

Dipartimento  
di Economia e Finanza

Cattedra di Teoria e Gestione del Portafoglio

# Gli effetti del Global Warming sul rendimento dei titoli delle imprese statunitensi

---

Prof. Borri Nicola

RELATORE

---

Prof. Benigno Pierpaolo

CORRELATORE

Fucini Andrea

Matr. 693941

---

CANDIDATO

Anno Accademico 2018/2019

## Indice

1. Introduzione .....	3
2. Il cambiamento climatico .....	9
2.1 Gli effetti del cambiamento climatico .....	10
2.2 I rischi finanziari legati al cambiamento climatico .....	11
2.3 Effetti macroeconomici causati dal riscaldamento globale .....	12
3. Esposizione dei titoli a temperature anomale .....	16
3.1 Metodologia .....	17
3.2 Dati utilizzati e fonti .....	18
3.2.1 Industry Portfolios.....	18
3.2.2 Fattori Fama – French .....	20
3.3.3 <i>Temperature Shock</i> .....	20
3.3 Risultati empirici.....	21
3.4 Test sul modello.....	25
3.4.1 Modello a 5 fattori.....	26
3.4.2 Eteroschedasticità ed autocorrelazione .....	29
3.4.3 Regressioni <i>rolling window</i> .....	30
4. Possibili scenari futuri.....	36
5. Conclusioni .....	41
6. Appendice.....	42
7. Bibliografia e sitografia.....	59

## 1. Introduzione

Il 1998 ha rappresentato l'anno in cui si è iniziato ad affrontare con decisione il tema del cambiamento climatico, individuando nelle emissioni di gas serra prodotte dall'uomo, la sua causa principale. Questo è infatti l'anno in cui, per la prima volta, è stato fatto riferimento alla teoria dell'effetto serra e quello in cui è stato fondato l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), il più importante organismo internazionale nell'ambito della valutazione dei cambiamenti climatici.

Nonostante lo scetticismo iniziale su tale argomento, il cambiamento climatico è ormai riconosciuto dai cittadini di tutto il mondo. Secondo una ricerca pubblicata dal Pew Research Center svoltasi nel 2018<sup>1</sup>, tale fenomeno è ritenuto una minaccia per il proprio paese dall'88% degli intervistati, con percentuali che arrivano fino al 96% in Grecia, facendo registrare un aumento di oltre il 10%, rispetto ad una stessa ricerca effettuata nel 2013.

Mai come negli ultimi anni si stanno osservando gli effetti dirompenti del riscaldamento globale: lo scioglimento dei ghiacciai ed il conseguente innalzamento dei mari, l'acidificazione degli oceani, fenomeni meteorologici estremi, aumento delle precipitazioni in alcune regioni e siccità ed ondate di calore in altre. In particolare, secondo uno studio svolto da Lau e Nath (2012)<sup>2</sup>, in alcune località, la frequenza di ondate di calore sarebbe più che raddoppiata negli ultimi anni e si prevede che possa crescere di quasi cinque volte nei prossimi cinquanta anni.

Questi effetti sono riconducibili all'aumento delle temperature medie globali che hanno ormai raggiunto livelli senza precedenti. Il 2016 è stato fino ad ora l'anno più caldo, facendo registrare un aumento della temperatura media annuale di 0.99 °C rispetto alle medie osservate nel corso del ventesimo secolo. Particolarmente esemplificativo è il fatto che le prime cinque posizioni siano occupate dagli ultimi cinque anni e che le prime venticinque posizioni si siano registrate tutte a partire dal 1990, mostrando una chiara tendenza delle temperature a crescere con il passare degli anni.

Lo scopo di questa tesi è quello di determinare se tale fenomeno sia in grado di influenzare l'andamento dei titoli delle imprese quotate nelle borse statunitensi.

---

<sup>1</sup> Fagan Moira, Huang Christine (2018), "A look at how people around the world view climate change", Pew Research Center.

<sup>2</sup> Lau, Ngar-Cheung, Mary Jo Nath (2012), "A model study of heat waves over North America: Meteorological aspects and projections for the twenty first century", *Journal of Climate* 25, 4761-4784.

L'ipotesi è che l'aumento delle temperature, dovuto al *climate change*, possa determinare in maniera significativa il valore dei titoli delle imprese appartenenti a determinate industrie, vuoi per effetti diretti sulla produttività, vuoi per motivi reputazionali.

Si ritiene infatti, che il verificarsi di temperature particolarmente alte, possa influenzare il prezzo dei titoli in tre modi:

- Danneggiando in modo diretto gli asset delle società o riducendone la produttività;
- Condizionando le scelte degli operatori che potrebbero decidere di non investire in settori ritenuti esposti al rischio climatico;
- Spingendo quest'ultimi a contrastare il cambiamento climatico, non finanziando imprese che ritengano dannose per l'ambiente.

Il tema degli effetti del cambiamento climatico sull'economia è stato ripreso più volte dalla recente letteratura. Choi, Gao e Jiang (2019)<sup>3</sup> hanno osservato come le ricerche su internet relative a tale argomento aumentino quando la popolazione sperimenta temperature particolarmente alte; Chang, Huang, and Wang (2018)<sup>4</sup> hanno rilevato che i livelli di inquinamento dell'aria influenzano fortemente la stipula delle assicurazioni sanitarie, aumentando quando questi sono elevati e diminuendo in caso contrario. Busse, D. Pope, J. Pope, e Silva-Risso (2015)<sup>5</sup> hanno dimostrato che la scelta di acquistare veicoli più adatti a climi freddi o caldi dipenda dalle condizioni meteo al momento dell'acquisto, ed alla stessa conclusione, ma relativamente alle scelte di acquisto di abbigliamento estivo o invernale, erano arrivati Conlin, O'Donoghue, and Vogelsang nel 2007<sup>6</sup>.

