijoiden näkemykset täydentäisivät sekä vahvistaisivat toinen toistaan teknologian toimintaympäristön huomioimisessa. Myös tutkittujen menetelmien kohdalta voidaan nähdä selkeästi se, miten ne täydentävät toisiaan – osa on luotu kasvavien teknologioiden tunnistamiseen ja osa puolestaan niiden kehityksen konkreettiseen arviointiin. Kuten ennustamismetodien yhdisteleminenkin, niin myös ennustamismenetelmien yhdisteleminen on varmasti toisinaan tarpeellista.

Tutkituissa menetelmissä yllätti se, että useimmat menetelmät eivät tuottaneet konkreettisia numeerisia ennusteita. Sanallisille ennusteille, esimerkiksi nousevista teknologioista, on oma paikkansa, mutta numeeriset ennusteet ovat mielestäni huomattavasti potentiaalisempia päätöstentekon kannalta. Esimerkiksi Fisher–Pry-mallin avulla tuotetut ennusteet kuvastavat mielestäni hyvin sitä, mistä ennustamisessa on parhaimmillaan kyse. Lähtökohdana on selkeästi määrätty data, josta muodostetaan malliin tarvittavat parametrit, jonka jälkeen mallia sovelletaan perusteltujen ennusteiden tuottamiseksi. Esiteltyissä menetelmissä on havaittavissa selkeä trendi sen suhteen, millaisia ennusteita milläkin malleilla saadaan aikaan. Esiteltyjen kasvukäyrien variaatioiden avulla kyettiin tuottamaan numeerisia ennusteita, kun taas muut menetelmät keskittyivät sanalliseen ennustamiseen. Kasvukäyrät perustuvat matemaattisiin malleihin, joten konkreettisten ja numeeristen ennusteiden voidaan todeta tämän työn kontekstissa pohjautuvan matemaattisten yhtälöiden soveltamiseen.

Ennusteen hyvyyden määrittely on haasteellista, mutta lopulta se tiivistyy siihen, jotta se oikeisiin päätöksiin liiketoiminnan kannalta (Roper et al. 2011, s.20). Tätä näkökulmaa ei kuitenkaan päästy oikeastaan tutkimaan, sillä yritysten patenttien hyödyntämisestä sekä niiden tuottamien ennusteiden käytöstä todellisissa päätöstentekotilanteissa ei ole juurikaan julkisesti saatavilla olevaa tietoa. Esiteltyjen menetelmien onnistumisen numeeriseen arviointiin käytettiin pääasiassa julkaisuissa esiteltyjä lukemia, mutta kaikissa tapauksissa tämä ei ollut valitettavasti mahdollista. Esimerkiksi Changin et al. (2014) esittelemän patenttien vanhenemista hyödyntävä menetelmän tuloksena

annettiin vain patenttikodeja, joiden sisältämän teknologian uskottiin kasvavan. Työn kannalta olisi ollut kohtuuttoman suuri työ muodostaa statistiikkaa kyseisen ennusteen onnistumisesta, sillä se olisi vaatinut erittäin perinpohjaista patenttitietokantojen analysointia. Joissain ennusteissa käytettiin testi- ja vertailudataa eri ajanjaksoilta ennustamismenetelmän onnistumisen arvioinnissa. Testi- ja vertailudatat sekä varsinainen teknologianala olivat kuitenkin menetelmän kehittäjien itse valitsema, mikä on eräs tutkimusaukoista.

Toinen, ja kenties merkittävin tutkimusaukko, on se, että käsiteltyjen menetelmien määrä on varsin rajattu johtuen työn laajuudesta. Kattavampi menetelmien otanta tarjoaisi todennäköisesti lisää näkökulmia patenttien soveltamisesta sekä ennustamisesta yleisesti. Valitettavasti jo nykyinen ennustusmenetelmien määrä pakotti esittelemään ne hyvin tiivistetyssä muodossa, mikä asetti omat haasteensa pitkien ja monivaiheisten menetelmien tiivistämiseen. Ennustusmenetelmien runsaslukuisesta joukosta olisi varmasti löytynyt lisää olennaisia menetelmiä, mutta on erittäin vaikea arvioida, olisiko joku toinen menetelmä ollut työn kannalta oleellisempi kuin jokin esitellyistä. Tutkimusaukoista huolimatta pidän työtä varsin onnistuneena, sillä se vastaa tarkoitustaan sekä asetettuja tavoitteita.

Aiheen jatkotutkimuksen kannalta voisi perehtyä yksityiskohtaisemmin kaikkien ennustettujen teknologioiden kehitykseen sekä nykytilaan ja menetelmiä kannattaisi soveltaa myös muihin teknologianaloihin ja vertailla niiden paikkansapitävyyttä kattavampien tulosten saamiseksi. Toinen potentiaalinen jatkotutkimuksen aihe voisi olla muihin tietolähteisiin perustuvien ennustamismenetelmien tutkiminen, mikä lisäisi vertailupohjaa patenttien olennaisuuden arviointiin.

