



Aalto-yliopisto

Mat-2.4177 Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari

Dynaaminen allokaatio ja riskibudjetointi sijoitusstrategioissa

Projektisuunnitelma

20.2.2013

Vesa Husgafvel (projektipäällikkö)

Tomi Jussila

Ville Pohjalainen

Terhi Savelainen

1 Työn tavoitteet

Tämä projektisuunnitelma liittyy Aalto-yliopiston kevään 2013 seminaarikurssiin ”Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari”. Suunnitelma on pohjana projektityölle, joka tehdään yhteistyössä Evli pankin kanssa aiheesta ”Dynaaminen allokaatio ja riskibudjetointi sijoitusstrategioissa”. Projektityön tavoitteena on tutustua eri salkunhoitostrategioihin ja vertailemalla näitä selvittää, millä tavalla Evlin kannattaa hoitaa sijoitussalkkujaan. Työssä käytettävien kolmen salkunhoitostrategian (constant-mix, buy-and-hold ja CPPI) periaatteet esitellään lyhyesti raportin luvussa 3.1.

Työn toisena tavoitteena on perehtyä erilaisiin riskibudjetointimenetelmiin ja soveltaa näistä varteenotettavimpia sijoitustoiminnan riskienhallinnassa. Riskibudjetointi on sijoitusten sisältävien riskien tarkastelua ja optimointia: milloin riskin ottaminen on kannattavaa ja miten sitä voidaan pienentää. Riskibudjetointi nojautuu aina johonkin riskimittariin: tässä työssä käytettäviä mittareita ovat volatilitteetti, Value-at-Risk (VaR) ja Conditional Value-at-Risk (CVaR). Nämä riskimittarit esitellään lyhyesti luvussa 3.2.

Edellä esitetyt tavoitteet yhdistämällä yritetään löytää Evlille mahdollisimman hyvä, riskit huomioiva strategia sijoitussalkkujen hoitamiseen.

2 Lähtökohdat

Tässä projektityössä tarkasteltavat sijoituskohteet jaetaan kolmeen eri pääluokkaan, jotka ovat rahamarkkinainstrumentit, joukkovelkakirjalainat ja osakkeet.

Rahamarkkinat ovat riskittömin sijoituskohte, ja sen arvon kehitystä tässä työssä kuvaa 3 kuukauden Euriborin tuottoindeksi. Riskittömyydestä johtuen tuotto-odotus tässä sijoitusvaihtoehdossa on pieni.

Joukkovelkakirja on jonkin lainasumman vakuudeksi annettu velkakirja, jossa lainan korko on etukäteen sovittu. Joukkovelkakirjan sijoittaessa riskit ovat yleensä pienemmät kuin monissa muissa sijoitustuotteissa, vaikkakin liikkeeseenlaskijalla on merkittävä vaikutus asiaan. Kyseisen seikan vuoksi joukkovelkakirjat jaetaan tässä projektityössä vielä neljään pienempään luokkaan, jotka ovat valtionlainat, suurten yritysten lainat, kehittyvien maiden joukkovelkakirjalainat sekä korkean tuoton High Yield -yrityslainat. Yleensä valtioiden ja suurten yritysten voi odottaa pystyvän maksamaan lainansa, joten näiden sijoituskohteiden riski on keskimäärin pieni ja siten myös tuotto-odotus. Kehittyvien maiden joukkovelkakirjat eivät kuitenkaan ole yhtä vähäriskisiä, mikä heijastuu

korkeammissa tuotto-odotuksissa. Myös matalan luottoluokituksen omaavien yritysten lainoilla, eli High Yield –yrityslainoilla, on korkea tuotto-odotus.

Osakemarkkinat ovat sijoitusluokista riskipitoisin ja samalla korkeatuottoisin. Maantieteellinen sijainti vaikuttaa osakkeiden arvoihin, minkä vuoksi työssä tarkastellaan erikseen Suomen, Euroopan, Yhdysvaltojen ja kehittyvien maiden osakemarkkinoiden kehitystä. Näistä jokaista kuvataan jollakin tunnetulla pörssi-indeksillä.

2.1 Aineisto

Tässä projektityössä käytettävä aineisto koostuu edellä mainittujen yhdeksän varallisuusluokan arvon kehitystä kuvaavien indeksien aikasarjoista aikaväliltä 29.12.2000 – 31.12.2012. Aikasarjojen havainnot ovat indeksien arvot jokaisen pankkipäivän päättyessä, joten yhtä vuotta kohden havaintoarvoja on noin 252. Aikasarjoista koostuvaa aineistoa hyödynnetään työssä mahdollisimman hyvän salkunhoitostrategian löytämiseksi.