A differenza degli studi appena citati, in questa tesi viene spostata l'attenzione dal consumatore alle imprese, nel tentativo di individuare quali settori risentano maggiormente del *Global Warming*. Il motivo per cui risulta utile osservare le compagnie e non i comportamenti della popolazione, è dato dal fatto che, sebbene il modificarsi degli atteggiamenti dei consumatori svolga un ruolo indiscutibile nel determinare l'andamento dei titoli azionari, essa non è certamente l'unica variabile di cui le società devono tenere conto. Osservare i titoli, consente quindi di cogliere la totalità delle conseguenze che il cambiamento climatico ha sulle aziende.

I risultati di questo studio possono rappresentare un utile strumento sia per quelle imprese appartenenti ai settori che presentano una maggiore esposizione ai rischi legati all'aumento delle

---

<sup>3</sup> Choi Darwin, Gao Zhenyu, Jiang, Wenxi (2019), Attention to Global Warming. Review of Financial Studies, Forthcoming.

<sup>4</sup> Chang T., W. Huang, Y. Wang (2018), "Something in the air: Pollution and the demand for health insurance", Review of Economic Studies 85:1609-34.

<sup>5</sup> Busse, M., D. Pope, J. Pope, J. Silva-Risso (2015), "The psychological effect of weather on car purchases", Quarterly Journal of Economics 130:371-414.

<sup>6</sup> Conlin, M., T. O'Donoghue, T. Vogelsang. (2007), "Projection bias in catalog orders", American Economic Review 97:1217-49.

temperature, in fase di pianificazione aziendale, sia per gli investitori che devono decidere quali titoli inserire nel proprio portafoglio.

La tesi si compone, oltre che di questa introduzione, di quattro capitoli.

Il primo introduce il tema del cambiamento climatico. Dopo un breve *excursus* su come si sia evoluto il dibattito su questo argomento, passeremo ad esaminare gli effetti che il riscaldamento globale sta avendo sul pianeta e l'economia. Come vedremo nel prossimo capitolo, tale fenomeno non solo rappresenta un pericolo per la salute dell'intera popolazione mondiale, ma porta con sé un elevato numero di rischi finanziari, denominati *Climate Related Financial Risks* (CRFR), che le imprese dovranno affrontare, dovendo proseguire la propria attività in un contesto profondamente mutato. Su questo tema, la *Task Force on Climate-Related Financial Disclosures* (TCFD)<sup>7</sup> ha individuato due principali categorie di rischi:

- *Transition risks*;
- *Physical risks*.

La prima categoria si riferisce alle difficoltà che le imprese incontreranno nella necessaria transizione ad un'economia *lower-carbon*, nella quale sono stati inclusi il rischio legale e di policy, quello tecnologico, di mercato e reputazionale.

La seconda si riferisce a tutti quei cambiamenti del clima che potranno avere un impatto diretto o indiretto sulle imprese. Fanno parte di questa categoria il rischio acuto e quello cronico.

Uno studio effettuato dall'Economist Intelligence Unit<sup>8</sup> ha quantificato in \$4.2trillion le perdite totali che gli investitori dovranno sostenere a causa del cambiamento climatico. Nonostante questo, così come evidenziato da un recente report della TCFD, ad oggi sono ancora pochi gli attori economici che dimostrino consapevolezza dei rischi legati al riscaldamento globale. Questo è riconducibile alla scarsa disponibilità di adeguate informazioni sul tema ed alla difficoltà nel comprendere come gli impatti ambientali possano influenzare l'economia reale ed il sistema finanziario.

Il secondo capitolo cerca di colmare proprio alcune di queste lacune, individuando quei settori i cui rendimenti azionari sono maggiormente influenzati dall'andamento delle temperature e dimostrando allo stesso tempo che perfino l'aumento di pochi gradi centigradi, può avere effetti importanti non solo sull'ambiente, ma anche sull'economia. Una maggiore conoscenza di quale sia l'impatto del riscaldamento globale sulle imprese, consentirebbe di effettuare scelte di

---

<sup>7</sup> Task Force on Climate-related Financial Disclosure (2017), "Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosure".

<sup>8</sup> Economist Intelligence Unit (2015), "The Cost of Inaction: Recognising the Value at Risk from Climate Change".

investimento più consapevoli ed allo stesso tempo di favorire manovre che possano contrastare questo fenomeno.

Il modello utilizzato per questo scopo è una versione modificata di quello a tre fattori di Fama e French, al quale è stata aggiunta una quarta variabile, denominata *Temperature Shock (TS)*, al fine di tenere in considerazione la deviazione delle temperature medie dal proprio valore atteso. L'idea è che, con questo modello, sia possibile spiegare in maniera più esaustiva l'andamento dei titoli delle imprese appartenenti ad industrie che presentano una significativa sensibilità all'innalzamento delle temperature medie.

Per studiare l'eventuale influenza che le temperature hanno sulle varie industrie sono stati utilizzati i 49 Industry Portfolios, costruiti da Kenneth French, consultabili sulla sua pagina ufficiale<sup>9</sup>. Ciascun portafoglio rappresenta una specifica industria: in ognuno sono state inserite tutte le società quotate nelle borse NYSE, AMEX e NASDAQ sulla base del loro codice SIC. Lo studio degli Industry Portfolios consente quindi di disporre di indici che permettano, a livello settoriale, di determinare se le temperature abbiano avuto un effetto sui titoli azionari delle imprese che li compongono.

