

Facultat d'Economia i Empresa

Intel·ligència Artificial en les Inversions: Oportunitats, Aplicacions i Dilemes



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Autoria: Jordi Viñeglas Barba

Tutoria: Josep Bertran Jordana

Departament: Economia i Organització d'Empreses

Curs acadèmic: 2022-2023

DECLARACIÓ D'AUTORIA I ORIGINALITAT

Jo, Jordi Viñeglas Barba, certifico que el present treball ha esta realitzat en la seva plenitud per mi i no ha estat presentat per a l'avaluació de cap altra assignatura, ja sigui en part o en la seva totalitat. També certifico la originalitat del contingut presentat, incloent en certs punts del treball referències d'altres autors, sempre indicats al llarg del text i bibliografia.

RESUM

En aquets treball s'adreça les principals característiques de les Intel·ligències Artificials en les inversions, abordant algunes aplicacions en la presa de decisions. Es compara els rendiments obtinguts amb el "bàndol" tradicional. D'altra banda, també es fa referència a alguns dels dilemes més rellevant que aquestes tecnologies atorguen. Durant el treball queda demostrat el seu potencial i es veu què n'estan fent les autoritats reguladores al respecte. A més a més, es destaca l'anomenada inversió híbrida, tractant els aspectes més rellevants. Finalment, s'exposa la meua opinió sobre els diferents tòpics tractats durant el treball.

Paraules clau:

Intel·ligència artificial, <i>Robo-Advisor</i> , Dilema, Inversió, Inversió Híbrida, Dades, Aprenentatge, Rendiment

SUMMARY

Artificial Intelligence in Investments: Opportunities, Applications and Dilemmas

The finance world is experimenting one of the biggest changes of its existence. The arrival of Artificial Intelligence seems to be a greater opportunity to make profits in the market. This work, "Artificial Intelligence in Investments: Opportunities, Applications and Dilemmas ", delves into the profound impact of AI in the investing world. It compares both sides: the traditional investing and "modern" investing (with AI). We will see their revenues and discuss its strengths and weaknesses.

Furthermore, it examines some practical applications of AI in investment decision-making by hedge funds, accompanied by their dilemmas: the lack of transparency, fraud, market manipulation, lack of empathy and emotion and some others. While AI presents numerous advantages, it also raises ethical dilemmas that require careful consideration.

The work presents a type of investing called Hybrid Investing and exposes some examples with its schemes to understand how they work. There is also a section dedicated to Robo-Advisors, known as the "People's Artificial Intelligence" due to its popularity. And then there're some pros and cons between them and traditional financial advisors (humans).

It also talks about what the biggest regulation institutions are making to solve that problems and control its potential.

Finally, I expose my conclusion and opinion about the most relevant topics talked during the work.

Keywords:

Artificial Intelligence, Robo-Advisor, Dilemma, Investing, Hybrid Investment, Data, Learning, Performance
--

ÍNDIX

1. Marc Teòric	6
2. Introducció	7
3. Man vs. Machine	8
4. Història de la IA en els Hedgefunds.....	9
4.1. Respecte els Hedgefunds	9
4.2. Hedgefunds i Intel·ligència Artificial	10
5. Tradició vs. Intel·ligència Artificial.....	11
5.1. Preliminars	11
5.2. Acció.....	12
5.2.1. Avantatges i Inconvenients de la IA respecte la Gestió Tradicional.....	13
5.3. Particulars	13
6. Usos i Aplicacions de la IA en les Inversions.....	15
6.1. Algorithmic Trading	15
6.1.1. “Blink and it’s Gone”	16
6.2. Sentiment Analysis	19
6.3. Portfolio Management	22
6.4. Risk Management	29
6.4.1 Automated Risk Assessment	29
6.4.2 Predictive Analytics.....	29
6.4.3 Real-Time Monitoring.....	29
6.5. Personalized Investment Advice.....	30
6.5.1. Prova Pràctica.....	30
7. Inversió Híbrida.....	32
7.1. Neuro-Fuzzy System.....	32
7.2. Adaptive ANFIS	33
7.3. Gaussian RBF (Radial Basis Function)	34
7.4. Neural-Based Q-Learning.....	35
8. Robo-Advisors	36
8.1. Pros i Contras envers un Assessor Financer Tradicional.....	38
9. Dilemes de l’Ús de la IA en el Sector Financer	40

9.1.	Manipulació de Mercat	40
9.2.	Ciber-seguretat, Fraud	41
9.3.	Desplaçament Professional (Et traurà la IA el lloc de treball?).....	41
9.4.	Exclusió Financera, Discriminació i Biaix	42
9.5.	Falta d'Intuïció Humana	42
9.6.	Falta d'Empatia i Emoció	43
9.7.	Excessiva Dependència de les IA	43
9.8.	Falta de Transparència	44
10.	Regulacions	45
11.	Conclusions	46
12.	Bibliografia.....	47

1. MARC TEÓRIC

Per a la realització d'aquest treball, he utilitzat com a base estudis, informes i articles acadèmics. També m'he basat en teories econòmiques com la Teoria Moderna de Carteres de Markowitz, la Teoria del Preu d'Opcions o la teoria de Murphy (1999). A continuació exposo un breu llistat:

- "Effectiveness of Artificial Intelligence in Stock Market Prediction based on Machine Learning" de Sohrab Mokhtari, Kang K. Yen y Jin Liu.
- "An Artificial Intelligence Application in Portfolio Management" de Xiaoqiang Zhang i Ying Chen.
- "Artificial Intelligence and Ethics in Portfolio Management" de Elena Beccalli, Viktor Elliot i Francesco Virili.
- "INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y FINANZAS: UNA ALIANZA ESTRATÉGICA" per Banco de España (Andrés Alonso-Robisco y José Manuel Carbó)
- "APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN INVESTMENT BANKS" per Vedapradha. R, Hariharan Ravi.
- "Artificial Intelligence Applications In Investing" article de Forbes
- "Behavioural finance in an era of artificial intelligence: Longitudinal case study of robo-advisors in investment decisions" per Manchuna Shanmuganathan
- Artificial Intelligence Alter Egos: Who benefits from Robo-investing? - per Catherine D'Hondt, Rudy De Winne, Eric Ghysels, Steve Raymond
- "¿Qué beneficios tiene para el inversor la inteligencia artificial?" per David Requena (BBVA)
- "VENTURE CAPITAL INVESTMENTS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE" - informe de la OECD
- "SEC's Gary Gensler on how artificial intelligence is changing finance" – article de Betsy Vereckey
- "Artificial intelligence in EU securities Markets" - ESMA TRV Risk Analysis
- "Innovation, AI & the future of financial regulation" per Jessica Rusu (FCA Chief Data)
- "Artificial Intelligence Trends and Ethics: Issues and Alternatives for Investors" - Yoser Gadhoom

2. INTRODUCCIÓ

Ens trobem en un moment històric amb pocs precedents en la història. L'arribada de la intel·ligència artificial està revolucionant tots els sectors, especialment el financer. Des de sempre he estat un aficionat a les inversions, i quan va sorgir l'oportunitat de fer el Treball de Final de Grau, tenia molt clar cap a on enfocar aquesta passió. L'estratègia era clara: aprofitar l'obligatorietat de l'elaboració d'un treball per a començar a entendre el complex canvi en que es troba el món de les inversions.

En aquest treball, "Intel·ligència Artificial en les Inversions: Oportunitats, Aplicacions i Dilemes", he intentat plasmar les principals característiques i inquietuds que un lector pot tenir quan llegeix aquest títol. Els principals objectius serà entendre en quin context ens trobem, quines aplicacions i usos se les pot donar, quins dilemes provoca això i què n'estan fent les entitats reguladores al respecte, entre d'altres. Per tal de complir aquests objectius, m'he nodrit d'articles i publicacions acadèmiques arreu del món. He tingut l'oportunitat i sort de poder llegir-ne molts i poder representar-los en aquest.

El treball està dividit per un fil conductor que comença amb un enteniment de la situació en la que ens trobem, i mica en mica ens anirem endinsant més profundament en els detalls més teòrics d'aquest món (les seves aplicacions). Veurem les conseqüències d'aquests usos i els debats i dilemes ètics que hi ha sobre la taula. També es comentarà una de les tècniques més utilitzades per els inversors professionals i en parlarem de la "IA del poble" (financerament parlant). Les entitats reguladores son l'altre cara de la moneda, i veurem què n'estan fent respecte d'aquest potencial atorgat per les IA.

El primer apartat, *Man vs. Machine*, és un cas especial, ja que es surt una mica de la línia del treball. Així doncs, comencem amb la "introducció".

3. MAN vs. MACHINE

No vull que en aquest treball de final de grau em limiti a explicar superficialment què son certs temes. Si més no, l'objectiu, és indagar força en aquest món desconegut. Com he esmentat anteriorment, el primer pas d'aquest treball és conèixer la situació en la que ens trobem a mode introductori.

A primera mà, molta gent, especialment els *boomers*, això de la intel·ligència artificial els hi queda molt lluny, i és normal. De fet, no hauria de ser una necessitat exigir el coneixement constant de les novetats tecnològiques a aquests.

Tot i que la joventut formi una molt petita part de la societat mundial, d'ells depèn completament el futur. No vull que em mal interpreteu, però crec que és més important que els joves en sàpiguen sobre les noves tecnologies i no la gent més gran. Dit això, contra més gent en conegui del tema millor, així la gent gran no quedarà oxidada tant d'hora en un món que evoluciona a passos gegant.

Hi ha joves (pocs) i gent gran (gran majoria) que la idea de la “robotització” (fixi-s’hi que esta entre cometes ja que, col·loquialment parlant, en aquesta paraula entren d’altres conceptes els quals també ens volem referir com innovació tecnològica, mecanització, nova industrialització.) no els hi fa prou gracia o no els interessa del tot. El concepte de **canvi** genera por i rebuig en la societat. Però com mencionava Napoleon Hill en el seu llibre: “*El éxito consiste en la búsqueda constante de conocimineto*”.

A molts els “aterra” aquest concepte. Creuen que el món acabarà governat per robots amb intel·ligències artificials que primerament foren creats per satisfer simples necessitats quotidianes.

Per a aquells cinèfils com jo, això us recordarà l'argument de *Jo, Robot*. Amb sort, trobarem algun Will Smith que pugui solucionar aquest desastre.

Aquesta robotització arriba de forma “omnipresent” amb les IA. No s’ha d’entendre aquest progrés com una amenaça o allò que t’acabarà traient la feina. S’ha de veure amb els ulls d’una eina que t’ajudarà a exprimir les rendibilitats de la vida.

A aquestes altures tothom coneix *ChatGPT*, i si el lector no coneix de què parlo, l’animo a que pari un moment amb aquesta lectura, es dirigeixin a algun conegut jove proper, i li preguntin si sap què és i per a que es fa servir. Aquesta es una IA “general” que a molts els pot sorprendre. Però ara imaginem les IA utilitzades per les més grans institucions financeres. Parlo de *hedgefunds*, bancs, etc. Institucions que destinen bilions de dòlars a I+D per tal de ser més rentables que la competència.

Això serveix per posar en perspectiva el poder i potencial d’aquestes tecnologies en el sector financer.

4. HISTÒRIA DE LA IA EN ELS HEDGEFUNDS

Si la intel·ligència artificial en les inversions fos una pel·lícula, els *hedgefunds* serien els protagonistes. I si totes les institucions financeres fessin un sindicat, els *hedgefunds* seria el representant d'aquest. Amb aquesta introducció vull remarcar que els fons de cobertura prenen un paper important durant el treball i trobo necessari incorporar un apartat com aquest per entendre-hi bé com inverteixen els de primera.

L'any 2018 es va realitzar una enquesta per *BarclayHedge* que determinava que el 56% dels fons enquestats utilitzaven la IA per a informar les decisions d'inversió. El més curiós d'això és que un any abans (2017) el resultat va ser del 20%, demostrant un gran creixement a l'alça en els usos d'aquestes noves tecnologies.

En el context històric en el que ens trobem, certa lluita es troba en aconseguir la informació el més ràpidament possible, el que provoca que cada vegada més institucions financeres confiïn en aquestes noves tecnologies i el seu poder.

Un cop coneixem aquest resultat, aquest apartat ens porta a preguntar-nos una de les qüestions més rellevants del treball i del futur del món financer: poden els fons de cobertura pivotar cap a una presa de decisions totalment automatitzada? I sí és així, n'és aquest el fi d'una de les professions millor pagades?

Si és cert que els processos d'automatització han existit sempre, la carrera per a millorar aquests és innegable. Veiem doncs quina és la història i evolució de la IA en els *hedgefunds*.

4.1. Respecte els Hedgefunds:

Els *hedgefunds* es poden definir com vehicles d'inversió que apliquen a una gran varietat d'estratègies de *trading* per fer diners. La paraula "hedge", en català cobertura, fa referència a la reducció del risc de mercat invertint tant en posicions llargues com en curtes, i la paraula "fund", en català fons, fa referència al conjunt de diners aportats pels inversors i administradors.

Es creu que el primer fons de cobertura aparegué l'any 1949 obtenint uns resultats estratosfèrics: ni més ni menys que un retorn del 670% entre 1955 i 1965 (R. Levy, 2016).

Des de llavors, aquests gegants financers no han fet més que créixer, arribant a tenir sota control un total de 2 trilions de dòlars abans de la Gran Crisi de 2008.

4.2. Hedgefunds i Intel·ligència Artificial:

L'*English Oxford Living Dictionary* defineix l'IA com “la teoria i desenvolupament de sistemes informàtics capaços de realitzar tasques que normalment requereixen intel·ligència humana, com la percepció visual, el reconeixement de la parla, presa de decisions i translació entre llengües”.

Des de els inicis dels *hedgfunds*, la IA li ha estat al darrere, però l'increïble progrés d'aquestes en els últims mesos és superior al dels últims 30 anys. Satarino i Kumar (2017) traçaren el prematur progrés de l'IA en un dels fons, Man Group Plc. L'increïble *feedback* aconseguit provocà, no més tard, que la IA fos responsable de la meitat dels “profits” d'un dels fons més grans dirigits per humans. Els membres executius no trobaven la manera d'explicar als clients què havia creat l'equip de desenvolupament.

Al llarg del temps, la consideració de la IA a passat de l'escepticisme a l'entusiasme.

Això sí, els magnífics resultats atorgats per la IA no son fàcils d'aconseguir. Necessitarem un grup de programadors i matemàtics talentosos dotats de grans quantitats de servidors d'última generació per tal de dissenyar l'IA. Serà necessari el suport i coneixement de *traders* i inversors professionals i, per últim, el més important: grans quantitats de dades.

Aquestes últimes son les més importants ja que seran la “memòria de la IA”. I gràcies als repetitius cicles del mercat ineficient, utilitzarà aquesta base de dades com a font d'aprenentatge. Per a organitzar tot això, necessitarem *Data Analysts* per tal de segmentar i dividir la base de dades de mode que la IA pugui cercar patrons i aplicar-los al mercat real.