3 Käytettävät menetelmät

3.1 Sijoitusstrategioiden valinta

Evli pankki on työn asettajana halunnut, että projektissa testataan kahta erityyppistä sijoitusstrategiaa (buy-and-hold-strategia ja constant-mix-strategia) realistisilla portfoliolla. Buy-and-hold-strategiassa portfolion sisältävien eri sijoitusluokkien painokertoimien annetaan vapaasti heilahdella sijoitusluokkien markkina-arvojen mukaan. Constant-mix-strategiassa sen sijaan tehdään tietyn aikavälein toimenpiteitä, joilla palautetaan portfolion sijoitusluokkien alkuperäiset painokertoimet. Kyseistä toimenpidettä kutsutaan rebalansoinniksi. Buy-and-hold- sekä constant-mix-strategioiden lisäksi tässä työssä tullaan tarkastelemaan niin sanottua CPPI-menetelmää (Constant Proportion Portfolio Insurance), jolla pyritään turvaamaan osittain portfolioon sijoitettu pääoma sekä saamaan samalla sijoituksille kilpailukykyinen tuotto. CPPI saattaa monesti olla sijoittajan kannalta houkutteleva vaihtoehto, minkä takia kyseinen menetelmä esitellään myös tässä projektityössä. Constant-mix ja CPPI-strategioissa portfolion tuottoon pyritään siis vaikuttamaan määrääjain tehtävillä sijoitustoimilla, eli menetelmät perustuvat varojen dynaamiseen allokaatioon.

Kaikkia edellä esiteltyä kolmea menetelmää käsitellään lyhyesti Peroldin ja Sharpen artikkelissa *Dynamic Strategies for Asset Allocation* (Perold et al. 1988). Työn laajuuden salliessa tarkastellaan mahdollisesti vielä jotakin muuta sijoitusstrategiaa.

3.2 Riskimittojen valinta

Portfolion sijoitusten arvon turvaamiseksi tarvitaan jonkinlaisia mittareita, joiden avulla arvioidaan portfolion sisältämien omaisuusluokkien negatiivisen hinnan kehityksen todennäköisyyttä. Esimerkkejä tällaisista riskimitoista ovat volatilitteetti ja Value-at-Risk (VaR). Sekä volatilitteetti että Value-at-Risk ovat laajalti käytettyjä riskimittareita, joita on myös käsitelty paljon tieteellisissä julkaisuissa. Näin ollen kyseiset mittarit ovat luonteva valinta myös tämän projektityön riskimitoiksi. Volatilitteetti on riskimittari, joka ilmoittaa tuoton keskihajonnan määrätyn pituisella aikahorisontilla. Yleensä volatilitteetti ilmoitetaan vuositasolla, jolloin puhutaan annualisoidusta volatilitteetista. Value-at-risk kertoo puolestaan portfolion, minkä tason alle portfolion arvo alenee tietyn ajan kuluessa määrätyllä luottamustasolla α . Value-at-Risk-mittari ei kuitenkaan huomioi tappioita, jotka syntyvät, kun luottamustaso ylitetään. Tätä varten projektissa tarkastellaan myös Conditional Value-at-Risk (CVaR) nimistä mittaria, joka määrää odotetun tappion luottamustason ylittyessä. CVaR mittaa siis keskimääräistä tappiota pahimmissa skenaarioissa, jotka saavutetaan luottamustasolla $1 - \alpha$. Työn laajuuden salliessa tarkastellaan mahdollisesti vielä jotakin muuta riskimittaa.

Koska tarkasteltavien aikasarjojen tarkkaa jakaumaa ei tunneta, joudutaan riskimittareilla määrittämään estimaatit työssä käytettävän historiallisen datan perusteella. Eri riskimittarit vaativat eri aikajänteiden tarkastelua: esimerkiksi volatilitteetille saadaan kelvollinen arvio kuukauden pituisella aikavälillä, kun taas VaR-mittari vaatii vähintään vuoden pituisen aikajänteen tutkimista.

VaR ja CVaR riskimittoja käsitellään kattavasti muun muassa *Annals of Operations Researchin* artikkeleissa *Conditional value at risk and related linear programming models for portfolio optimization* (Mansini et al. 2007) ja *Optimal selection of a portfolio of options under Value-at-Risk constraints: a scenario approach* (Crama et al. 2010).