L'analisi è stata effettuata sul periodo che va da gennaio 1979 a dicembre 2018. Come vedremo nel corso del secondo capitolo, ne è emerso che quattro portafogli presentano risultati statisticamente significativi, dimostrando una sensibilità all'andamento delle temperature. Essi sono: *Food Products, Healthcare, Rubber & Plastic Products e Personal Services*. Tutti i portafogli individuati, se pur in misura diversa, risultano penalizzati dall'aumento delle temperature: il coefficiente relativo alla variabile *Temperature Shock* risulta essere negativo; questo significa che nel caso *TS* continuasse ad aumentare, così come è stato negli ultimi anni, i rendimenti di questi portafogli subirebbero un rallentamento. Un secondo elemento rilevante è dato dal fatto che per questi quattro portafogli, l'aggiunta della variabile *Temperature Shock*, ha consentito di ottenere un  $R^2$  *Adjusted*, superiore rispetto a quello ottenuto dal classico modello a 3 fattori di Fama e French. Questo dato avvalora l'ipotesi che, per le imprese appartenenti a determinati settori, un modello che tenga in considerazione la deviazione delle temperature dal loro valore atteso, risulti essere più adatto.

Il capitolo prosegue effettuando dei test per verificare che i dati ottenuti dalla regressione possano essere considerati attendibili. In particolare, è stato ripetuto lo studio applicando un modello che utilizzasse, oltre ai quattro fattori descritti precedentemente, un ulteriore elemento, ossia il fattore *momentum*; sono stati corretti gli errori standard dei coefficienti stimati per l'eventuale presenza

---

<sup>9</sup> <http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/index.html>

di eteroschedasticità e autocorrelazione all'interno del modello ed infine sono state svolte regressioni *rolling window* utilizzando sotto campioni di diverse dimensioni.

In riferimento al modello a cinque fattori, sono stati ottenuti risultati simili a quello che ne considera solo quattro: i portafogli individuati come sensibili alle temperature sono i medesimi, con livelli di significatività pressoché invariati. Tale risultato fornisce un'importante riprova sull'influenza che le temperature esercitano sui rendimenti dei settori relativi a questi portafogli.

Allo scopo di correggere gli errori standard è stato utilizzato lo Stimatore di Newey–West, con il quale è possibile stimare un'approssimazione della matrice delle covarianze che permetterebbe di ottenere un valore del pValue più affidabile, nel caso in cui fossimo in presenza di eteroschedasticità ed autocorrelazione. L'applicazione di tale correzione non ha modificato i risultati precedentemente ottenuti. Ancora una volta infatti, i portafogli per cui la variabile *TS* risulta statisticamente significativa sono i quattro già noti.

Le regressioni *rolling window* svolte sul modello hanno permesso di ottenere due importanti informazioni. La prima è che, utilizzando sottocampioni di dimensioni eccessivamente ridotte, i portafogli non sembrano essere influenzati dalle temperature. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che sia necessario un arco temporale sufficientemente ampio, per poter osservare gli effetti del clima sui rendimenti delle imprese. La seconda è che il valore dei coefficienti relativi alla variabile *TS* e la loro significatività, tendono a variare nel tempo.

Osservando i dati, tale variazione sembra essere legata, almeno per una parte dei portafogli, al valore medio assunto dalla variabile *Temperature Shock* durante il periodo preso in considerazione dai vari sottocampioni delle *rolling window*.

Il terzo capitolo è stato dedicato alla verifica ed all'approfondimento di questa intuizione. A questo scopo, per ognuno dei 49 *Industry Portfolios*, è stata svolta una regressione lineare semplice tra la statistica *t* relativa al *t*-esimo sottocampione<sup>10</sup> e la variabile  $\overline{TS}_t$ , ovvero il valore medio assunto da *Temperature Shock* all'interno dello stesso sottocampione. Dall'analisi è emerso che la significatività della variabile *TS* risulta dipendere dalle temperature per 31 portafogli, relativi ad altrettante industrie. Per questi settori è stato inoltre possibile calcolare il valore critico di  $\overline{TS}$ , superato il quale, la variabile *TS* del nostro modello originale diventa statisticamente significativa. Come è facile aspettarsi, non tutti e 31 i portafogli presentano un valore critico di  $\overline{TS}$  verosimilmente raggiungibile nel prossimo futuro. Tali settori sono quindi considerabili non a rischio, anche in caso di un forte aumento delle temperature. Al contrario, 15 portafogli non

---

<sup>10</sup> La dimensione dei sottocampioni utilizzati è di 450 mesi. Questo perché, come detto precedentemente, per cogliere gli effetti delle temperature sui rendimenti dei vari settori, risulta necessario utilizzare campioni sufficientemente grandi. In totale il numero di sottocampioni utilizzati è stato pari a 31.

individuati nel capitolo precedente, presentano un valore critico di  $\overline{TS}$  inferiore a 1 °C. Considerato che l'attuale tasso di crescita di  $\overline{TS}$  è pari a 0.0276 °C annui, entro trenta anni questi portafogli potrebbero presentare un pValue del coefficiente relativo alla variabile *Temperature Shock* inferiore a 0.05, andandosi ad aggiungere ai quattro portafogli individuati nel secondo capitolo.

Il quarto capitolo è infine dedicato alle conclusioni relative a quanto analizzato nei capitoli precedenti.