En termes estadístics, dos terços dels *hedgefunds* que utilitzen la IA ho fan per a generar idees de negociació i optimitzar carteres (*Portfolio Managemet*), i un quart l'utilitza per a automatitzar la execució d'operacions (2018).

La seva eficiència ha quedat plasmada en centenars d'estudis, com el realitzat 22 d'abril de 2022 per la Universitat de Texas A&M i la Universitat de Vaas de Finlàndia anomenat “*Man versus machine: on artificial intelligence and hedge funds performance*”, on es pretenia descobrir si el fet de donar més control als algoritmes avançats de negociació donaven millors resultats. L'estudi demostrà, a grans trets, que els fons d'inversió basats en IA generaren rendibilitats superiors (75 punts bàsics mensuals(0,75%)) enfront a aquells fons d'inversió lliure dirigits per humans (25 punts bàsics mensuals (0,25%)).

5. TRADICIÓ VS INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL

Ens endinsem en un dels apartats més importants i possiblement esperat pel lector quan va llegir el títol d'aquest Treball de Final de Grau. Així doncs decideixo dividir aquest apartat en una sèrie de parts per tal d'analitzar conjuntament tots els aspectes i qüestions que envolten aquesta rivalitat.

5.1. Preliminars

M'agradaria començar aquesta primer apartat fent una afirmació prou "imprudent" tot i no tenir encara la resposta i conclusió que espero obtenir al final d'aquest treball. Aquesta afirmació és la següent: és més probable que la IA superi les inversions tradicionals (en termes de rendibilitat) ja que som animals racionals imperfectes que ens equivoquem.

Per desgracia i fortuna no ens comportem sempre de la mateixa manera. Tothom es diferent i reaccionem de forma desigual als diferents estímuls de la economia. Però això també fa que uns en puguin treure rendibilitat d'aquesta ineficiència dels mercats (d'aquí la fortuna).

Si els mercats es comportessin de forma eficient sempre, no hi hauria "espai" per treure'n rendibilitat. Quan sortís una notícia els mercats corregirien immediatament, totes les accions cotitzarien al seu valor intrínsec i sempre tot estaria valorat al preu que ha d'estar.

La realitat és molt diferent.

Una IA, en canvi, sempre segueix les ordres que hem programat i ha anat aprenent (*Machine Learning*). Mai prendrà una decisió que no estigui en els seus paràmetres, mai s'avançarà o especularà. Sempre seguirà l'estratègia al peu de la lletra.

Tampoc vull que em mal interpreteu quan he dit que les inversions amb IA sempre superaran les tradicionals. Depèn de com siguem nosaltres, la sang freda que tinguem, amb quina disciplina seguim l'estratègia, quina es la estratègia que seguim, amb quin criteri invertim i la intuïció que tinguem.

Amb la inversió tradicional¹ actuem diferent depenent l'entorn econòmic en el que ens trobem. Així permetem que ens puguem adaptar i treure'n rendibilitat de la situació en la que ens trobem. Potser una IA ha estat programada per un cert entorn econòmic i quan aquest canvia (es pot donar un canvi de tendència en el mercat o alguna notícia que mogui bruscament aquest), l'estratègia n'és ineficient i entra en rendibilitats negatives o, si més

¹ Entenem per aquesta aquella inversió activa en diferents actius realitzada per un inversor amb el seu únic coneixement i prenent les decisions ell mateix.

no, inferiors. Això passa normalment quan la IA no té un *backup* suficientment gran i no té suficients dades econòmiques de diferents períodes econòmics.

La idea seria desenvolupar una IA amb uns criteris d'inversió molt rigorosos i amb uns paràmetres de risc ben determinats. És a dir, una estratègia on s'actués en certs moments amb un risc controlat (prèviament determinat per a tu). I com he esmentat en el paràgraf anterior, aquests paràmetres no es poden determinar amb exactitud si disposem d'una borsa de *Data* limitada.

5.2. Acció

Un cop realitzat els preliminars, ara toca passar a l'acció analitzant i trobant diferències entre la gestió tradicional i la gestió amb IA.

La principal font de comparació quan parlem de fons d'inversió és el rendiment obtingut. Per fer la comparació, seleccionem el MSCI WORLD² com a índex de referència.

Figura 1³: Taula de rendibilitat dels ETFs de IA (2021)

Símbolo	ETF	Cambio de precio de YTD	1 semana	4 semanas	1 año	3 años	5 años
QQQ	Invesco QQQ Trust	17,59%	0,95%	1,95%	34,77%	109,01%	228,25%
VGT	Vanguard Information Technology ETF	18,11%	1,04%	2,30%	36,18%	124,85%	276,21%
XLK	Technology Select Sector SPDR Fund	19,57%	0,95%	2,42%	35,26%	121,03%	252,14%
FDN	First Trust Dow Jones Internet Index Fund	14,04%	0,05%	-2,54%	29,04%	75,62%	207,72%
IYW	iShares U.S. Technology ETF	23,18%	1,37%	3,17%	40,94%	127,59%	274,93%
FTEC	Fidelity MSCI Information Technology Index ETF	18,07%	0,99%	2,25%	36,07%	119,59%	265,71%
IXN	iShares Global Tech ETF	17,53%	1,01%	2,35%	35,71%	111,70%	244,66%
XT	iShares Exponential Technologies ETF	14,02%	1,56%	2,23%	35,46%	77,51%	163,92%
QYLD	Global X NASDAQ 100 Covered Call ETF	6,41%	0,71%	1,58%	17,01%	27,15%	71,10%
IGM	iShares Expanded Tech Sector ETF	19,42%	0,91%	1,18%	35,45%	111,00%	257,63%
MSCI	MSCI WORLD		0,71%	1,724%	29,170%	41,676%	99,245%

En la taula de al Figura 1 podem observar les rendibilitats dels 10 ETFs⁴ més grans dels EEUU a 1 setmana, 4 setmanes, 1 any, 3 anys i 5 anys. Podem observar com gairebé tots els fons superen les rendibilitats del mercat mundial. La mitja a 5 anys dels 10 fons és del 224,23%, més del doble de l'índex MSCI WORLD, amb un 99,245%. Això demostra el potencial dels ETF. Els 10 seleccionats, son fons que inverteixen en empreses implicades amb el desenvolupament de nous productes o serveis i millores tecnològiques en la investigació científica relacionada amb la IA.

² Índex que aglutina més de 1600 empreses de les 24 economies més desenvolupades del món. Serveix com a referència per a analitzar l'evolució de l'economia mundial i mercats internacionals.

³ Font: ETF Database

⁴ *Exchange Traded Funds* o fons cotitzats, son fons d'inversió que cotitzen a la borsa, de la mateixa manera que una acció. La seva gestió és passiva i l'objectiu principal es replicar l'índex de referència.

Respecte els fons d'inversió tradicionals, els rendiments han estat dispars segons l'estratègia d'inversió i actius seleccionats. Per tant la comparació seria desigual. Tanmateix, el 85% dels *hedgefunds* no superen el mercat. Es podria dir que aquests ETF superen la inversió tradicional.

5.2.1. Avantatges i Inconvenients de la IA respecte la Gestió Tradicional

Gràcies a les potencials trets que caracteritzen les IA, la inversió amb la seva ajuda eficiència els processos de decisió. La diversificació automatitzada, la recollida de milers de dades en temps real i la reducció i segmentació d'aquestes ens instants redueix considerablement els costos de gestió. A més a més, gràcies al *Machine Learning* l'escalabilitat sembla no tenir sostre.

D'altra banda, la possibilitat de falles en el "sistema", la complexitat amb les que operen els algoritmes, un conjunt de dades poc rellevant, o la falta de personalització poden suposar grans riscos i desavantatges d'utilitzar aquestes tecnologies.

La gestió tradicional sembla realitzar els mateixos passos de manera més lenta i ineficient. Tanmateix, hi ha característiques que alguns algoritmes no poden predir, com és la intuïció humana, el sentiment, el poder de conèixer com és allò en el fons (més enllà de la capa superficial de dades), o altres característiques atribuïbles al "sisè sentit".

Arribats a aquest punt i coneixent les fortaleces i debilitats de cada "bàndol", ens podem preguntar si la unió d'aquestes dos seria la parella perfecte.

5.3. Particulars

Fins ara hem estat comentant, estudiant i valorant el comportament i rendiment d'alguns fons d'inversió, deixant de banda l'altre gran grup que constitueix el món de les inversions: l'inversor particular.

Està clar que en aquest cas seria il·lògic realitzar les mateixes comparacions i anàlisis que amb els inversors institucionals per raons òbvies (no tenim la informació i rendiments històrics de la majoria d'aquests). Si més no, podem realitzar aquest anàlisi des de diferents angles, responnent a algunes de les preguntes més simples que ens venen al cap:

Quin ha estat el rendiment d'aquests en el mercat i on solen invertir?

Es una pregunta general i difícil de respondre ja que la majoria d'inversors no es limiten a un sol actiu (per exemple borsa només, o *cryptos*), sinó que es segueix el principi de diversificació. Tanmateix, la inversió en accions és la més reconeguda.

El poc *expertise* de molts d'aquests inversors fa que la seva estratègia es basi en invertir en aquells actius que estiguin en una bombolla com va passar amb les *cryptos* recentment, amb l'afany d'obtenir guanys de forma ràpida.

Aquest rendiment ha estat inferior al de les institucions?

En la gran majoria de casos, no. Em d'entendre també que el tipus d'estratègia utilitzada tant pel particular com la institució. No és el mateix un *hedgefund* que operi en curt, que un particular que utilitzi una estratègia de *buy-and-hold*⁵.

Per exemple, quan es tracta de CFDs⁶ més del 70% dels particulars perden diners. Per posar en perspectiva la complexitat del mercat, el 85% del *hedgefunds* no superen els rendiments del mercat.

Disposen els inversors particulars d'alguna IA per a millorar el rendiment de les seves inversions?

Estar clar que els inversors institucionals juguen amb unes regles diferents als inversors particulars. Quest no disposen de les mateixes oportunitats. No tenen els recursos (diners, temps) ni coneixements necessaris per elaborar o operar amb algoritmes intel·ligents. Tot i això, la resposta a la qüestió no és negativa. Més endavant coneixerem què son els *Robo-Advisors*.

⁵ Estratègia d'inversió que es basa en comprar accions a llarg termini amb el fi de mantenir-les indefinidament, tot reinvertint els pertinents dividendes.

⁶ Un *Contract For Difference* (CFD), permet a un *trader* intercanviar contractes i obtenir guanys a partir de les variacions de la cotització d'un actiu subjacent.

6. USOS I APLICACIONS DE LA IA EN LES INVERSIONS

Fins ara només he realitzat una petita introducció i he comparat els dos “bàndols”. És l’hora d’endinsar-nos més en aquesta teoria i veure on, com i en què s’aplica aquestes IA per fer més eficient el procés per rendibilitzar les inversions.

Per fer-ho destacaré 5 casos on podrem veure com son utilitzades diferents IA per exprimir els beneficis:

6.1. Algorithmic Trading

Aquesta és possiblement la pràctica més comuna d’ús de la IA dels *hedgefunds* o, si més no, la més coneguda popularment.

Quan parlem d’aplicar la IA en les inversions, el primer que ens ve al cap és que sigui aquesta mateixa qui prengui la decisió d’obrir una operació o tancar-la. En altres paraules, que sigui la IA qui operi.

L’*Algorithmic Trading* consisteix en l’ús de la IA per tal d’analitzar grans *datasets* per trobar patrons, discrepàncies i tendències de mercat amb el fi d’elaborar un algoritme (o model) capaç d’operar i treure’n benefici. El primer pas és l’adquisició de totes les dades necessàries per entrenar la predicció del model. Aquesta *data*, però, ha de ser seleccionada, diferenciada i tractada per tal d’eliminar tota la informació sorollosa que pugui interferir en l’eficiència del model. Amb l’adequada informació, el model passa per el període d’entrenament on els seus paràmetres son optimitzats. Finalment, el rendiment del model entrenat amb els paràmetres optimitzats ha de valorar la última etapa de prova.

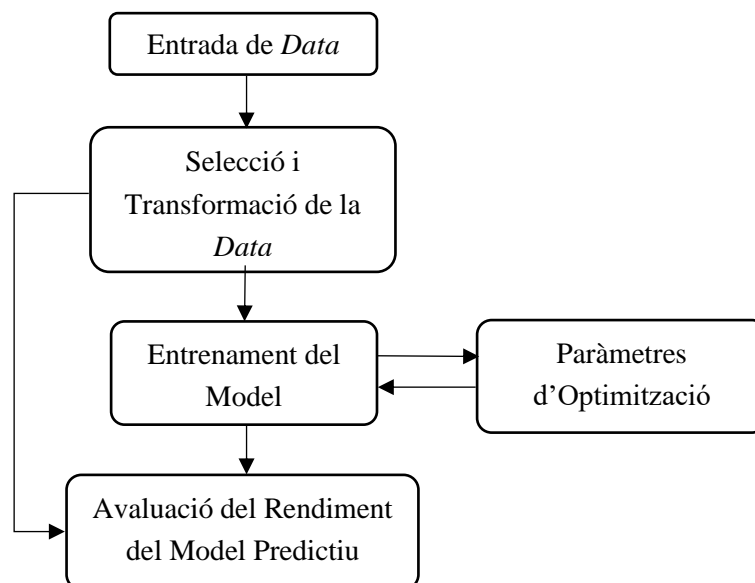


Figura 2: Diagrama de flux per a la previsió financera utilitzant un model de Intel·ligència Artificial.

Això dona peu a l'anomenat *High Frequency Trading* (HFT) que es basa en realitzar moltes operacions de gran volum en poc temps, i són necessaris grans recursos per portar-ho a terme, com grans ordinadors. La competència en el sector és extrema, lluitant cada instant per batre al competidor. Molts es poden preguntar si, segons el que acabo de dir, es rentable operar HFT.

Els beneficis del HFT provenen de diferents mercats tals com futurs, opcions, accions, *forex* i *cryptos*. Però tan sols en el mercat d'accions, els guanyadors de HFT van aconseguir beneficis prop dels 7 bilions (americans) l'any 2020, segons Budish et al⁷, el que significa que la xifra final tenint en compte la resta de mercats podria ser significativament més gran.