4 Työsuunnitelma

4.1 Kirjallisuuskatsaus (21.1. - 17.3.)

Kirjallisuuskatsaus muodostaa tässä työssä keskeisen osan, sillä sen perusteella tutustutaan käytettäviin menetelmiin sekä identifioidaan ja estimoidaan projektissa tehtävät mallit. Katsaus antaa myös hyvän kuvan siitä, minkälaisia menetelmiä ja lähestymistapoja sijoitusportfolion optimoinnissa on yleisesti

käytetty. Lähdemateriaalina käytetään tieteellisiä julkaisuja ja artikkeleita sekä systeemanalyysin laboratorion aineistoja.

Aikataulu ja työnjako: Kirjallisuuskatsaus aloitettiin kurssin alkaessa ja se tulee jatkumaan maaliskuun puoleenväliin, 17.3. saakka. Työnjaon osalta on tarkoitus, että kukin ryhmän neljästä jäsenestä tutustuu useampaan artikkeliin, minkä seurauksena saadaan vahva näkemys siitä, minkä tyyppinen rakennettavan mallin tulee olla.

4.2 Mallin parametrien valinta (11.3. – 24.3.)

Käytettävien menetelmien parametrien määrittäminen toteutetaan yhdessä Evli pankin yhteyshenkilön kanssa tukeutuen samalla lähdemateriaaleihin. Tarvittaessa neuvoa kysytään professori Ahti Salolta. Parametrien valinta on tärkeä osa projektia, sillä sen perusteella määräytyvät esimerkiksi käytettävät riskitasot, jotka puolestaan vaikuttavat portfolion tuotto-odotuksiin.

Aikataulu ja työnjako: Parametrien määrittäminen aloitetaan, kun kirjallisuuteen on tutustuttu kunnolla eli arviolta maaliskuun 11. päivän tienoilla ja sitä jatketaan 24.3. saakka. Säännöllisillä kokoontumisilla (1-2 kertaa viikossa) pidetään huoli työnjaosta ja siitä, että aikataulussa pysytään.

4.3 Mallin rakennus ja testaus (25.3. – 14.4.)

Kun käytettävien menetelmien parametrit on valittu, päästään mallin rakennukseen, joka toteutetaan MATLAB-ohjelmistolla ja Excelillä. Muodostettua mallia/malleja testataan tämän jälkeen havaintoaineistoon, jolloin saadaan käsitys mallin toimivuudesta. Samalla selvitetään parametrien vaikutusta saatuihin tuloksiin.

Aikataulu ja työnjako: Jos esivalmistelut on tehty kunnolla, niin mallin rakentaminen ei itsessään vie kauan aikaa ja se voitaneen toteuttaa 25.3. – 31.3. välisenä aikana olettaen että pääsiäisloma ei aiheuta aikatauluongelmia. Mallin testaukseen sen sijaan varataan enemmän aikaa: testiajot ja tarvittavat parametrimuutokset suoritetaan pääasiassa 1.4. ja 14.4. välillä. Tarkoituksena on, että väliraporttiin 5.4. mennessä mallia olisi keretty testata ainakin vähän. Työnjaon osalta mallin rakennus -vaiheessa kartoitetaan ryhmän henkilöiden ohjelmointitaidot, jolloin osaavimmat voivat keskittyä mallin ohjelmointiin ja muut taas sen testaukseen.

4.4 Tulosten analysointi (1.4. – 8.5.)

Tulosten analysointi paljastaa, miten valitut menetelmät toimivat sijoitusportfolion optimoinnissa ja kertoo samalla projektin onnistuneisuudesta. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että projekti olisi epäonnistunut vaikka käytetyillä strategioilla ei saataisikaan hyviä tuloksia.

Aikataulu ja työnjako: Tulosten tarkasteluun ja pohdintaan on hyvä varata aikaa, jotta loppuraportista saadaan mahdollisimman selkeä, ehyt ja kattava kokonaisuus. Raportin kirjoittamiseen täytyy myös varata riittävästi aikaa, etteivät saadut tulokset valu hukkaan ajanpuutteen vuoksi. Analysointi ja raportin kirjoitus toteutetaan 1.4. – 8.5. välillä. Työnjakoa tarkastellaan ajankohtaa lähempänä.

Taulukko 1 havainnollistaa työsuunnitelman aikataulua viikkotasolla.

Taulukko 1: Viikkonäkymä työsuunnitelman aikataulusta.