## 2. Il cambiamento climatico

Secondo quanto scritto nello United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)<sup>11</sup>, il cambiamento climatico è definito come “cambiamento del clima dovuto, direttamente o indirettamente, all’attività umana, che alteri la composizione dell’atmosfera e che si sommino alla naturale variabilità climatica, osservata su periodi temporali comparabili.”

Tali cambiamenti, sono sempre più evidenti: lo scioglimento dei ghiacciai, l’aumento delle temperature e la maggiore frequenza di eventi atmosferici estremi, sono solo alcuni esempi.

Nonostante questo, il numero di scettici, persino tra gli scienziati, sembra essere ancora alto. Ne è un esempio il fisico Antonino Zichichi<sup>12</sup>, il quale nega che le attività umane abbiano avuto un effetto rilevante sul cambiamento climatico, od il gruppo di cinquecento esperti capeggiati da Guus Berkhout, geofisico e professore emerito presso l’Università dell’Aja che, come riportato da Il Giornale.it<sup>13</sup>, ha inviato una lettera al segretario generale dell’ONU, nella quale viene negata la pericolosità degli eventi che stiamo osservando.

Se da una parte ci sono ancora scettici sull’argomento, dall’altra, c’è però un numero ben maggiore di studi che prova che il riscaldamento globale è in atto, e che l’urgenza di fermarlo è sempre più pressante.

Il primo scienziato a studiare questo fenomeno fu Svante August Arrhenius, che nel suo “*On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground*” ipotizzò, già nel 1896, che grandi quantità di anidride carbonica nell’atmosfera, potessero contribuire ad un innalzamento della temperatura globale.

È però a partire dalla seconda metà del ‘900 che tale argomento ha iniziato ad essere oggetto di studio approfondito da parte della comunità scientifica; basti pensare che il 95% di tutta la letteratura scientifica sul cambiamento climatico è stata prodotta a partire dal 1951, secondo quanto riportato dall’ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)<sup>14</sup>.

Col tempo l’argomento ha attirato in maniera crescente anche l’attenzione dei governi mondiali; ne sono una prova, solo per citare alcuni eventi, la prima World Climate Conference nel 1979, la creazione dell’IPCC nel 1988, la firma da parte di 154 stati del già citato UNFCCC nel 1992 ed il protocollo di Kyoto nel 1997. Ma è probabilmente negli ultimi anni, che l’importanza del tema

---

<sup>11</sup> United Nations (1992), United Nations Framework Convention on Climate Change.

<sup>12</sup> Zichichi Antonino (2019), “Cara Greta, studia: inquinamento e clima sono cose diverse”, Il Giornale.it

<sup>13</sup> Di Lollo Michele (2019), “Allarme clima, 500 scienziati contro tutti: È una farsa”, Il Giornale.it

<sup>14</sup> Le Treut, H., R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather (2007), “Historical Overview of Climate Change”. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

sembra aver suscitato interesse su un numero sempre maggiore di persone, vuoi per la maggiore facilità di comunicare e reperire informazioni, vuoi perché gli effetti di questo fenomeno sono sempre più evidenti.

Ad oggi giornali, televisioni e perfino numerose aziende, citano il cambiamento climatico e secondo una ricerca pubblicata su Pew Research Center<sup>15</sup> svoltasi nel 2018, il *Global Warming* è ritenuto una minaccia per il proprio paese dall'88% degli intervistati, facendo registrare un aumento di oltre il 10%, rispetto ad una stessa ricerca effettuata nel 2013.

## 2.1 Gli effetti del cambiamento climatico

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) è tra le principali organizzazioni in tema di cambiamento climatico. Istituito nel 1988 da due organismi delle nazioni unite, il World Meteorological Organization (WMO) e lo United Nations Environment Programme (UNEP), lo scopo principale dell'IPCC è quello di esaminare e valutare la letteratura sul tema. Il materiale raccolto viene poi utilizzato per produrre, ad intervalli regolari, i propri rapporti di valutazione, nei quali vengono analizzati le basi scientifiche dei cambiamenti climatici, l'impatto del riscaldamento globale sul pianeta ed i metodi necessari alla mitigazione di tali effetti.

A partire dal 1990, sono stati pubblicati cinque rapporti, l'ultimo nel 2014, mentre è attesa una nuova pubblicazione nel 2022.

Secondo il più recente report<sup>16</sup>, i cambiamenti climatici sono sempre più evidenti ed il tasso di crescita di questi fenomeni, se non contrastato, potrebbe portare a severe mutazioni dell'ecosistema, rappresentando un grave pericolo per la popolazione mondiale.

In particolare, gli effetti più visibili del cambiamento climatico sono la diminuzione dell'estensione dei ghiacciai, l'innalzamento e l'acidificazione di mari e oceani, l'aumento di intensità e frequenza di eventi climatici estremi<sup>17</sup> ed ovviamente l'aumento della temperatura mondiale.

Proprio quest'ultimo fattore rappresenterà l'elemento di studio di questa tesi, il cui scopo sarà quello di comprendere quali settori risultano essere più sensibili all'aumento delle temperature globali.

---

<sup>15</sup> Fagan Moira, Huang Christine (2018), "A look at how people around the world view climate change", Pew Research Center.

<sup>16</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), "Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", IPCC, Geneva, Switzerland.

<sup>17</sup> Forti piogge, neviccate o grandinate.