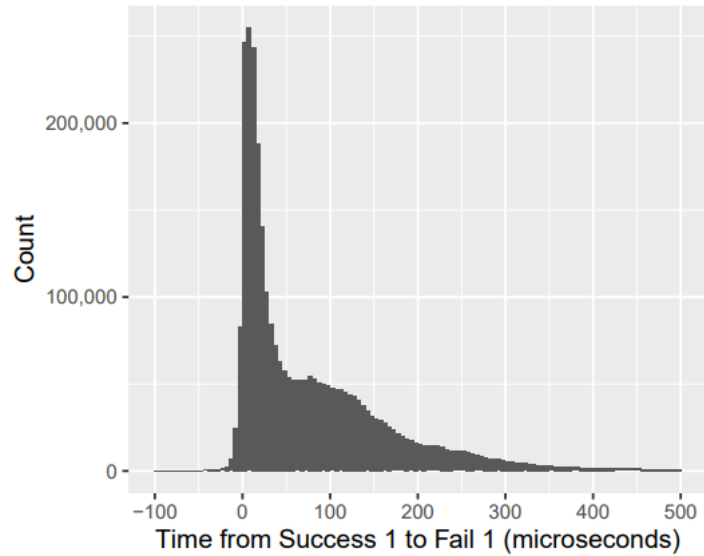
El nombre d'operacions que es duen a terme no és sap amb exactitud i explico el per què. Quan una firma de *fast-trading* aconsegueix apostar (o invertir) en una acció, queda registre d'aquesta execució, però no sabem el nombre d'altres firmes que també van apostar i no van ser suficientment ràpids per a realitzar la operació.

6.1.1. "Blink and it's Gone"

En l'estudi anteriorment esmentat, Budish, Aquilina i O'Neil van obtenir 9 setmanes de missatges electrònics entre inversors i el *London Stock Exchange* del 2015, on apareixien les 350 companyies més grans operades allà. En aquests missatges, s'inclouïa nous ordres i cancel·lacions. L'acció mitjana del *FTSE 100 Index* va ser víctima de 537 *trading races* cada dia en un temps mitjà de 80 micro-segons⁸. Per posar en perspectiva la competitivitat del mercat, els guanyadors van batre als perdedors per tant sols 5-10 milionèsimes de segon, menys d'1/10.000 del temps que es triga en parpellejar.

⁷ Eric Budish, Matteo Aquilina, Peter O'Neill. *Quantifying the High-Frequency Trading "Arms Race"*, Quarterly Journal of Economics, 2021

⁸ Mesura de temps, igual a una milionèsima part de segon.

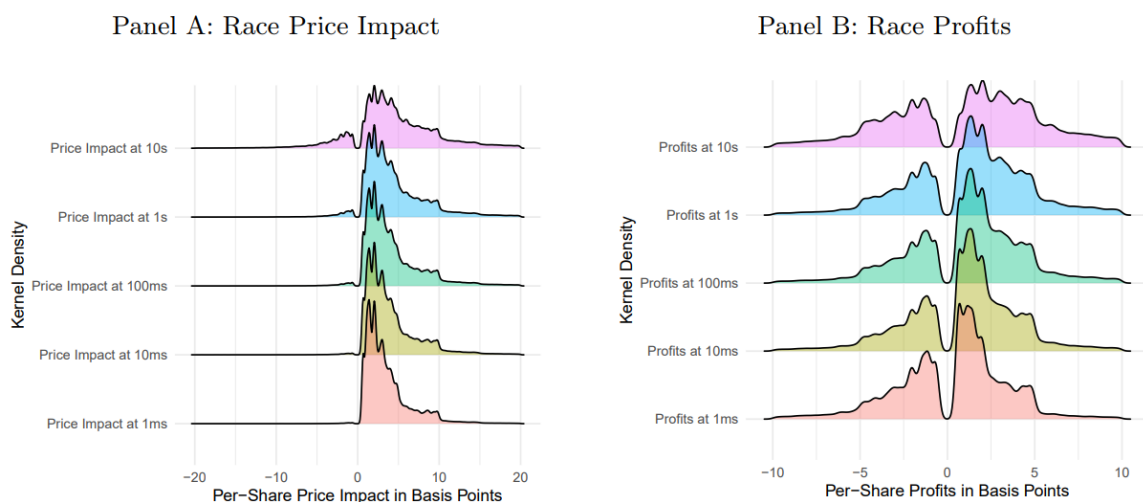


En aquest gràfic superior s'observa el nombre de “races” (curses) per duració.⁹

El benefici mitjà de cada operació és de 2,75\$ i les curses resultaren ocupar més del 20% del volum en el *London Stock Exchange*. L'estudi també destaca que aquestes carreres de les firmes de HFT representaren a prop d'un terç del *bid-ask spread*, demostrant el gran poder que tenen aquestes institucions en el mercat.

El lector es pot preguntar si aquests beneficis son sempre constants o, per què no es mantenen algunes de les operacions obertes amb el fi d'obtenir un major *profit*. En els següents 2 gràfics de la Figura 3 podem observar l'impacte del preu de la cursa i les distribucions dels guanys en diferents horitzons temporals.

Figura 3¹⁰: *Race Price Impact & Race Profits*



⁹ *Ibíd.*, p. 19

¹⁰ *Ibíd.*, p. 26

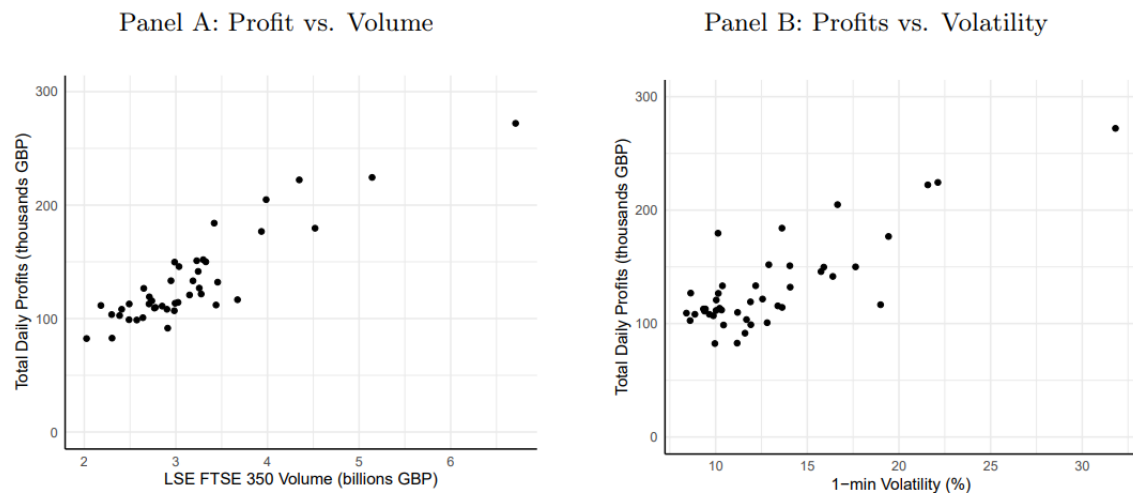
La principal diferència entre les 2 mesures és que “*race profits*” són la diferència entre el *price paid* en la cursa i el *midpoint price* en el futur, mentre que el “*price impact*” compara el *midpoint* en el moment del primer missatge *inbound* de la cursa amb el *midpoint price* del futur.

Ens fixem en el primer 1ms. Els *profits* de les operacions en aquest període tant curt de temps són o una quantia positiva o negativa molt petita (de 5 punts bàsics), mentre que gairebé totes les curses tenen un *price impact* positiu. Aquest patró indica que, en el moment d'un primer èxit en una cursa, **el profit del *mark-to-market*¹¹ del guanyador acostumen a ser negatius.**

Per exemple, si en el mercat es troba en *bid* 10 – *ask* 12, el *midpoint* és 11, i si hi ha bones notícies que desapareixen la cursa per comprar a 12, hi haurà un *sniper* exitós que comprarà a 12 mentre que el *midpoint* segueix sent 11 (o si el mercat evoluciona a *bid* 10 – *ask* 13, el *midpoint* es 11,5) – per una petita pèrdua en el *mark-to-market*. Aquesta Figura 3 demostra que moltes curses són beneficioses en una base *mark-to-market*, encara que sigui per 1 mil·lèsima de segon. Fins a 1 segon, gairebé totes les curses tenen un *price impact* positiu.

Per últim, m'agradaria comentar els següents 2 gràfics de la Figura 4 per tal de comprendre millor la correlació entre els *Profit – Volume* i *Profits – Volatility*.

Figura 4¹²: Correlació de beneficis d'arbitratge de latència amb el volum i la volatilitat



Cada punt representa 1 dia de *data*. Com podem observar, la latència dels guanys d'arbitratge estan altament correlacionats amb volum i volatilitat.

¹¹ Mètode per mesurar el valor raonable de comptes que poden fluctuar en el temps, com actius i passius.

¹² *Ibíd.*, p. 30

Aquests 2 gràfics serveixen de resum en el que he explicat anteriorment. El “Panel A” no ens diu res que no coneguéssim d’abans: a mesura que incrementem el volum de l’operació, els profits seran superiors. Del mateix mode que el “Panel B”, quan tenim més volatilitat, més es mou el mercat i més oportunitats apareixen, donant lloc a més situacions on l’algoritme pot actuar.

6.2. Sentiment Analysis

Imaginem que som un inversor professional i volem nodrir-nos de la màxima informació abans de prendre alguna decisió sobre si obrir o no una operació. Una IA ens pot ajudar a recollir, diferenciar, i ajuntar tota la informació necessària i rellevant per tal de disposar de tot el coneixement. El mercat es mou segons infinits estímuls, ja provinquin de notícies macroeconòmiques, microeconòmiques, tipus d’interès, informes empresarials o problemes geopolítics.

El segon cas d’ús de la IA en les inversions és el *Sentiment Analysis*. Com bé indica el nom, consisteix en analitzar el sentiment del mercat, que significa conèixer, principalment, els “sentiments o tendències” de l’inversor respecte el curs de l’economia en el futur (o algun actiu o mercat en concret). Per exemple, si el mercat està pujant i sembla que continuarà així es denomina *bullish*, i si està baixant, *bearish*. Aquest anàlisi sentimental es combina molt amb l’anàlisi històric dels preus d’aquests actius. A més a més, aquest sentiment predit s’utilitza com una de les característiques de *Machine Learning* per a millorar el procés de predicció o la tendència del moviment de l’actiu.

Rao, Tushar and Srivastava, Saket (2012) van realitzar un estudi anomenat *Analyzing stock market movements using Twitter sentiment analysis*, on van investigar la complexa relació entre els instruments del mercat financer (volatilitat, volum i preu dels actius) i els *tweets* dels usuaris.

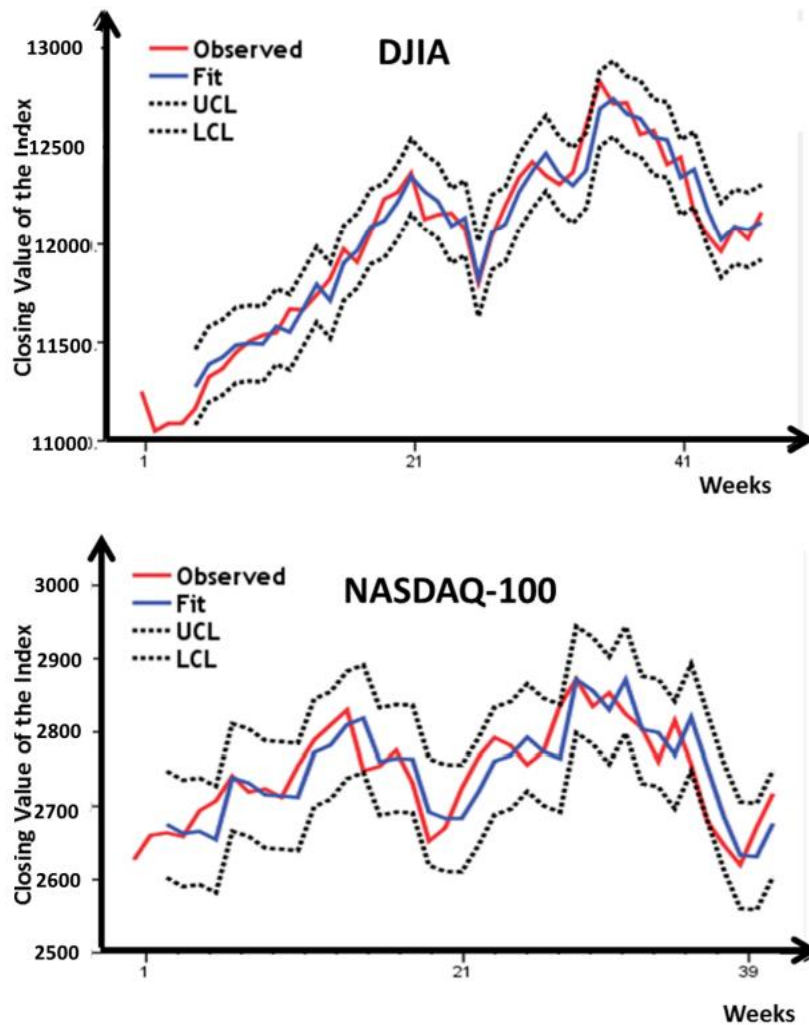
Rao et al van analitzar sentiments en més de 4 milions de *tweets* entre juny de 2010 i juliol de 2011 per el DJIA, NASDAQ-100 i unes altres 13 grans companyies tecnològiques. Per tal de poder diferenciar les dades, cada *tweet* va ser classificat en positiu o negatiu, segons el contingut d’aquests missatges, utilitzant el JSON API de *TwitterSentiment* (servei prestat per *Stanford NLP Research Group*). El 62,68% eren positius i la resta (38,32%), missatges negatius sobre l’acció d’una companyia.

Els resultats demostraren una gran correlació (fins a 0,88 per retorns) entre el preu de les accions i els sentiments a *Twitter*. També validaren que, utilitzant *Granger’s Causality Analysis* (GCA), el moviment d’accions i índexs es veien afectats en el curt termini per discussions a la xarxa social. Finalment, van implementar EMMS (*Expert Modle Mining System*) per demostrar que els retorns predits per ells donaven un alt valor de *R-square*

(0,952) amb un petit MaxAPE (*Maximum Absolute Percentage Error*) de 1,76% per al DJIA.

Les Figures 5 i 6 mostren els valors de de l'R-quadrat per *Ordinary Least Squares* (OLS) per als rendiments dels índexs d'accions NASDAQ-100 i DJIA a partir de les funcions del tauler de *tweets* (com el nombre de positius, negatius, alcistes, acords i volum de missatges) tant per transportat (amb un retard d'1 dia) com mateixa setmana.

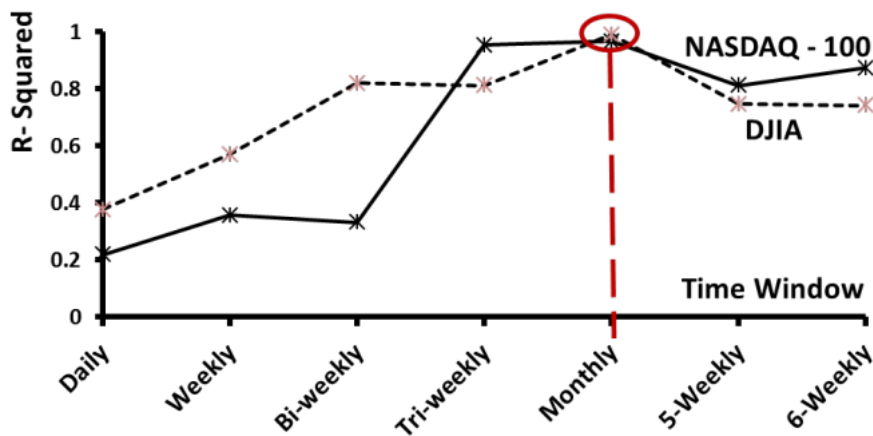
Figures 5¹³ i 6:



En canvi, el gràfic de la Figura 7 ens demostra que a mesura que s'incrementa la finestra de temps la precisió del model de predicció augmenta, però només fins a un cert punt, que es el mensual. A partir d'aquí, els valors R-quadrat comencen a decreïxer

Figura 7: Gràfic dels valors del quadrat R en diferents finestres de temps per a DJIA i NASDAQ-100. Els valors més alts denoten una major precisió de predicció.