Viikko	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Kirjallisuuskatsaus	■	■	■	■	■	■	■	■								
Mallin parametrien valinta								■	■							
Mallin rakennus ja testaus										■	■	■				
Tulosten analysointi											■	■	■	■	■	■

5 Projektin riskit

Projektin riskejä arvioitaessa otetaan huomioon riskin toteutumisen todennäköisyys, vaikutus projektiin ja ennalta ehkäisevät toimenpiteet. Tässäkin projektissa on syytä varautua tavanomaisiin riskitekijöihin, kuten poissaoloihin, resurssien riittämättömyyteen, projektin ylityötilaan ja väärinkäsityksiin projektinasettajan kanssa. Lisäksi erityisinä riskitekijöinä tarkastellaan valittujen sijoitusstrategioiden ja riskimittojen mielekkyyttä.

Taulukko 2: Projektin riskitekijät ja niihin varautuminen.

Riski	Todennäköisyys	Vaikutus	Toimenpiteet
Projektin ylirajoittaminen	Matala	Projekti viivästyy ja kertyy turhaa työtaakkaa.	Huolellinen suunnittelu ja rajaus.
Väärinkäsitykset toimeksiantajan kanssa	Matala	Lopputulokset ei vastaa projektinasettajan toiveita eikä tarpeita.	Jatkuvat kommunikaatiot työnasettajan kanssa projektin edetessä.
Resurssien riittämättömyys	Matala	Työn määrää kasvaa arvioitua suuremmaksi.	Varataan ylimääräistä aikaa vaiheille, jotka ovat työläitä.
Ryhmän jäsenten sairastumiset ja muut poissaolot	Korkea	Työtahti hidastuu.	Turhilta poissaoloilta vältytään säilyttämällä hyvä yhteishenki ja tekemisen hauskuus.
Valitut riskimitat soveltuvat huonosti käytettyihin strategiamalleihin	Kohtalainen	Saadut tulokset ovat hyödyttömiä.	Tutkitaan, voidaanko parametreja vaihtamalla parantaa tulosten laatua.
Ylisovitetut strategiamallit	Matala	Malli ei ole realistinen tai käyttökelpoinen.	Ei soviteta parametreja malliin siten, että se tuottaa pelkästään voittoa.
Sijoitusstrategioilla ei millään voiteta markkinoita	Kohtalainen/Korkea	Mallin ainoa hyöty on tieto siitä, mitä ei pidä tehdä.	Kartoitetaan valittujen strategioiden eri variaatioita.

Valitut riskimitat eivät ole täydellisiä vaan sisältävät omia rakenteellisia puutteita, mitkä on huomioitava niitä käytettäessä. Esimerkiksi VaR-riskimita ei osaa approksimoida harvinaisten tapahtumien riskiä, mitä taas on yritetty korjata CVaR-riskimitassa. Riskinä on myös, että sijoitusstrategioiden parametrit estimoidaan aikasarjasta siten, että tuloksena syntyvä strategia tuottaa epärealistisen määrän voittoa tarkastellussa aineistossa, mutta ei yleisesti toimi. Sijoitusstrategioiden toimivuus on riippuvainen markkinaympäristöstä, joten todennäköisyys ettei markkinoita voittavaa sijoitusstrategiaa löydetä, on merkittävä. Yhteydenpito Evli-pankin yhteyshenkilön kanssa auttaa välttämään kyseisiä riskejä, koska häneltä saadaan suoraa palautetta tulosten ja lähestymistavan mielekkyydestä, minkä jälkeen toteutusta voidaan arvioida uudelleen.

Projekti tulee sisältämään ohjelmointia MATLAB-ohjelmistolla, minkä takia projekti on osittain ohjelmistopainotteinen. Kun ohjelmoitaessa pyritään tuottamaan selkeää, kommentoitua ja helposti luettavaa koodia, on mahdolliset virheet helpompi paikantaa, jolloin ajankäyttö tehostuu.

Viitteet

Crama, Y. & Hübner, G. & Schyns, M. 2010. *Optimal selection of a portfolio of options under Value-at-Risk constraints: a scenario approach*. Annals of Operations Research. Vol. 181:1. S. 683-708. DOI 10.1007/s10479-009-0636-y

Mansini, R. Ogryczak, W. & Grazia Speranza, M. 2007. *Conditional value at risk and related linear programming models for portfolio optimization*. Annals of Operations Research. Vol. 152:1. S. 227-256. [Viitattu 18.2.2013]. Saatavissa:

<http://www.ia.pw.edu.pl/~wogrycza/publikacje/artykuly/myaorcvar07.pdf>

Perold, A. & Sharpe, W. 1988. *Dynamic Strategies for Asset Allocation*. Financial Analysts Journal. Vol. 44:1. S. 16-27. [Viitattu 18.2.2013]. Saatavissa:

http://www.strategiedinamiche.com/attach/P%C3%A9rold_Sharpe_1988.pdf