## 2.2 I rischi finanziari legati al cambiamento climatico

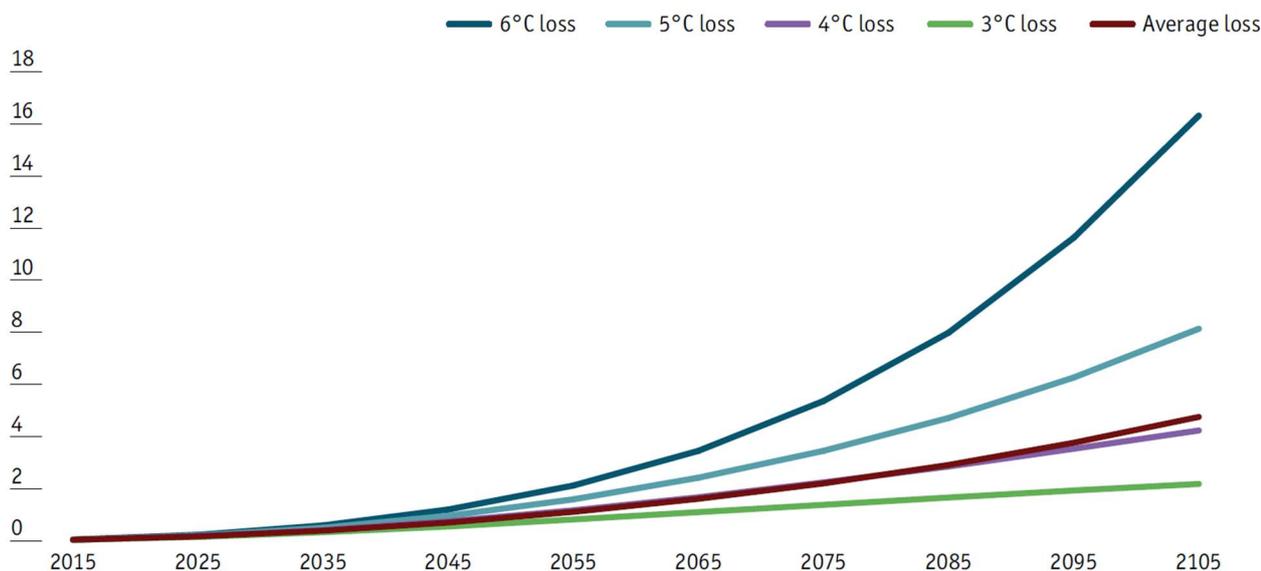
Se, come abbiamo visto fino ad ora, gli effetti del cambiamento climatico sul pianeta, sembrano essere evidenti e largamente riconosciuti, risulta essere più complesso comprendere come, quando e in che misura, essi possano influenzare la nostra economia.

Infatti, sebbene alcuni studi abbiano stimato che le perdite connesse al *Global Warming* possano raggiungere cifre elevatissime, solo un numero limitato di organizzazioni ad oggi, tiene conto del cambiamento climatico al momento di effettuare decisioni di investimento o di copertura rischi.

Ne è un esempio lo studio dell' Economist Intelligence Unit<sup>18</sup>, il quale ha misurato un *Value at Risk*, dal punto di vista degli investitori privati, in riferimento a possibili scenari relativi al cambiamento climatico, pari a circa \$4.2trillion<sup>19</sup>.

**Figure 1: Losses are primarily incurred in the latter half of the century**

Present value loss to current manageable assets (trillion \$, 2015 prices)



Fonte: The Economist Intelligence Unit, The cost of inaction (2015)

Tale comportamento può essere ricondotto a due motivazioni:

- Numerose organizzazioni, ritengono che le conseguenze del cambiamento climatico, possano essere influenti solo nel lungo termine e che al momento, non sia necessario prendere precauzioni atte a proteggersi da eventuali rischi;

<sup>18</sup> Economist Intelligence Unit (2015), "The Cost of Inaction: Recognising the Value at Risk from Climate Change".

<sup>19</sup> I vari scenari su cui è stato calcolato il VaR, tenendo conto di un orizzonte temporale che va dal 2015 al 2100, sono un aumento di 3,4,5 e 6 gradi centigradi; la perdita stimata è stata poi attualizzata al 2015, utilizzando un tasso del 5,5% che progressivamente scende fino al 4% per tenere conto del rallentamento della crescita economia.

- Investitori ed altri attori del mercato incontrano difficoltà a reperire informazioni affidabili e confrontabili<sup>20</sup>.

Allo scopo di superare questi limiti e fornire ad investitori, finanziatori, assicuratori ed altre parti interessate, informazioni utili a comprendere l'impatto del cambiamento climatico sul sistema finanziario, nel 2015 è stata istituita, dal *Financial Stability Board*, la *Task Force on Climate-Related Financial Disclosures* (TCDF), presieduta da Michael R. Bloomberg e composta da 32 esperti dei settori economici e dei mercati finanziari.

In particolare, uno dei compiti della TCDF è stato quello di individuare e definire i cosiddetti *Climate-Related Risks*.

La Task Force<sup>21</sup> ha individuato due categorie di rischi: la prima relativa ai rischi legati ad una transizione verso un'economia *lower-carbon*, e la seconda relativa ai rischi legati all'impatto fisico del cambiamento climatico.

Ai Rischi di Transizione appartengono tutti quei cambiamenti in tema di leggi, politiche, tecnologia e mercato che possono influenzare in maniera negativa le organizzazioni che non si dimostrino in grado di adattarsi prontamente. Fanno parte di questa categoria: il rischio legale e di policy, quello tecnologico, di mercato e reputazionale.