¹³ On UCL i LCL son els límits de confiança superior I inferior del model predictiu.



Aquest estudi de Rao et al va demostrar el potencial del *Sentiment Analysis* i les aplicacions al sector financer. Avui en dia, aquest anàlisi pren molta importància a l'hora de realitzar una operació¹⁴. En part, perquè constitueix una peça important del *Machine Learning*. I de l'altre part, perquè el món està cada vegada més interconnectat, i amb l'ajuda de les xarxes socials, la gent està més connectada que mai. Recordo que l'estudi comentat és del 2012. Des de llavors, el nombre d'usuaris a *Twitter* ha incrementat exponencialment, incrementant la base de dades i millorant el model predictiu.

Per tal d'analitzar el sentiment d'un mercat o actiu, els inversors també utilitzen els anomenats indicadors. El VIX, o CBOE Volatility Index, és una mesura de les expectatives de volatilitat que hi haurà en els següents 30 dies. Es calcula en funció de la volatilitat implícita integrada en el preu del mercat de les opcions. El preu de les opcions depèn del valor intrínsec i volatilitat implícita. El valor intrínsec es la diferència entre el preu d'exercici de la opció i el preu del valor subjacent. Si executés la opció ara mateix, guanyaria el valor intrínsec. El preu de la opció sol estar per sobre del valor intrínsec perquè existeix la possibilitat de que el valor del subjacent canviï abans de que finalitzi el termini, el que significa que el valor intrínsec podria augmentar. Mentre major sigui la diferència entre el preu de la opció i el valor intrínsec, major serà la volatilitat esperada. EL VIX és una bona mesura d'analitzar el sentiment del mercat respecte la volatilitat esperada, però no per saber cap a quina direcció anirà el mercat, ja que inclou tant *calls* (*bullish*) com *puts* (*bearish*).

Un altre dels indicadors més reconeguts és l'anomenat *High – Low Index*, que mesura quantes accions de l'índex estan creant màxims en la seva cotització a 52 setmanes (equivalen a 1 any), envers a quantes estan creant nous baixos. La fórmula n'és la següent:

¹⁴ Avui en dia qualsevol inversor particular pot realitzar aquest anàlisi amb l'ajuda de *Python*. A continuació deixo un exemple on s'explica pas a pas com fer-ho: <https://huggingface.co/blog/sentiment-analysis-twitter>

$$\text{Record High Percent} = \{ \text{New Highs} / (\text{New Highs} + \text{New Lows}) \} \times 100$$

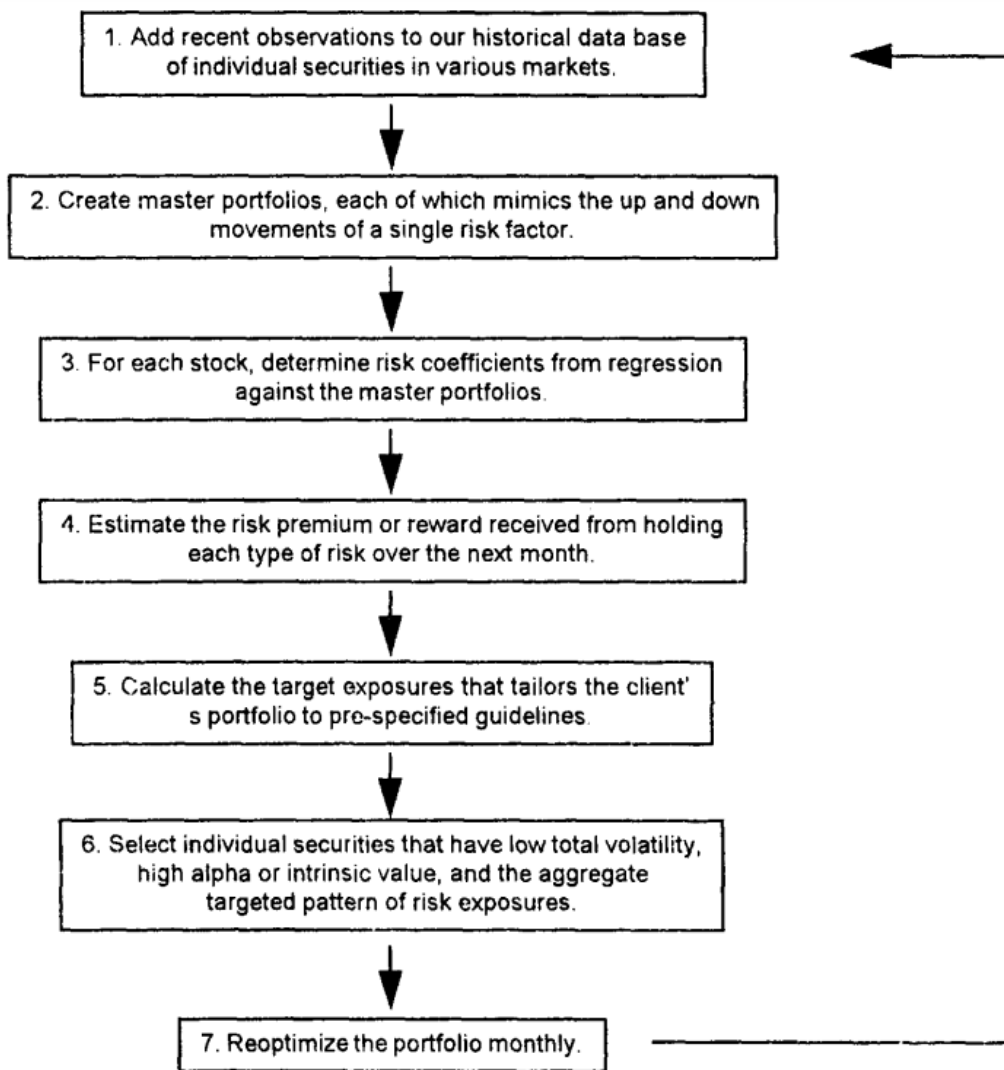
El total és multiplicat per 100 per tal d'obtenir un nombre entre 0 i 100. Si el número és inferior a 50 significa que hi ha més *lows* que *highs*, el que es traduiria en un sentiment de mercat *bearish*. En canvi, resultats de 50 cap amunt, es traduiria en *bullish*, obtenint més *highs* que *lows*.

6.3. Portfolio Management

Un model popular de *portfolio management* és el APT (*Arbitratge Pricing Theory*) desenvolupat per Ross et al (1976). El model APT pot valorar actius de risc en una cartera de manera eficient enfront a alguns factors de risc. Identifica de 3 a 5 factors de risc (2,27) d'una sèrie de possibles candidats i després selecciona valors basats sobre els seus riscos i rendiments relatius en comparació amb el mercat. De totes maneres, no està considerat suficient l'ús del model APT solament per a un bon *portfolio management*, ja que com mostra la Figura 8, els inversors han de conèixer la probabilitat d'èxit en el compliment de l'objectiu especificat abans d'establir el nivell de rendibilitat desitjat en relació al índex de mercat que es vol superar. A més a més, una vegada establert el nivell objectiu de rendibilitat necessitem determinar el nivell de risc en cada factor i el pes de cada actiu de risc en el *portfolio* per tal d'aconseguir l'objectiu. Tot això comporta la necessitat d'heurística. Els resultats empírics obtinguts per el *portfolio* generat utilitzant ATP excedia l'índex S&P 500 en una mitja de 200 punts bàsics anual per les accions d'EEUU, excedia la rendibilitat del *Tokyo Stock Exchange Price Index* en una mitja de 400 punts bàsics anualment, i excedia l'EAFE en una mitja de 500 punts bàsics per any per accions internacionals (exclòs els EEUU).

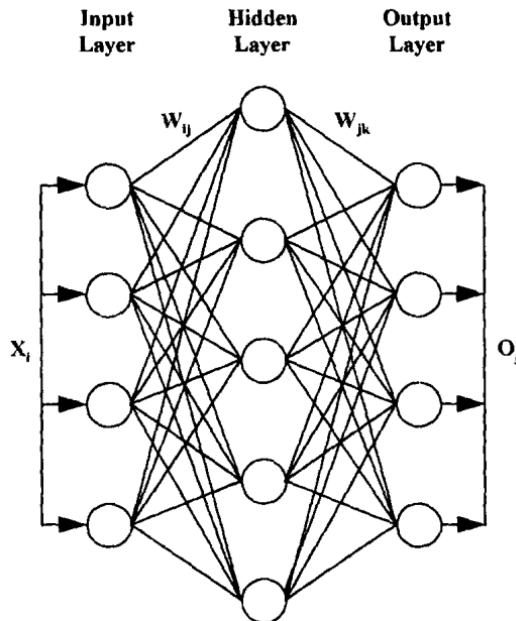
En l'estudi de Lin et al es va també va presentar un mètode que tendia a construir una cartera on el rendiment era millor al dels índexs de la indústria utilitzant el procés generador de rendiment de la APT. Els resultats indicaren que el *portfolio* generat per el mètode superava al mercat.

Figura 8: *The Roll and Ross investment review process*



En el sector financer hi ha centenars d'algortmes, patrons i tècniques. L'algortme més famós, però, és l'ANN (*Artificial Neural Network*). La xarxa neuronal és un paradigma d'aprenentatge i processament automàtic inspirat en la forma en què funciona el sistema nerviós dels animals. Com ja bé sabem, el procés de decisió de l'inversor no està estructurat i el context del mercat és incert. El mercat és un sistema dinàmic no lineal prou complex. Les ANN poden suportar la característica no lineal correctament i està demostrat que pot aconseguir uns majors resultats que altres sistemes tradicionals. El fet de que puguin aprendre a partir d'exemples per després generalitzar partons aplicant dades fora del conjunt d'entrenament, fa que les ANN siguin especialment útils en aquells problemes dels quals no tenim moltes dades o que contenen soroll.

Figura 9: Exemple d'una estructura 4-5-4 de ret neuronal de retropropagació. (*Back-Propagation Network (BPN)*).



Kimoto et al proposaren un ANN per determinar quan vendre o comprar el TOPIX Índex. Entrenaren i provaren el model de ANN utilitzant *data* setmanal des de gener de 1987 fins a setembre de 1989. Els resultats mostraren que el model ANN aconseguí uns resultats superiors a l'índex. Per posar en perspectiva els resultats obtinguts, si fixéssim el TOPIX Índex el gener de 1987 com a 1.00, la simple estratègia de *buy-and-hold* hauria aconseguit una rendibilitat de 1,67 a setembre de 1989, mentre que la rendibilitat del model d'ANN seria de 1,98.

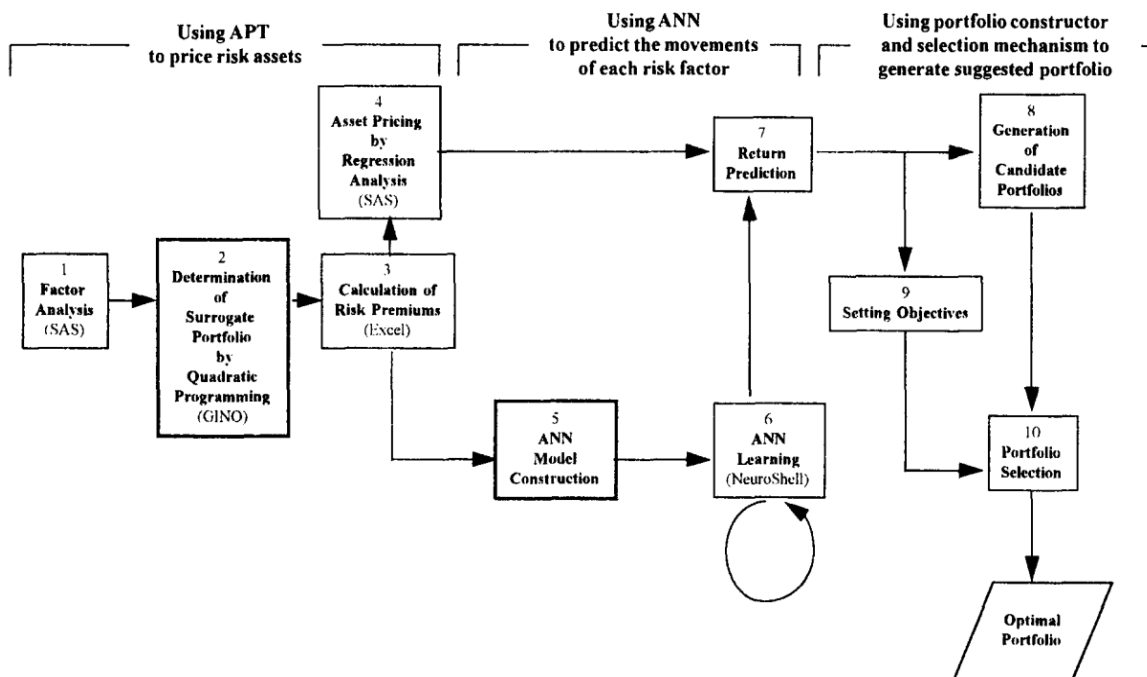
Jang et al, en el seu estudi, proposaren un algoritme d'aprenentatge de retropropagació adaptatiu a nivell d'estructura que podia sintetitzar automàticament la estructura d'una ANN per a adaptar-se al problema desitjat. Els resultats indicaren que, durant el període de prova (1990-1991), les taxes de rendiment de les decisions de *trading* suggerides pel sistema proposat eren més altes que les de la estratègia de *buy-and-hold*.

Existeixen algunes limitacions a l'hora de fer *portfolio analysis* utilitzant ANN. La principal és que la complexitat de la xarxa del model incrementa exponencialment alhora que augmenten el nombre d'accions a analitzar. És per a això que molts han utilitzar la integració de la optimització matemàtica amb la intel·ligència artificial. Lee et al proposà un sistema K-FOLIO, que integra el model d'optimització risc-retorn de Markowitz amb el coneixement expert de gestors i especialistes per donar suport a la gestió de les inversions. Els resultats empírics indicaren que els rendiment acumulats del K-FOLIO de gener a desembre de 1987 foren superiors al rendiment mitjà del mercat i del model de Markowitz (no millorat) en el *Korean Stock Exchange*.