LÄHTEET

Basberg, B. (1987). Patents and the measurement of technological change: a survey of the literature. *Research Policy*, Vol. 16(2–4), pp.131–141.

Campbell, R. S. (1983). Patent trends as a technological forecasting tool. *World Patent Information*, Vol. 5(3), pp.137–143.

Chang, S-B., Lai, K-K. & Chang, S-M. (2009). Exploring technology diffusion and classification of business methods: Using the patent citation network. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 76(1), pp.107–117.

Chang, S.W.C., Trappey, C.V., Trappey, A.J.C., Wu, S.C-Y. (2014). Forecasting Dental Implant Technologies Using Patent Analysis. *PICMET '14: Infrastructure and Service Integration*. Kanazawa, Japan: IEEE. pp.1483–1491. ISBN: 978-1-890843-29-8

Choi, S., Jun, S. (2014). Vacant technology forecasting using new Bayesian patent clustering. *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 26(3), pp.241–251.

Daim, T.U., Rueda, G., Martin, H & Gredsri, P. (2006). Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 73(8), pp.981–1012.

Eliazar, I., Shlesinger, M.F. (2018). Universality of accelerating change. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 494, pp.430–445.

Ernst, H. (1997). The use of patent data for technological forecasting: The diffusion of CNC-technology in the machine tool industry. *Small Business Economics*, Vol. 9(4), pp.361–381.

Ernst, H. (2003). Patent information for strategic technology management. *World Patent Information*, Vol. 25, pp.233–242.

Ernst, H., Leptien, C., Vitt, J. (2000). Inventors Are Not Alike: The Distribution of Patenting Output Among Industrial R&D Personnel. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 47(2), pp.187–199.

Ernst, H., Vitt, J. (2002). The influence of corporate acquisitions on the behaviour of key inventors. *R&D Management*, Vol. 30(2), pp.105–120.

Jun, S., Park, S.S. & Jang, D.S. (2012). Technology forecasting using matrix map and patent clustering. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 112(5-6), pp.786–807.

Kostoff, R.N. (1997). *The Handbook of Research Impact Assessment. 7th ed. Summer 1997*. Arlington County, Virginia, USA: Office of Naval Research. 536 pp. ISBN 978-1423572732

Kyebambe, M.N., Cheng, G., Huang, Y., He, C. & Zhang, Z. (2017). Forecasting emerging technologies: A supervised learning approach through patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 125, pp.236–244.

Laihonen, H., Hannula, M., Helander, N., Ilvonen, I., Jussila, J., Kukko, M., Kärkkäinen, H., Lönnqvist, A., Myllärniemi, J., Pekkola, S., Virtanen, P., Vuori, V. & Yliniemi, T. (2013). *Tietojohtaminen*. Tampere, Suomi: Tampereen teknillinen yliopisto - Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos. 84pp. ISBN 978-952-15-3057-9.

Liu, S. J. & Shyu, J. (1997). Strategic planning for technology development with patent analysis. *International Journal of Technology Management*, Vol. 13(5/6), pp.661–680.

Mogee, M. E. (1991). Using Patent Data for Technology Analysis and Planning. *Research-Technology Management*, Vol. 34(4), pp.43–49.

Naetebusch, R., Schoeppel, H.-R., & Fichtner, H. (1994). Patent information in a large electrical company, exemplified by the situation at Siemens. *World Patent Information*, Vol. 16(4), pp.198–206.

Nagula, M. (2016). Forecasting of Fuel cell technology in hybrid and electric vehicles using Gompertz growth curve. *Journal of Statistics and Management Systems*, Vol. 19(1), pp.73–88.

Roper, A.T., Cunningham, S.W., Porter, A.L., Mason, T.W., Rossini, F.A., Banks, J. (2011). *Forecasting and Management of Technology, 2nd Ed.* Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc. 336 pp. ISBN 978-0-470-44090-2.

Rogers, E.M. (1995). *Diffusion of Innovations. 4th ed.* New York, New York, USA: The Free Press. 518 pp. ISBN 0-02-874074-2.

Stanford University (2003). Bayes' Theorem. Stanford encyclopedia of Philosophy Archive, Spring 2019 Edition. URL: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2019/entries/bayes-theorem/> (luettu 19.3.2020)

Stephanie, P. (2007). Blu-ray Tips Scales. *Home Media Magazine*. URL: https://web.archive.org/web/20071114230056/http://www.homemediamagazine.com/news/html/breaking_article.cfm?article_id=10323 (luettu 5.4.2020)

Wissema, J.G. (1982). Trends in technology forecasting. *R&D Management*, Vol. 12(1), pp.27–36.

World Intellectual Property Organization (WIPO) (2004). *WIPO Intellectual Property Handbook: Policy, Law and Use*. Geneve, Switzerland: WIPO. 488 pp. ISBN 978-92-805-1291-5.

Yoon, J. & Kim, K. (2012). An analysis of property–function based patent networks for strategic R&D planning in fast-moving industries: The case of silicon-based thin film solar cells. *Expert Systems with Applications*, Vol. 39(9), pp.7709–7717.