I Rischi Fisici invece individuano tutti quei cambiamenti del clima che possono avere un impatto diretto o indiretto sulle organizzazioni. Vengono distinti in rischio acuto, che fa riferimento alla maggiore frequenza e intensità di eventi meteorologici estremi isolati e rischio cronico, ovvero ad un cambiamento dei modelli climatici.

Risulta quindi importante per le imprese prendere coscienza di questi rischi in modo da poterli gestire con i mezzi più adeguati.

### **2.3 Effetti macroeconomici causati dal riscaldamento globale**

Prima di analizzare nel dettaglio l'effetto del cambiamento climatico sui titoli delle imprese statunitensi, risulta utile delineare un quadro generale delle conseguenze che l'aumento delle temperature potrebbe avere sull'economia nel suo insieme.

---

<sup>20</sup> La Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCDF) ha riportato che la resistenza di investitori e altri attori economici a considerare il cambiamento climatico in fase di asset valuation e allocazione, è riconducibile alla mancanza di informazioni sulle implicazioni finanziarie, l'inconsistenza delle pratiche di informativa societaria, mancanza di contestualizzazione delle informazioni e l'impossibilità di confrontare i report delle varie aziende sul tema.

<sup>21</sup> Task Force on Climate-related Financial Disclosure (2017), "Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosure".

Tale argomento è oggetto di studio di numerosi economisti, cui stime hanno lo scopo di determinare la relazione che intercorre tra il fenomeno del *Global Warming* e la performance economica (produttività del lavoro, prezzo delle materie prime, salute e crescita economica).

Di particolare interesse, è lo studio che questo fenomeno, se non contrastato, potrebbe avere sul prodotto interno lordo dei Paesi di tutto il mondo. Su questo tema è possibile citare gli studi di Sachs e Warner (1997)<sup>22</sup>, Jones e Olken (2010)<sup>23</sup>, Dell, Jones e Olken (2012)<sup>24</sup>, e Mejia, Mrkaic, Novta, Pugacheva e Topalova (2018)<sup>25</sup>; i quali hanno tutti riscontrato una riduzione del PIL dei Paesi presi in esame, effetto che risulta essere maggiormente visibile nei Paesi più poveri. Questa affermazione è generalmente motivata dal fatto che i Paesi più avanzati presentino un maggior numero di attività economiche al chiuso, dispongano di maggiore tecnologia di adattamento ed abbiano maggiore possibilità di investire in ulteriori misure che favoriscano l'adattamento.

Tra la più recente letteratura è però di particolare interesse il Working Paper numero 26167 reso pubblico ad agosto 2019 dal National Bureau of Economic Research il quale, a differenza dei precedenti studi, ha rilevato che nel lungo termine, cambiamenti persistenti nel clima, possono influenzare negativamente il PIL di tutti i Paesi, indipendentemente dalla loro ricchezza e dalla posizione geografica.

Il Paper, che prende in esame 174 nazioni, è stato svolto utilizzando un modello di crescita stocastico. Tale modello, assume che la funzione di produzione di ogni economia debba considerare, tra le altre componenti, le variabili climatiche specifiche del paese, intese come deviazione dalla norma di temperature e precipitazioni, le quali sarebbero in grado di influenzare la produttività del lavoro.

Per lo studio degli effetti a lungo termine del cambiamento climatico sul PIL di ogni paese, sono stati presi in considerazione gli scenari RCP 2.6 e RCP 8.5, formulati dall'IPCC<sup>26</sup>. Nel primo caso è stato quindi considerato un aumento di 0.01 °C annui, mentre nel secondo 0.04 °C. Secondo

---

<sup>22</sup> Sachs J. D., A. M. Warner (1997), "Sources of Slow Growth in African Economies" *Journal of African Economies* 6 (3), 335-376.

<sup>23</sup> Jones B. F., B. A. Olken (2010), "Climate Shocks and Exports", *American Economic Review* 100 (2), 454-59.

<sup>24</sup> Dell M., B. F. Jones, B. A. Olken (2012), "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century", *American Economic Journal: Macroeconomics* 4 (3), 66-95.

<sup>25</sup> Mejia, S., M. Mrkaic, N. Novta, E. Pugacheva, P. Topalova (2018), "The Effects of Weather Shocks on Economic Activity: What are the Channels of Impact?", IMF Working Paper WP/18/144.

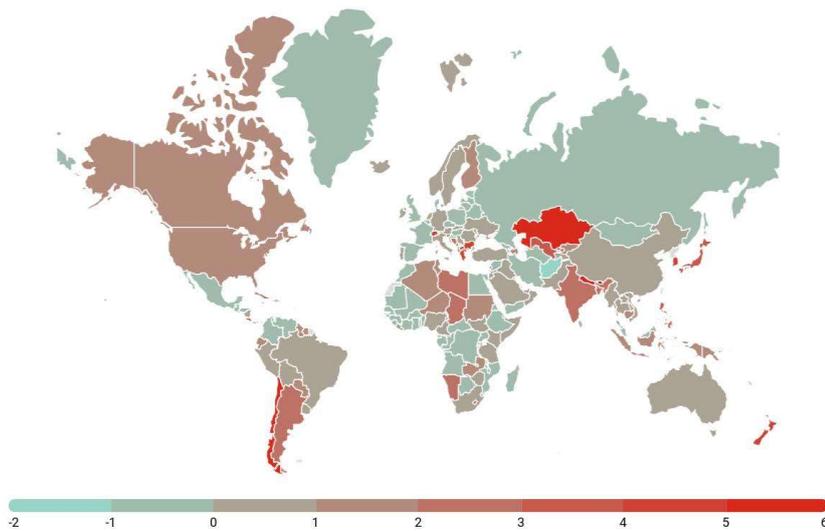
<sup>26</sup> I Representative Concentration Pathways sono esposti nel quinto Assessment Report. Questi, utilizzando i fattori ritenuti causa dell'emissione di gas serra da parte dell'uomo (dimensione popolazione, attività economica, stile di vita, consumo di energia, modelli di uso del suolo, tecnologia e politiche climatiche), descrivono quattro possibili scenari di aumento della concentrazione di gas al quale è collegato un aumento delle temperature. L'RCP 2.6 è lo scenario che prevede la più stringente mitigazione, allo scopo di mantenere tale incremento nel 2100 tra 0.3°C e 1.7°C; l'RCP 4.5 e RCP 6.0, rappresentano degli scenari intermedi, con un aumento compreso rispettivamente tra 1.1°C e 2.6°C e 1.4°C e 3.1°C; L'RCP 8.5 rappresenta invece lo scenario in assenza di ulteriori sforzi atti a ridurre le emissioni, per il quale è previsto un aumento delle temperature compreso tra 2.6°C e 4.8°C.