Shin-Yuan et al utilitzen ANNs juntament amb APT per tal d'optimitzar el *portfolio* d'una manera eficient jugant amb les fortaleces i febleses de cada model. El mètode APT té fortes bases teòriques al darrere, però necessita heurístiques en les aplicacions pràctiques. El mètode ANN és capaç de proporcionar models heurístics en els que es pot confiar quan la predicció de certs factors és necessari per la construcció de carteres.

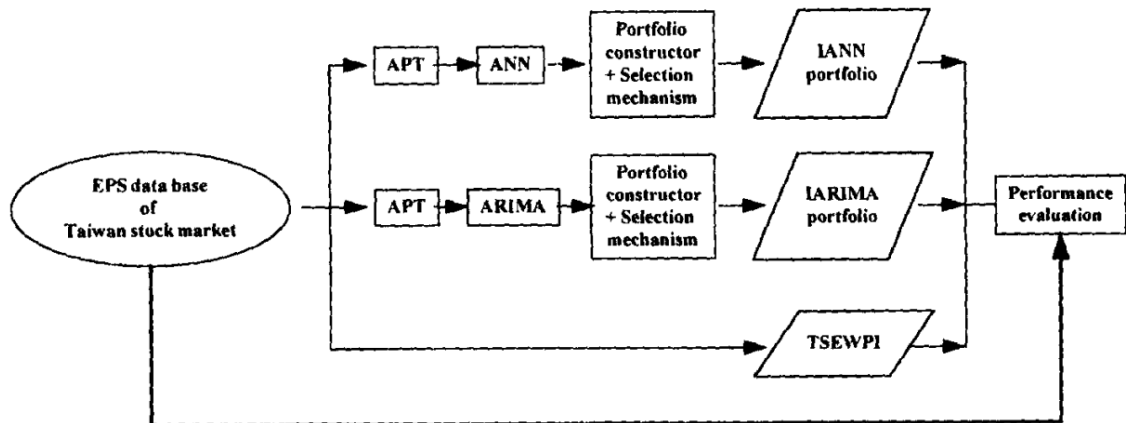
En aquest estudi hi ha tres grans components: APT, ANN, i un *portfolio constructor*. S'utilitza el APT per valorar els actius de risc disponibles per a construir un *portfolio*. Un cop això està determinat, s'utilitza el mètode ANN per a predir la tendència de cada factor de risc en el futur. Finalment, es fa servir el *portfolio constructor* per a generar alternatives d'inversió i seleccionar la cartera òptima (més eficient) de tots els candidats segons la preferència de l'inversor. En la Figura 10 es poden veure tots els passos gràficament.

Figura 10: Esquema dels passos a seguir per a aconseguir l'*Optimal Portfolio*.



El mètode original que integra APT i ANN es nomenat “IANN”, mentre que el mètode que integra APT i ARIMA es nomenat “IARIMA”. S’escull aquest altre mètode ARIMA per a l’anàlisi de series temporals amb l’ATP com a base de comparació. En altres paraules, el model ANN en el Pas 6 és substituït pel model ARIMA. Si el mètode ANN exerceix un paper molt important, esperàriem que funciones millor IANN que el model IARIMA.

Figura 11: Procés de l’estudi empíric.



Els resultats mostraren que els dos mètodes superaven l’índex de TSEWPI¹⁵, que era el triat per fer l’estudi. Com podem observar, IANN va el mètode que més retorn mitjà mensual va aconseguir. De mode que $IANN > IARIMA > TSEWPI$. En la Taula X podem veure en més detall els resultats obtinguts.

¹⁵ Taiwan Stock Exchange Weighted Price Index

Figura 12: Taula de resultats empírics de l'estudi de Shin-Yuan et al.¹⁶

Performances of IANN, IARIMA, and TSEWPI									
Window	Rp IANN	Rp IARIMA	Rp TSEWPI	E(Rp) IANN	E(Rp) IARIMA	E(Rp) TSEWPI	SD(Rp) IANN	SD(Rp) IARIMA	SD(Rp) TSEWPI
1	1.14763	-2.53519	-0.69	0.02904	-0.12077	-0.3575	2.847399	2.109173	1.472127
	2.83716	-0.00024	1.13						
	-0.00083	2.58677	0.39						
	-3.8678	-0.53442	-2.26						
2	-3.14597	-4.44424	-5.52	-0.46953	-1.95593	-2.0275	3.14811	3.630031	3.810699
	0.78375	-1.50322	-2.28						
	-2.91904	-4.87912	-3.64						
	3.40315	3.00287	3.33						
3	2.15706	2.3856	1.73	2.719778	3.024635	3.5975	3.241825	4.561217	4.214605
	-0.85834	-0.5943	-1.35						
	7.00779	9.61702	8.03						
	2.5726	0.69022	5.98						
4	8.32671	6.40028	4.97	3.750413	3.97834	3.5625	5.856301	5.375198	6.891876
	5.41121	4.40336	8.11						
	6.09709	8.74272	7.73						
	-4.83336	-3.633	-6.56						
5	7.39059	3.27437	3.62	3.07694	1.963683	1.7025	7.512785	6.48066	5.802025
	4.57874	2.0493	0.72						
	8.27949	9.11718	8.16						
	-7.94106	-6.58612	-5.69						
6	-7.83004	-4.94645	-4.42	0.55999	2.183615	-0.0575	5.882015	5.142435	3.622636
	2.26519	4.55688	1.59						
	5.92113	2.15888	-1.34						
	1.88368	6.96515	3.94						
7	0.90926	4.1923	-2.41	0.789898	-0.35062	-1.6575	3.079681	4.217338	3.304304
	-3.46007	-5.66295	-5.92						
	1.8945	1.48371	0						
	3.8159	-1.41555	1.7						
8	-2.39141	-2.79901	-3.37	-1.74686	-2.65451	-2.665	2.196361	1.324963	2.555132
	-2.14899	-2.63767	-2.52						
	1.3598	-0.97246	0.69						
	-3.80684	-4.2089	-5.46						
9	5.31882	6.67742	4.14	1.092418	0.988207	0.33	3.683057	5.899683	3.931878
	-3.54375	-3.70537	-4.15						
	2.08921	5.46665	3.07						
	0.50539	-4.48587	-1.74						
10	2.88936	0.22467	1.67	0.755673	-0.37031	-0.1825	3.190654	3.582	2.553878
	3.9722	4.38446	2.36						
	-2.73483	-2.264	-2.46						
	-1.10404	-3.82636	-2.3						
11	-7.73562	-6.08531	-1.82	0.264435	-1.18447	-0.3075	5.744527	4.437982	1.912405
	1.14462	-1.32663	0.48						
	5.93113	4.67864	2.03						
	1.71761	-2.00457	-1.92						
12	0.55258	-0.32221	-1.74	1.497963	2.166475	1.425	0.72593	1.662023	2.293244
	2.24654	2.87147	1.99						
	1.82814	3.11129	3.74						
	1.36459	3.00535	1.71						
Average				1.02668	0.639029	0.280208			

Un altre opció per a optimitzar el *portfolio management* és utilitzar la tècnica *Spectral Clustering* (SC). Aquesta consisteix en realitzar una reducció de la dimensió abans d'agrupar a través del espectre (valors propis) de la matriu de similitud. Aquesta consta d'una avaluació quantitativa de la similitud relativa de cada parell de punts en el conjunt

¹⁶ Anotacions: Rp: retorn setmanal del *portfolio*, E(Rp) Mitjana de la rendibilitat a 4 setmanes del *portfolio*, SD(Rp): desviació estàndard del rendiment setmanal en un mes.

de dades i proporcionada com a *input*. En l'estudi realitzat per Xiaoqiang et al, “*An artificial intelligence application in portfolio management*”, es modela el mercat de valors xinés com una complexa ret en evolució, basada en les fluctuacions diàries dels preus de tancament de totes les accions en el mercat *Chinese A-Share* durant 2010, on el període de negociació va de l'1 de gener de 2009 al 13 d'abril de 2017.

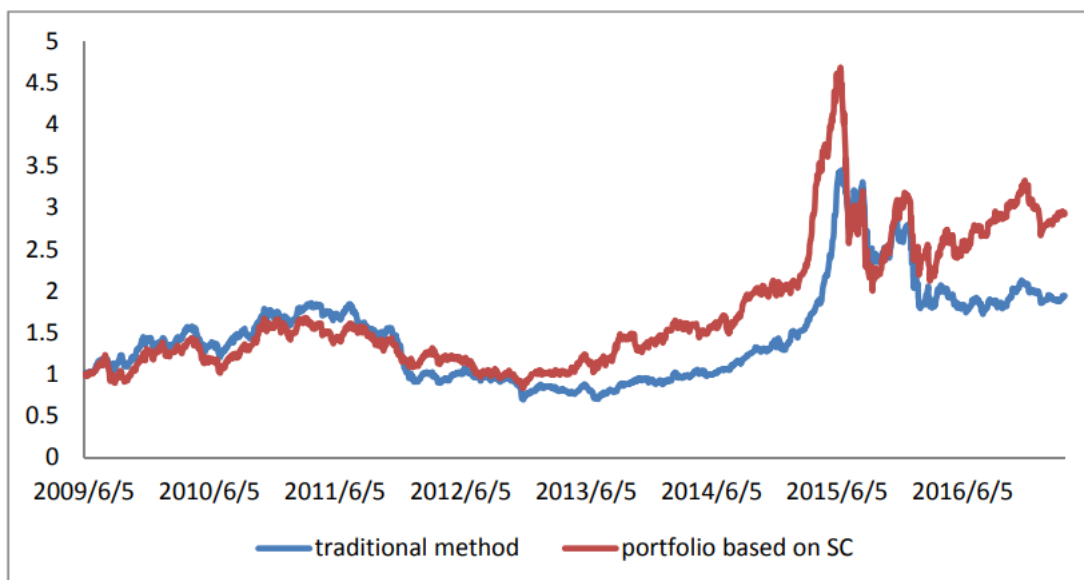
Després utilitzen el SC per a classificar les accions i construir la cartera. En aquesta els nodes es divideixen en 20 categories i, per a cada categoria, es construeix el MST entre ells. Després el node que tingui el major grau de cada categoria es recopila en la cartera.

També construeixen un segon *portfolio*, basat en el mètode tradicional. Es tracta d'un conjunt d'accions amb petits graus en una ret dinàmica complexa. Tots dos son comparats amb l'índex HS300.

Portfolio	α	Sharpe Ratio	Return
HS 300 index	0	0.219	92.8%
portfolio based on SC	2.452	0.235	293.2%
Traditional method	1.692	0.188	193.4%

Podem observar com el *portfolio* basat en SC supera en rendibilitat als altres 2. Normalment, aquests baten al mercat. En la següent figura, es pot observar en més detall la rendibilitat dels dos *portfolios*.

Figura 13: Rendibilitat: Mètode tradicional vs. Mètode basat en SC



6.4. Risk Management

A l'hora de d'obrir una operació, l'anomenat *risk management* és un dels aspectes més importants, per no dir el que més. És en aquesta part on l'inversor decideix quant vol arriscar i com gestionar el capital de la manera més eficient. És a dir, aconseguir la ràtio *risk-reward* més elevada. En els anteriors apartats, hem pogut observar com la IA ens obra noves dimensions i podem obtenir millors resultats. Aquest cas no és l'excepció, i per veure-ho posem 3 clars exemples on la IA ajuda a mantenir un bon *risk management*:

6.4.1 Automated Risk Assessment

La IA, com hem vist, permet manejar i analitzar grans volums de dades no estructurades més ràpidament, segmentant les dades més rellevant per tal de extreure'n el màxim profit, el que permet identificar patrons i tendències i per tant avaluar riscos i generar perfils de risc per a actius, sectors o carteres. L'avaluació de riscos automatitzada és simplement això: permetre als inversors prendre decisions basades en dades i identificar potencials riscos de forma proactiva.

6.4.2 Predictive Analytics

Com he esmentat anteriorment, els algoritmes d'una IA poden detectar patrons i tendències i així generar models predictius. Aquest es poden utilitzar tant per iniciar operacions com per evitar entrar en certs sector en algun moment de temps determinat (tendències baixistes, alta-baixa volatilitat). Aquests coneixements poder guiar i monitoritzar la diversificació de carteres, l'assignació d'actius i les estratègies de cobertura. És per a això que els model predictius son tant importants a l'hora de gestionar bé el risc.

6.4.3 Real-Time Monitoring

Com ja sabem la interconnexió del món financer és extrema, on les notícies circulen a velocitats inimaginables (com hem vist amb el *High Frequency Trading*) i es propaguen als mercats pràcticament al moment. És necessària, doncs, una vigilància extrema i constant que cap éssers humans es pot permetre. Aquí entra la IA, la qual no descansa i pot estar pendent les 24 hores del dia actualitzant i deslliurant-se dels actius amb més risc tancant les operacions quan aquestes arriben a nivells que poden danyar el patrimoni del inversor, i més si aquest està palanquejat. Serveix per tallar pèrdues de manera efectiva i

ràpida. Però no només pot monitoritzar el *portfolio*, sinó també el sentiment de les xarxes socials (com hem vist en l'apartat de *Sentiment Analysis*) per identificar oportunitats d'inversió.

Un clar exemple d'una bona gestió del risc és aquell on l'inversor pot "perdre" 7 de 10 operacions i tot i així seguir sent rentable. Tot consisteix en tallar les pèrdues ràpidament, gestionar el capital amb el que iniciés cada operació i deixar córrer els guanys.

6.5. Personalized Investment Advice

L'anàlisi ampli i ràpid que ens atorga la IA fa que l'aconsellament d'inversió sigui un hàbit prou buscat i desitjat. Tot aquell inversor que es vol endinsar al sector financer però que no disposa del coneixement o confiança per fer-ho pels seus propis medis pot delegar la feina a la IA (entenem que en aquest cas la IA no és utilitzada com a base de coneixement, sinó com a assessor financer).

Recentment ha guanyat molta popularitat *ChatGPT*. Entenc que a aquestes altures tothom coneix què és, i sinó, invito al lector a preguntar a qualsevol conegut que tingui a prop. No entraré a definir com funciona i al dinàmica ne general. Si més no, el menciono perquè és coneguda com la IA del poble, on el seu ús és gratuït i, com era d'esperar, la gent no ha tardat a treure'n profit econòmicament parlant. El 5 de maig de 2023 sortia a la llum una notícia on s'explicava com alguns experts de la consultora financer Finder.com creaven una cartera d'inversió amb l'ajuda de *ChatGPT* que, després de 8 setmanes, havia crescut un 4,9% mentre que els 10 fons més populars del Regne Unit havien perdut de mitja un 0,8% (entre els quals estaven Vanguard, Fidelity o HSBC), segons *Interactive Investor*. (Cal recalcar que aquesta IA no està generada per satisfer qüestions econòmiques, sinó un estil de caràcter general).

6.5.1. Prova Pràctica

I n'és cert que aquest tipus de notícia no és la primera que apareix. Quan em vaig assabentar per primera vegada, vaig fer l'experiment pel meu compte, preguntant quines 10 accions em recomanava comprar a data 29/06/2023. Les 10 seleccionades van ser les següents: Apple Inc. (AAPL) (-3,2%), Amazon.com Inc. (AMZN) (4,77%), Alphabet Inc. (GOOGL) (13,5%), Tesla Inc. (TSLA) (-1,68%), Alibaba Group Holding Ltd. (BABA) (12%), Samsung Electronics Co. Ltd. (005930.KS) (-7,76%), Microsoft Corporation (MSFT) (-2,21%), Nestlé S.A. (NSRGF) (2,1%), Johnson & Johnson (JNJ) (-0,24%) i Visa Inc. (V) (4,38%). Utilitzem com a premissa que el capital s'inverteix en parts iguals i que els possibles dividends obtinguts no es reinverteixen. El resultat ha estat de d'un -

0,38% (29/08/2023), en comparació amb el 1,96% del mercat (S&P 500) . En aquets cas, el *portfolio* originat per *ChatGPT* ha obtingut uns resultats inferiors al del mercat.

En relació a per què va escollir aquestes 10 accions, *ChatGPT* respon: “*elegí nombres de empresas conocidas y diversas en términos de industria y ubicación geográfica. Estas empresas son prominentes en sus respectivos sectores. El objetivo era proporcionar ejemplos representativos de empresas líderes en diferentes sectores y regiones, sin un enfoque específico en la valoración de sus acciones. Mi intención era ilustrar la diversidad y el alcance global de las empresas que a menudo se consideran en conversaciones sobre inversiones y tecnología.*”.

Aquests han estat 5 exemples d'aplicacions de la IA en la inversió, cobrint els principals aspectes. Tanmateix, recalcar que els usos de la IA no es limiten solament a això. Si més no, molts algoritmes també son utilitzats per a una optimització fiscal, per exemple. Algoritmes que vulguin optimitzar la estratègia d'inversió per minimitzar els impactes fiscals i així maximitzar els beneficis. O que t'ajudin a identificar patrons d'activitats fraudulententes en les transaccions financeres, contribuint a protegir el frau.

7. INVERSIÓ HÍBRIDA

La major part dels inversors professionals, però, prefereix utilitzar una estratègia d'inversió més dinàmica i híbrida, on una única IA no és la que gestiona totalment el capital, sinó que es una suma de 2 estratègies d'inversió (com hem vist en l'estudi de Shin-Yuan et al). En aquest cas, l'estratègia d'inversió podria estar constituïda per una part amb una IA i l'altre, per tècniques més tradicionals, cobrint les febleses de cada part.

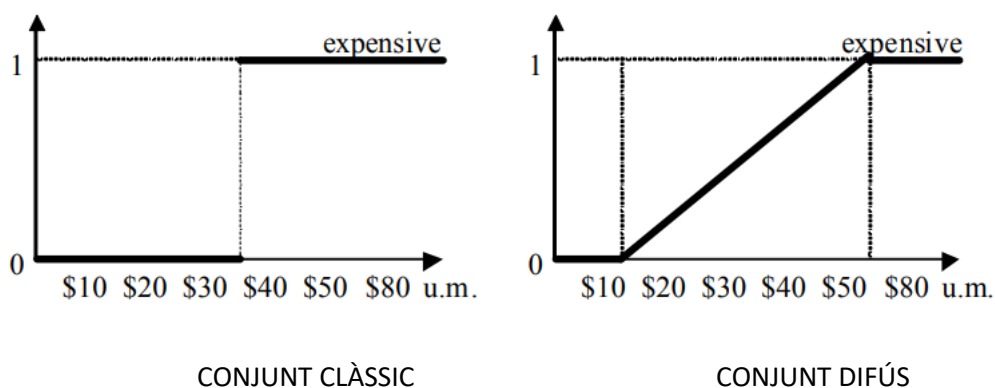
Els mètodes híbrids més comuns son:

7.1. Neuro-Fuzzy System

Aquest sistema combina les propietats de les xarxes neuronals amb la lògica difusa. Com hem vist anteriorment, les xarxes neuronals son capaces d'aprendre patrons complexos a partir de dades històriques. Abans de continuar, però, cal definir què és la lògica difusa.

La lògica difusa permet representar estats incerts de forma més senzilla: en lloc de pertànyer o no al conjunt, un element pot tenir varis graus d'associació amb aquest. Els conjunts difusos son funcions que assignen la associació d'un element al conjunt, en una escala del 0 al 1, on el zero significa que el determinat element no pertany al conjunt, mentre que l'1 significa el contrari. Tots aquells valors entremig, indiquen graus entremitjos de pertinença al conjunt.

Figura 14¹⁷: Exemple Conjunt Clàssic – Conjunt Difús



La lògica binària o convencional, ens diu que un element pot pertànyer o no a un conjunt determinat i mai està entre aquests 2 possibles estats. En la Figura 14 podem veure a l'esquerra un conjunt clàssic i a la dreta un conjunt difús. Tots dos avaluen un producte en funció del seu cost.

¹⁷ Adaptat de Borba (2009)

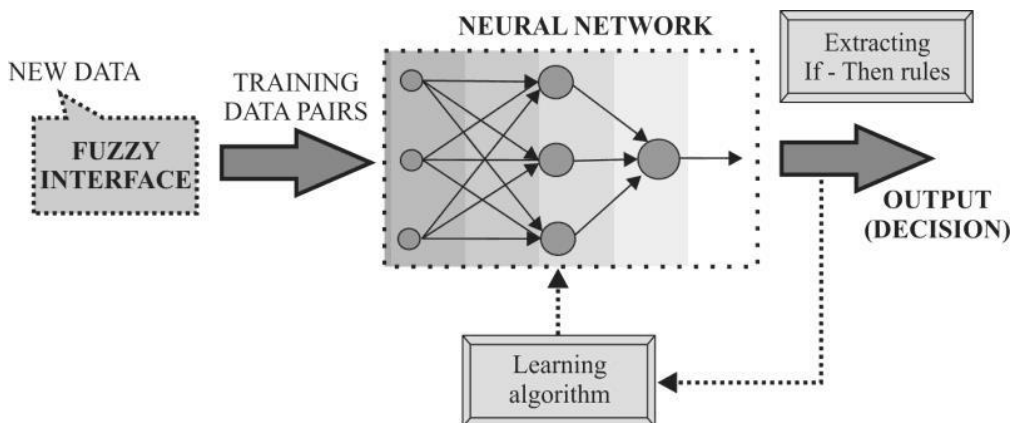
En el conjunt clàssic, el producte de 35\$ és barat i el de 40\$ car. Hi ha una discontinuïtat en el punt en el que el producte es converteix en car. D'altra banda, en el conjunt difús, s'observa com la transició de producte barat a car es progressiu. Ara un producte que costa 45\$ és raonablement car i u producte que costa 30\$ no és tan car. Existeixen infinites possibilitats de que es situï entre 0 i 1, el que fa que aquesta funció sigui més intuïtiva i realista. És possible executar varies operacions amb la lògica difusa. Les més comunes son la unió, la intersecció i el complement. D'aquest mode els sistemes difusos poden moderar la incertesa i la vaguetat de les dades.

Així doncs, combinant ambdues tècniques ens permet capturar tant patrons com incertesa.

7.2. Adaptive ANFIS

L'*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* també utilitza xarxes neuronals i lògica difusa, però es diferencia en que els utilitza de manera estructurada i estandarditzada. És a dir, ANFIS utilitza una arquitectura específica per a fusionar aquests dues tècniques de manera adaptativa. Està dissenyat per modelar relacions complexes entre variables i adaptar-se a canvis en les dades. En canvi, en un *neuro-fuzzy System* no hi ha un enfoc estandarditzat en quant a com s'han de combinar els dos elements, per tant la implementació pot variar significativament.

Figura 15: Estructura bàsica d'un ANFIS



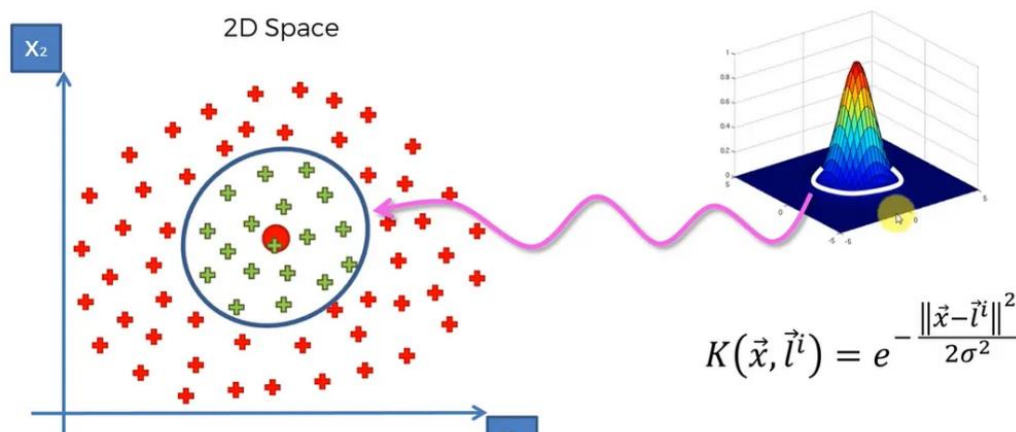
Si tenim dades històriques de preus d'accions, taxes d'interès i notícies econòmiques i volem crear un model que ens ajudi a prendre decisions d'inversió, podem utilitzar ANFIS. En aquest cas, la primera capa podries estar composta per nodes difusos que representen els preus de les accions, taxes d'interès i el sentiment general del mercat

(reflectit per les notícies econòmiques). La segona capa, la capa "takagi-sugeno"¹⁸, combinaria aquests nodes difusos i adaptaria les funcions en base a les dades històriques. Per exemple, si ANFIS observa que les taxes d'interès han augmentat en el passat i això ha provocat la disminució dels preus de les accions, ajustarà els nodes i funcions per a reflectir la relació. A mesura que recopilem més dades ANFIS continuarà adaptant-se per a capturar les complexes interaccions entre aquestes variables i les tendències del mercat.

7.3. Gaussian RBF (Radial Basis Function)

La funció de base radial és una tècnica que s'utilitza en mètodes d'aprenentatge automàtic (com les xarxes neuronals) per a modelar patrons i relacions de dades. El concepte principal es basa en que la resposta de la funció disminueix a mesura que ens allunyem d'un punt central. Un exemple d'això és la funció gaussiana, que pren una forma de campana.

Figura 16: Gaussian RBF Kernel in Non Linear SVM - Suvigya Saxena (2020)



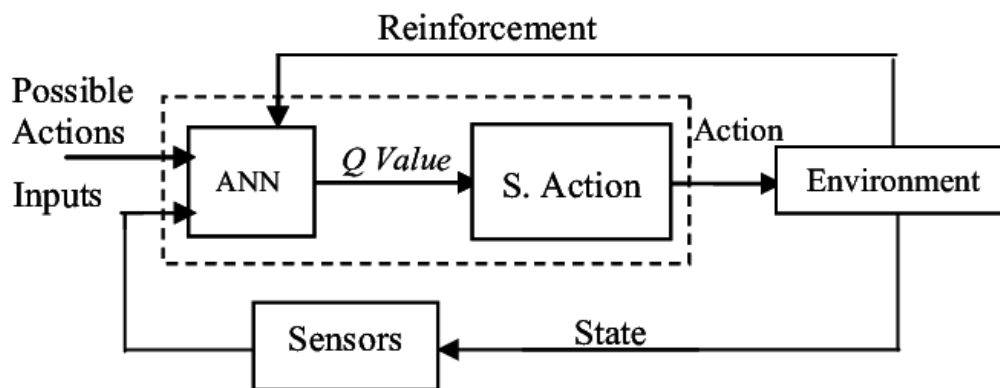
Per a entendre-ho millor, imaginem que estem construint-ne sistema per a pronosticar els moviments futurs del preu del petroli en funció del seu historial. Per fer-ho, utilitzem una xarxa neuronal amb capa RBF. Cada neurona en aquesta capa s'emmarca al voltant d'un "centre" que representa una característica específica, com el preu del petroli un dia determinat. La resposta de cada neurona RBF disminueix a mesura que ens allunyem del centre, seguint la corba d'una funció gaussiana. Combinant les respostes ponderades de totes les neurones RBF, obtenim la sortida final de la ret.

¹⁸ Nomenada així pels seus creadors, Mamoru Takagi y Noboru Sugeno, aquesta capa es una extensió dels sistemes de inferència difusa bàsics, on les regles difuses s'expressen de la següent manera: "si A llavors B", on "A" és la condició i "B" és la conseqüència.

7.4. Neural-Based Q-Learning

Quan combinem el *Q-learning*, que és una tècnica de reforç utilitzada per prendre decisions seqüencials en entorns canviants, amb les xarxes neuronals obtenim un enfoc més poderós anomenat *Neural-based Q-learning*.

Figura 17: Estructura d'un *Neural-based Q-learning*



Per a entendre millor la Figura 17, suposem que estem construint un sistema de *trading* automatitzat per a invertir en accions. Utilitzarem el *Q-learning* per a que el sistema aprengui quan comprar, mantenir o vendre les accions. Utilitzarem la xarxa neuronal (ANN) per a aproximar la funció Q, que avalua la recompensa acumulativa esperada de realitzar una acció en un estat particular.

Per exemple, si el mercat mostra una tendència a la baixa en el preu d'una acció, el sistema podria aprendre a vendre accions per a evitar possibles pèrdues. A mesura que el sistema interactua amb les diferents situacions del mercat i rep recompenses per les seves decisions, la xarxa neuronal ajustarà els pesos per a millorar les seves prediccions sobre les accions òptimes en diversos estats.

Aquest quatre mètodes mencionats funcionen millor en la majoria de casos i donen més rendibilitat, però això no significa que siguin superiors a altres mètodes alternatius.

8. ROBO-ADVISORS

Com hem vist fins ara, la capacitat d'aprenentatge en els algoritmes, *Machine Learning*, és una de les parts més importants a l'hora de millorar la rendibilitat de les inversions. Per exemple, el *Robo-Advisor*, nom compost per “robo” per la part de robòtica i “advisor” per la part d'assessoria, és un complex sistema d'IA amb capacitat d'automatització, autoaprenentatge i auto-millora. Aquests han estat prenent popularitat últimament, però potser el lector no sap què és i no li desperta prou interès. I si li dic, a vostè, que el segon *Robo-Advisor* més famós, Wealthfront, gestionava fins a 2 mil milions de dòlars el 2016 i superava a moltes altres empreses tradicionals de gestió de fons?

Es tracte d'una plataforma digital que proveeix un pla financer automàtic guiat per algoritmes i servies d'inversió amb gairebé cap supervisió humana. Tot comença amb unes qüestions sobre la situació financera del client, la tolerància al risc que desitja i els objectius que vol assolir aquest. Després, utilitza aquesta informació per oferir assessorament i automàticament inverteix per tu. És a dir, l'algoritme determina un perfil d'inversió adequat. El client tant sols s'ha de limitar a respondre algunes preguntes i depositar els diners. Però, és tan simple com sembla? Donen un cop d'ull en més profunditat.