quanto riportato dagli autori, tale incremento porterebbe in media, ad una perdita in termini di PIL pro capite rispettivamente pari all' 1.07% e 7.22% entro il 2100.

Le due figure successive riportano le perdite stimate per ognuno dei 174 Paesi per i due scenari presi in considerazione.

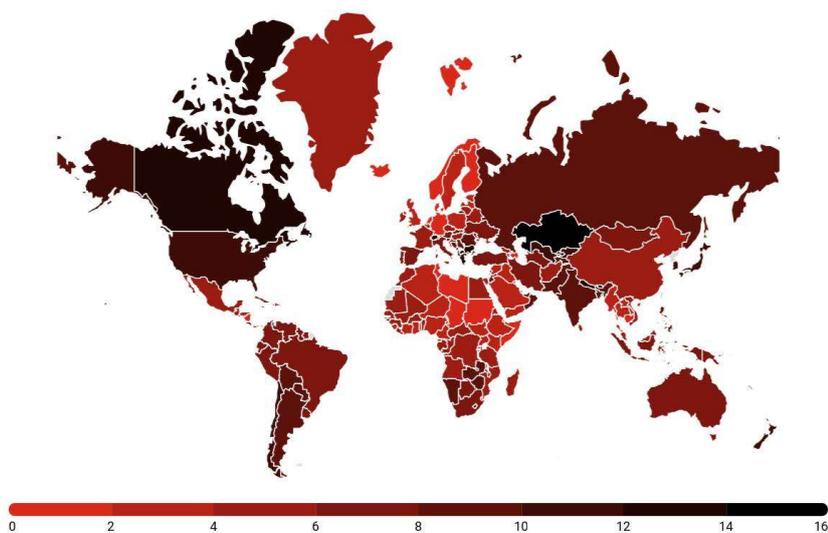
**Figura 2.1** Perdita percentuale del GDP entro il 2100 secondo RCP 2.6.

Fonte: Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis (2019)



**Figura 2.2** Perdita percentuale del GDP entro il 2100 secondo RCP 8.5.

Fonte: Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis (2019)



Dalle due immagini risulta evidente che il cambiamento climatico avrà, se pur in misura diversa, effetti negativi sul PIL di tutti i paesi, indipendentemente dalla loro ricchezza e posizione geografica. Particolarmente interessante è il fatto che mantenere l'aumento delle temperature al di sotto dei 2 °C, attraverso adeguate politiche climatiche, non solo consentirebbe di ridurre drasticamente le perdite, ma permetterebbe ad alcuni paesi, come Afghanistan, Egitto, Guatemala e Russia, di trarne un beneficio.

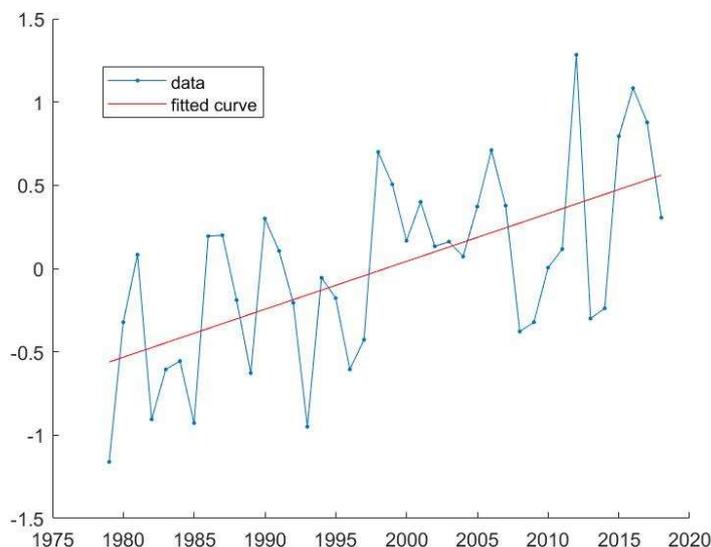
L'ultima parte del Paper, prende in considerazione esclusivamente gli Stati Uniti. Gli autori sottolineano come il cambiamento climatico non influenzi l'economia statunitense solo attraverso l'aumento delle temperature medie, ma anche attraverso la maggior frequenza con cui si verificano eventi atmosferici estremi. Dagli studi è emerso che la deviazione di temperature e precipitazioni dalla loro norma ha effetti negativi sulle attività economiche, sull'occupazione e la produttività del Paese.