Una vegada respostes les preguntes, el *robo-advisor* utilitza algoritmes sofisticats per a crear una cartera diversificada i ajustada a les inclinacions de l'inversor. Aquestes carteres solen estar compostes per una varietat d'actius, com poden ser accions, renda fixa, o altres instruments financers. Seguidament, es realitza una assignació que busca equilibrar el risc i el rendiment segons les preferències de l'inversor, extretes del qüestionari inicial.

Un element clau dels *robo-advisors* és l'automatització, esmentada anteriorment. Una vegada es crea i s'estableix la cartera, el sistema realitza automàticament compres i vendes, juntament amb els pertinents balancejos en funció dels canvis en els preus dels actius i les condicions de mercat. Això permet mantenir la cartera alineada amb els objectius pactats al llarg del temps.

La majoria d'aquetes IA utilitzen estratègies d'indexació passiva que s'optimitza utilitzant alguna variant de la Teoria Moderna de Carteres (TMC). Generalment, el titular del compte no pot escollir en quins fons mutus o cotitzats en borsa (ETF) invertir, ni comprar accions o bons individualment. No s'ha de confondre amb un *broker* comú.

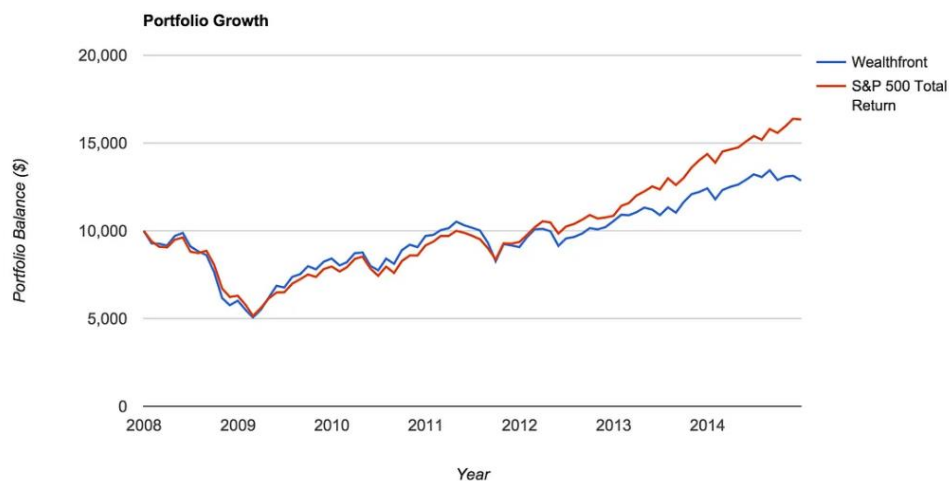
Els serveis dels *robo-advisors* no es limiten a això únicament. D'altres, ofereixen carteres optimitzades per a Inversions Socialment Responsables (ISR) i inversió halal. També realitzen tasques més compostes, com la recol·lecció de pèrdues fiscals o la planificació de la jubilació. Wealthfront, per exemple, incorpora característiques com la optimització fiscal automatitzada per a minimitzar les implicacions fiscals en les transaccions.

La recollida de pèrdues fiscals és una estratègia que implica vendre valors amb pèrdues per a compensar una obligació tributaria sobre els guanys de capital. Aquest tipus d'estratègies es solen utilitzar per a limitar el reconeixement de guanys de capital a curt termini. Per exemple, un *robo-advisor* pot mantenir 2 ETFs estables per a cada classe d'actiu, de mode que si el ETF del S&P 500 perd valor, el *robo-advisor* executarà automàticament l'ordre de venda per a assegurar una pèrdua de capital. Al mateix temps, comprarà un ETF diferent del S&P 500.

Un cop assabentats de què son i com funcionen, cal veure si aquests son capaços de batre al mercat. A l'hora de fer la comparació ens trobem certs problemes: n'hi ha molts i de molt diferents, i tot sense tenir en consideració totes les possibilitats de configuració de cada un d'ells (la tolerància al risc i altres opcions). És per a això que utilitzem 5 premisses com a base de comparació:

- 1- Wealthfront com a representant dels *robo-advisors*.
- 2- S&P 500 com a representant del mercat.
- 3- Utilitzem la opció de distribució de màxim risc¹⁹ de Wealthfront ja que el S&P 500 està compost 100% de renda variable (accions).
- 4- Període seleccionat: 2008 – 2015. De mode que podem observar el comportament en la crisi Immobiliària del 2008.
- 5- Invertim 10.000\$.
- 6- No es té en compte la recollida de pèrdues fiscals

Figura 18²⁰: Evolució del S&P 500 i Wealthfront (2008 - 2015)



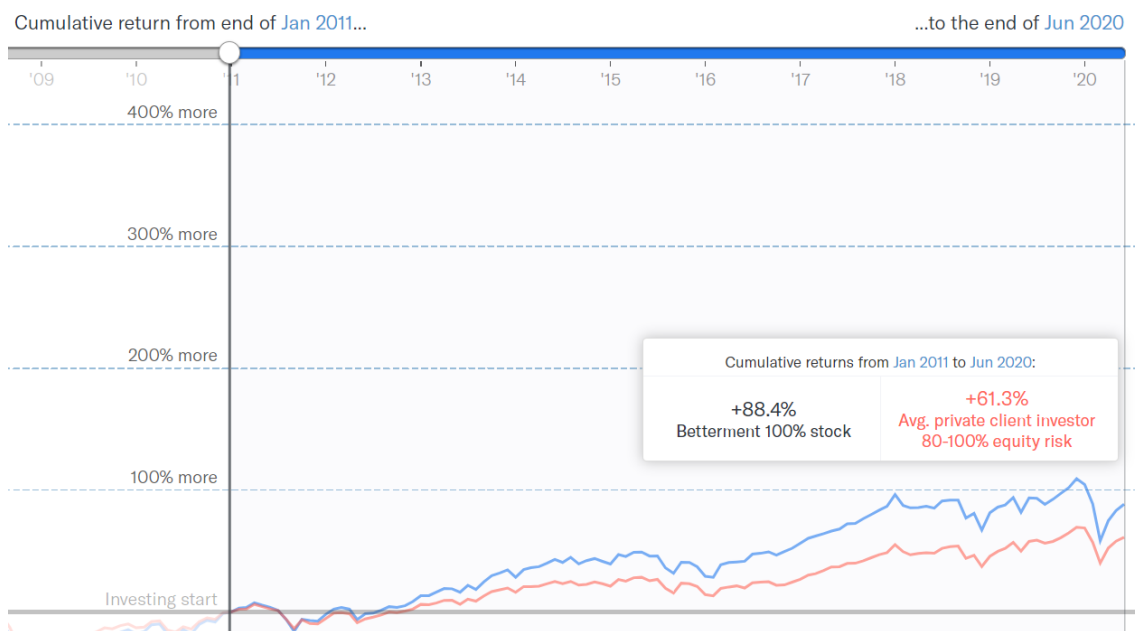
¹⁹ Distribució del capital sense renda fixa.

²⁰ Dades extretes de portfoliovisualizer.com

En aquest cas, els rendiments obtinguts pel mercat són superiors a les obtingudes pel *robo-advisor*. Tot i anar pràcticament parells els primers anys, el S&P 500 acaba el 2015 amb una rendibilitat superior al 50%, mentre que Wealthfront no arriba a aquestes xifres.

Aquests últims anys, la història sembla repetir-se i pot semblar que el mercat sempre guanya a aquestes IA, tot i que no sigui sempre cert. Tot i així, els *robo-advisors* sí estan per sobre dels inversors particulars. En la Figura 19 es pot veure com el rendiment obtingut per Betterment (actualment el *robo-advisor* més gran amb més de 30 mil milions de dòlars sota gestió) (88,4%) és molt superior al rendiment obtingut per l'inversor privat mitjà (61,3%). Això es pot donar al extrem seguiment al peu de la lletra del pla fixat pel *robo-advisor*, així com la gestió del risc, procés d'auto-millora i automatització.

Figura 19²¹: Rendiment Betterment (100% accions) vs. Rendiment Inversor privat mitjà, Gener 2011 – Juny 2020



8.1. Pros i Contras envers un Assessor Financer Tradicional

La majoria de de *Robo-advisors* cobren una taxa anual d'un 0,4%²² o menys segons la quantitat manejada. Això n'és molt menys del 1% tradicional que et cobraria un gestor. L'ús d'aquestes empreses financeres ha crescut exponencialment, sent reconegudes com la **IA del poble**. En el següent quadre resum podem veure alguns motius del per què:

²¹ Dades extretes de portfoliovisualizer.com

²² Dades extretes de [Investopedia](https://www.investopedia.com).

PROS	CONS
<ul style="list-style-type: none"> • Fàcil accés 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca interacció humana
<ul style="list-style-type: none"> • Menor cost, baix capital inicial 	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunitats d'inversió limitades
<ul style="list-style-type: none"> • No requereix experiència en inversions 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversor ha de definir situació financera i objectius d'inversió
<ul style="list-style-type: none"> • Inversió indexada senzilla 	<ul style="list-style-type: none"> • L'enfoc únic no és adequat per a tots
<ul style="list-style-type: none"> • Augment de serveis valuosos 	<ul style="list-style-type: none"> • Estàndards tecnològics desiguals

Cal mencionar que els *robo-advisors* no son considerats assessor financers per a alguns. Melanie L. Fein, en el seu estudi *Robo-Advisors: A Closer Look* (2015), defensa que aquests administren el compte dels clients no segons la situació financera o necessitats de l'inversor, sinó "segons el Plan". Aquest "Plan" es basa en la metodologia d'inversió del *robo-advisor* sobre estratègies d'assignació d'actius per a inversors segons les seves preferències despres de respondre un qüestionari (com he esmentat anteriorment). Tot i això, Melanie destaca que tant la SEC²³ com la FINRA²⁴ han advertit que l'actuació de la IA pot estar basada segons informació incorrecta o incompleta, suposicions, o circumstàncies no rellevant per a l'usuari.

²³ SEC o *Securities and Exchange Commission* és l'organisme de la administració estatunidenc que regula els mercats i protegeix els inversors a EEUU. També supervisa les M&A.

²⁴ FINRA o *Financial Industry Regulatory Authority* és una corporació privada reguladora estatunidenc encarregada de governar i gestionar la activitats entre els corredors de borsa, *dealers* i el públic inversionista.

9. DILEMES DE L'ÚS DE LA IA EN EL SECTOR FINANCER

Aquest és l'apartat més conflictiu. I és que per als simples mortals com jo, el complex món de les intel·ligències artificials i algoritmes que segueixen grans problemes matemàtics, queda lluny. La gran dificultat per entendre el seu funcionament, l'esplèndid potencial que atorguen aquestes intel·ligències artificials i els passos agegantats als que avança, ha donat pas a grans dilemes morals i ètics. Aquesta fascinació ha fet que no ens preguntem si en certs moments s'està utilitzant les IA de forma "correcte". A continuació, una enumeració d'aquets dilemes amb alguns exemples.

9.1. Manipulació de Mercat

Aquest és el dilema que potser més soroll ha fet. Després del que portem de treball, ens hem adonat que una IA és molt més capaç de generar beneficis o identificar oportunitats que un humà. Aquells inversors que disposen d'aquest poder poden quedar cegats per l'afany de beneficis. Creieu que en un sector on la competència és extrema per obtenir els millors resultats, els *hedgefunds* executaran certes operacions sense tenir en compte l'impacte social o ètic? La resposta és clara.

Un exemple és el *Flash Crash*²⁵ de 2010. El 6 de maig de 2010, després de les 13:30, l'índex *Dow Jones* es va desplomar a prop dels 1000 punts (aproximadament un 9%). En aquest tipus d'esdeveniments, el preu del valor o actiu es sol recuperar ràpidament. En aquest cas, el *Dow Jones* va recuperar més de 600 punts en 10 minuts, i per les 14:30 l'índex ja s'havia recuperat de la sobtada caiguda.

El que va passar exactament va ser que una transacció molt gran generada per un sistema automàtic d'alta freqüència de Waddell i Reed Financial, va causar un canvi bruscat en el preu de les accions (En l'apartat 6.1. s'ha explicat què és el HFT i les seves principals característiques). A conseqüència d'aquest ordre, es van executar una quantitat molt gran de contractes E-Mini (futurs d'índexs d'accions). Això provocà una reacció en cadena de tots els algoritmes accentuant molt més la caiguda dràsticament.

La compra i venda de grans volums de valors va donar com a resultat un context d'enorme volatilitat. El 2015, el comerciant va ser arrestat culpable de manipular el mercat. L'algoritme de negociació de Sarao va executar una sèrie d'operacions en curt per a baixar els preus, fet que originà el *Flash Crash*.

Aquest primer dilema està relacionat amb tots els altres.

²⁵ Caiguda sobtada i dràstica del preu d'un valor o actiu en un període de temps curt.

9.2. Ciber-Seguretat, Fraud

Sempre que ens trobem davant una cosa amb gran potencial per canviar les coses, hi haurà gent que les utilitza pel bé, i d'altres per al mal. Parlo d'aquells delinqüents que s'han "modernitzat" i utilitzen complexes intel·ligències artificials per a executar ciber-atacs a empreses financeres (i a particulars).

Hackers podrien explotar vulnerabilitats en els algoritmes d'inversió amb el fi de manipular transaccions o robar informació financera o/i privilegiada. Part del problema ve quan, un cop realitzar l'atac, es busca als responsables i no es troben.

Un altre gran problema és el frau. I es que com comentava, aquesta és l'altre cara de la moneda de la IA. Actualment estan sorgint diverses *startups* per a poder combatre aquesta idea. Aquest pot ser el cas de *Quantexa* i *Fourthline*, que acaben d'aixecar una ronda de finançament de 129 i 54 milions de dòlars corresponentment. Això demostra la gran preocupació d'aquestes institucions, però també inversors. Així ho revela l'enquesta realitzada per *FTI Consulting* per a la consultora *KPMG* a 133 inversors institucionals de tot el món que gestionen més de 3 mil milions de dòlars (entre aquestes trobem bancs privats, *hedgefunds*, gestors de patrimonis, fons de pensions, fons d'asseguradores, fons sobirans i dotacions).

L'estudi afirma que 8 de cada 10 inversors poden perdre interès en les empreses que han patit ciber-atacs. Les conclusions de l'informe mostren que aquests perfils estan començant a prendre consciència de la ciber-seguretat en les empreses, on el 86% considera aquesta àrea com a prioritària de creixement.

Hi ha centenars de notícies sobre frauds financers utilitzant IA i ciber-atacs milionaris.

9.3. Desplaçament Professional (Et traurà la IA el lloc de treball?)

Aquesta és una pregunta que molts treballadors del sector tecnològic es pregunten. En un principi, es pensava que la implementació de les IA trauria els llocs d'aquelles feines menys qualificades (jo no soc ningú per jutjar la feina dels demes. És més, penso que, fins i tot aquelles feines que semblen "poc útils" actuen com a pilar fonamental del funcionament de la societat). Tornant al que estava comentant, es pensava que, amb l'arribada de les noves tecnologies, les primeres feines que es veurien substituïdes per màquines serien aquelles amb menys necessitat de qualificació (feines més mecanitzades, contínues i repetitives).

Però, ens hem trobat en una situació completament diferent a la que ens pensàvem. Feines com la de programadors informàtics es veuen substituïdes per IA que ajuden a la gent sense coneixements a programar el que desitgen, simplement escrivint en un paràgraf el que volen i com (en una IA).

Amb aquestes capacitats, sembla que la IA faci la feina molt més eficient i barata que un humà. El debat està a la taula.

Un clar exemple relacionat amb el món financer és el cas comentat anteriorment: els *robo-advisors*. En l'apartat dedicat a aquests es comentava una sèrie de pros i de contres dels seus usos. Els grans avantatges en comparació amb els assessors financers tradicionals, ha fet que la demanda per a aquests caigui a mesura que augmenten els usuaris en aquesta innovadora IA.

9.4. Exclusió Financera, Discriminació i Biaix

Els algoritmes de les IA poden estar esbiaixats i condicionats si son entrenats amb dades històriques que reflecteixen prejudicis i desigualtats passades, el que pot resultar en decisions discriminatòries o injustes.

Un cas molt sonat és el d'*Apple* i la famosa *Apple Card*. El sistema de crèdit automatitzat d'aquesta targeta atorgava límits de crèdit superiors als homes en comparació amb les dones. I no es perquè algun dirigent d'*Apple* ho volgués així, sinó perquè l'algoritme va interpretar les dades d'aquesta manera. D'aquí la importància de tenir una bona base de dades ven interpretada.

En el sector creditici també s'han viscut situacions similars. S'ha donat casos on la IA d'algun banc a rebutjat prestar diners a gent segons l'ètnia, segment de la població o educació financera que pertanyin o tinguin, donant lloc a situacions injustes i discriminatòries. Aquestes van ser solucionades més tard.

Aquest dilema ens dona pas als següents, ja que va molt relacionat amb la falta d'empatia, emoció i intuïció.

9.5. Falta d'Intuïció Humana

La completa automatització pot ser molt fantasiosa. De veritat que veig el romanticisme en deixar que una IA prengui el 100% de les accions mentre tu et limites a "viure la vida". Però aquesta automatització pot portar a una presa de decisions amb falta d'intuïció i judici. Allò que certes persones anomenen "sisè sentit".

En moments inesperats de l'economia (com una explosió d'una bombolla), els algoritmes poden seguir operant en funció dels patrons històrics, sense anticipar la magnitud de la crisi.

Imaginem que estem al 2008, just començada la crisi immobiliària. Si les IA interpreten les dades que s'estan vivint actualment (caiguda de preus) com una oportunitat constant

i decideixen palanquejar-se en les operacions en llarg (ja que les dades històriques que disposen comencen el 2001), la fallida de la institució en qüestió seria imminent.

Això, com es obvi, suposa per a qualsevol institució financera un malt de cap molt gran. Per tant, han invertit molts esforços en intentar millorar i perfeccionar els algoritmes, de mode que aquestes hipotètiques situacions no es donin de cap manera. Avui en dia, estan tan entrenades en comparació amb el passat que canviarien la estratègia d'operacions de llarg a curt, exprimint tot benefici possible.

9.6. Falta d'Empatia i Emoció

Certes IA estan programades amb unes característiques d'auto-millora i aprenentatge a partir dels resultats que obté. Però és molt difícil de quantificar i simbolitzar en variables exògenes alguns sentiments, allò que ens fa humans i que més ens diferencia de les IA.

En moments de canvi personal, com el naixement d'un fill o l'expulsió del teu lloc de treball, la IA podria no ajustar-ho correctament a la estratègia d'inversió per a reflectir les teves noves circumstàncies. En aquesta estratègia potser desitjaries que la IA prengués decisions més conservadores i amb menys risc.

És cert que el assessorament de la IA seria objectiu i basat en dades històriques, però no atorgaria comprensió sentimental i emocional que un assessor humà podria haver brindat, i que potser el client també buscava.

Encara que sigui una exageració, el següent dit ens pot entendre millor el dilema: “Les IA son màquines de matar. Autèntiques assassines que no els importa el mal que facin o la situació en que et trobis mentre aconseguixin els rendiments objectius, no perquè vulguin, sinó perquè estan fetes per a això”.

9.7. Excessiva Dependència de les IA

En els paràgrafs anteriors hem comentat com la esplèndida capacitat de les IA pot cegar l'inversor depositant tota la seva confiança en aquestes tecnologies. No se'ls pot culpar després de veure el potencial.

Però també hem vist com hi ha certs paràmetres que encara no s'han perfeccionat i que tant sols un ésser humà pot comprendre. També hem vist que a lo millor l'estratègia no adopta les noves circumstàncies en les que et trobes.

Si configures un *robo-advisor* amb el màxim risc possible, pot ser que obtingui rendiments inferiors o negatius. I si a més a més, et trobes en una situació on requereixis els diners (pagar la universitat del teu fill), pots no disposar de tots degudes les pèrdues.

Aquesta excessiva dependència en la IA i la poca diversificació i prudència va fer que no assolissis els “objectius” de la vida quotidiana.

9.8. Falta de Transparència

Com bé porto dient uns quants cops en el treball, les IA es sostenen en grans equacions i problemes matemàtics difícils d’entendre i interpretar, el que dificulta moltes vegades la comprensió de com s’arriba a una decisió en concret.

Aquesta falta de comprensió pot venir tant de la part dels inversors com de les institucions (sí, per més estrany que soni). El 2019, quan inversors d’un fons d’inversió van preguntar com s’havien pres les decisions de les seves inversions (el que ve sent el mateix que preguntar com actua l’algoritme), els responsables del fons no van poder proporcionar una resposta clara degut a la complexitat de l’algoritme. Això provocà preocupacions entre els inversors sobre la falta de transparència en la gestió dels seus actius.

El 2020, la SEC (Comissió de Borsa i Valors dels EEUU) va expressar la seva preocupació sobre la falta de transparència d’alguns *robo-advisors*, ja que els inversors no podien comprendre del tot com funcionaven els algoritmes que manejaven les seves inversions.

En el següent apartat, Regulacions, veurem què n’opinen i què n’estan fent al respecte les grans institucions reguladores al respecte.

10. REGULACIONS

Un cop vist el potencial, usos, aplicacions i dilemes de les IA en les inversions, cal veure què n'opinen i quines mesures aplicaran les entitats reguladores financeres. Aquelles entitats que prediquen pel bé de la societat. Aquestes institucions reguladores solen actuar i canviar les coses quan ens trobem en un nou paradigma, com és en el cas de l'arribada de les IA al sector financer.

Aquesta arribada és relativament recent i és difícil de regular per la seva complexitat. Nous dilemes, burocràcia, transparència, perspectiva o lluites amb els fons d'inversió són algunes de les traves que superen les lleis abans de ser aplicades.

Quan apareixen novetats disruptives capaces de canviar el món (en aquets cas el financer), s'han de prendre mesures. Ja va passar amb les *cryptos*: l'aparició de monedes digitals descentralitzades no va agradar gaire, i es van aplicar mesures reguladores (dintre del que es pot). O amb la crisi del 2008, la qual va estar seguida de grans canvis reguladors en el sector hipotecari, bancari i financer.

La IA no és un cas diferent. Moltes entitats reguladores han expressat les seves preocupacions sobre l'ús de la IA en alguns serveis financers degut als majors riscos de privacitat de dades i ciber-seguretat.

Una d'aquestes és el Banc d'Espanya, que prega la protecció del client i adverteix que la necessitat d'emprar un volum molt elevat de dades augmenta la rellevància dels problemes de privacitat i els riscos de que algunes entitats puguin utilitzar determinades dades sense que els clients siguin plenament conscients.

Gary Gensler, president de la SEC, va declarar: “La tecnologia, els mercats i els models de negoci canvien constantment. Per tant, la naturalesa del treball de la SEC ha d'evolucionar a mesura que evolucionen els mercats que supervisem”, fent referència a la necessitat d'implementar noves lleis reguladores.

A data 13 de juny de 2023, la SEC ha contemplat un pla llargament elaborat per frenar els conflictes d'interessos associats a la intel·ligència artificial, que es podria introduir tan aviat com a l'octubre del mateix any (2023).

A data 13 de juliol de 2023, la Unió Europea prepara la “Llei de IA” per a regular aquesta en els diferents sectors, dividint les infraccions entre risc nul o mínim, risc limitat, risc elevat i risc inacceptable. És imprescindible aplicar el principi de precaució i ètica en tecnologies disruptives com la IA.

Destacar que les empreses públiques no estaran soles en aquesta lluita. Empreses privades (com Quantexa i Fourthline vistes anteriorment) ja estan apareixent amb finalitats de donar seguretat, transparència i combatre el frau.

11. CONCLUSIONS

Permeteu que comenci les conclusions de la mateixa manera que he començat el treball; dient que estem en un context històric amb molts pocs precedents a la història. Crec que el món financer viu una sensació semblant i nostàlgica a la del 1999 (.com). Una sensació poc freqüent de creure sobrepassar els límits de la història coneguts fins el moment i desconèixer on acaben aquests. Una sensació atterradora i a l'hora fascinat pel què pot arribar a ser o passar, i com evolucionarà pel camí.

Al llarg d'aquest treball ha quedat més que demostrat que amb l'ajuda de les IA el sector financer evoluciona cap a l'eficiència: menys costos, més rendibilitat. Els complexos algoritmes i les seves aplicacions han demostrat anar un pas més enllà: millorant l'optimització del *portfolio*, segmentant dades o analitzant el mercat d'entre d'altres. Les facilitats que ha atorgat i atorgarà aquestes IA a tant inversors particulars com institucionals canviarà la manera de veure la inversió.

Les professions financeres es veuran cada vegada més eclipsades pel potencial de les IA, com la dels gestors tradicionals, però que mai desapareixeran completament.

El major canvi, al menys a curt termini, el viuran les institucions financeres com els *hedgefunds*, que pivotaran cap a un model de negoci més automatitzat, aprofitant-se de les capacitats atorgades per la IA. Això si, sense perdre mai l'essència humana. En cap moment penso que aquests negocis passin a ser totalment dirigits per algoritmes en el futur proper. Els particulars també experimentaran canvis, però més tard.

Aquest nou model de negoci estarà compost per humà i màquina, donant lloc a la millor estratègia d'inversió mai aplicada. Les facilitats, automatització i autoaprenentatge juntament amb la intuïció, visió i raonament humà.

Respecte les regulacions, trobo que encara és molt d'hora per començar a establir lleis amb caràcter per regular o limitar certes parts. Crec que com tothom, les institucions reguladores estan a la espera de veure com evoluciona. Si més no, penso que la solució dels dilemes i problemes comentats son una prioritat en aquest descobriment, i s'aniran solucionant amb el temps.

Qui sap quin camí prendrà això. L'esser humà és un ser que no deixa de sorprendre, capaç d'anar més enllà dels límits, capacitats i propis coneixements. Limitar o prohibir l'ús de la IA en les inversions seria un pas enrere. Han arribat per quedar-se i canviar les regles del joc, igual que va fer internet, marcant un abans i un després.

Quan es tracta de progrés controlat i ètic, no es pot mirar cap a una altra banda.

12. BIBLIOGRAFIA

- M. Chang. (2018). How A.I. Traders Will Dominate Hedge Fund Industry. <https://youtu.be/lzaBbQKUtAA>
- Integrating arbitrage pricing theory and artificial neural networks to support portfolio management, Shin-Yuan Hung, Ting-Peng Liang, Victor Wei-ehi Liu
- T. Kimoto, K. Asakawa, M. Yoda and M. Takeoka, Stock Market Prediction System with Modular Neural Networks, Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks 1990 1 (1990), 1-6
- Ducarmoio, Matteo: "The evolution of hedge fund performance using artificial intelligence in their processes over the past decade."
- G.S. Jang, F. Lai, B.W. Jiang and T.M. Parng, Intelligent Stock Trading System with Price Trend Prediction and Reversal Recognition Using Dual-Module Neural Networks, Journal of Applied Intelligent 3 (1993) 225-248
- R. Roll and S.A. Ross, APT - Balancing Risk and Return (The Roll and Ross Asset Management Corporation, 1991)
- C.Y. Lin, V.W.C. Liu and LF. Chu, A Research of Examining the Macroeconomics Factors and Constructing the Optimal Portfolio for the Taiwan Stock Market - Using the Arbitrage Pricing Theory Approach, NSC Report 81-0301-H110-501, Taiwan (Sep. 1992)
- "Aplicación de la Inteligencia Artificial en las Inversiones Financieras" por Carlos Ruiz Barón
- J.K. Lee, R.R. Trippi, S.C. Chu and H.S. Kim, K-FOLIO: Integrating the Markowitz Model with a Knowledge-Based System, The Journal of Portfolio Management (Fall 1990) 89-93.
- Eric Budish, Matteo Aquilina, Peter O'Neill. Quantifying the High-Frequency Trading "Arms Race", Quarterly Journal of Economics, 2021

- Wuerges, A. F., y Alonso Borba, J. (2009). Artificial Intelligence Systems applied to Accounting, Auditing and Finance. Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil.
- “ROBO-ADVISORS: A CLOSER LOOK”, by Melanie L. Fein (2015)
- Catherine D’Hondt, Rudy De Winne, Eric Ghysels, Steve Raymond “Artificial Intelligence alter egos: who benefits from robo-investing?”, 2019
- Xiaoqiang Zhang, Ying Chen: “An artificial intelligence application in portfolio management” (2017)
- The Hummingbird Project (2018)
- Brusseau, James: “AI Human Impact : Toward a Model for Ethical Investing in AI Intensive Companies“ (2021)
- Vedapradha. R, Hariharan Ravi “Application of Artificial Intelligence in Investment Banks” (2018)
- ETF Database: ETFs with AI
- “A Machine Learning Method for Prediction of Stock Market Using Real-Time Twitter Data” by Saleh Albahli , Aun Irtaza, Tahira Nazir, Awais Mehmood, Ali Alkhalifah and Waleed Albattah
- Ben Faromade, Barry Elliott, Ebube Emeh, Zackary Hal:“BEHAVIORAL FINANCE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SOCIAL MEDIA ANALYTICS & IMPACT OF SWARMS AND HUMAN CROWDS ON THE STOCK MARKET”
- Sean Cao, Wei Jiang, Junbo Wang, Baozhong Yang “From Man vs. Machine to Man + Machine: The Art and AI of Stock Analyses” (June 2022)
- Tushar Rao, Saket Srivastava: “Analyzing Stock Market Movements Using Twitter Sentiment Analysis”