### 3. Esposizione dei titoli a temperature anomale

Come già affermato nelle pagine precedenti, uno degli effetti più evidenti del cambiamento climatico, è l'aumento delle temperature globali.

Negli ultimi anni si è assistito ad una proliferazione di studi riguardo questo fenomeno ed i suoi effetti sull'economia mondiale; si pensi a Choi, Gao e Jiang (2019)<sup>27</sup>, il cui lavoro testa come le persone reagiscono a temperature locali anomale, esaminando la loro attenzione ai cambiamenti climatici ed ai prezzi azionari; a Krueger, Sautner e Starks (2019)<sup>28</sup>, i quali hanno studiato come i rischi legati al clima sono percepiti dagli investitori istituzionali, in particolare per quanto riguarda investitori a lungo termine e/o orientati verso politiche di investimento ESG; o a Alok, Kumar e Wermers (2019)<sup>29</sup>, che sullo stesso tema hanno evidenziato come ad oggi non ci sia una linea condivisa su come proteggersi dai rischi climatici o se sia effettivamente necessario farlo, essendo questa scelta altamente influenzata dalle proprie percezioni.

In questo capitolo, cercheremo di valutare se il riscaldamento globale ha avuto un effetto sui rendimenti dei titoli delle imprese statunitensi. In particolare, cercheremo di individuare quali settori hanno presentato una maggiore esposizione all'aumento delle temperature, nel periodo che va da gennaio 1979 a dicembre 2018.



**Figura 3.1** La figura rappresenta la differenza tra il valore atteso delle temperature medie annuali registrate tra il 1979 e il 2018 e la temperatura media annuale relativa ad ogni anno. Risulta evidente come negli ultimi anni, siano state registrate più frequentemente, temperature medie superiori al proprio valore atteso. La temperatura media annuale è pari a 11,65 °C, con un incremento di circa +0,3 °C ogni 10 anni.

<sup>27</sup> Choi Darwin, Gao Zhenyu, Jiang Wenxi (2019), Attention to Global Warming. Review of Financial Studies, Forthcoming.

<sup>28</sup> Krueger Philipp, Sautner Zacharias, Starks Laura T. (2018), "The Importance of Climate Risks for Institutional Investors," Swiss Finance Institute Research Paper Series 18-58, Swiss Finance Institute.

<sup>29</sup> Alok Shashwat, Kumar Nitin, Wermers Russell R. (2019), "Do Fund Managers Misestimate Climatic Disaster Risk?", Review of Financial Studies.

### 3.1 Metodologia

Con il fine di analizzare la relazione che intercorre tra i rendimenti delle imprese appartenenti ai vari settori e le temperature registrate nel Paese, è stata stimata, per ogni industria, una regressione lineare multipla tra il rendimento del portafoglio, composto da imprese appartenenti allo stesso settore, e le temperature medie mensili statunitensi.

Nello specifico, il punto di partenza è il modello a tre fattori di Fama e French, al quale è stato aggiunto un quarto fattore, che chiameremo *Temperature Shock* (TS), allo scopo di tenere conto della deviazione delle temperature dal loro valore atteso.

Il modello a tre fattori di Fama e French è uno dei modelli multifattoriali più conosciuti. Esso rappresenta un'evoluzione del CAPM *model* il quale, a differenza di quest'ultimo che usa un singolo fattore di rischio, il beta, tenta di prevedere il rendimento di un portafoglio ben diversificato, attraverso l'utilizzo di tre fattori: il *firm size*, il *book-to-market* ed il premio per rischio di mercato.

La scelta di utilizzare questi tre fattori nel *3 Factor Model*, è stata motivata dall'osservazione che le imprese di minori dimensioni e quelle con un book-to-market ratio maggiore, presentavano dei rendimenti storici medi superiori a quanto predetto dal modello CAPM.

Il modello utilizzato per il nostro studio si presenta in questo modo:

$$R_{i,t} = I_i + b_{1,i} * (R_m - R_f)_t + b_{2,i} * SMB_t + b_{3,i} * HML_t + b_{4,i} * TS_t$$

Dove

$R_{i,t}$  è il rendimento mensile dell' *i-esimo* portafoglio al tempo  $t$ ;

$(R_m - R_f)_t$ ,  $SMB_t$  e  $HML_t$  sono i tre fattori propri del modello di Fama French relativi al tempo  $t$ ;

$TS_t$  rappresenta la differenza tra la temperatura media registrata nel mese  $t$  e la temperatura media ottenuta calcolando il valore atteso per quel mese, sull'intero periodo oggetto di studio, ovvero 1979-2018<sup>30</sup>.

$b_{1,i}$ ,  $b_{2,i}$ ,  $b_{3,i}$  e  $b_{4,i}$  sono i coefficienti stimati con la regressione relativi ad ogni settore  $i$ .

Il coefficiente d'interesse, nel nostro caso è  $b_{4,i}$ , ovvero quello relativo alle temperature.

---

<sup>30</sup> Una spiegazione più dettagliata sui dati utilizzati, sarà fornita nel prossimo capitolo.

Lo scopo è quello di osservare in quali settori, tale coefficiente risulta avere significatività statistica ad un livello di confidenza almeno pari al 95%. Una volta individuati i coefficienti significativi, l'osservazione del loro valore fornirà informazioni sull'impatto che hanno le temperature sui rendimenti dei relativi portafogli: il segno indicherà se ad un aumento delle temperature è connesso un aumento (segno positivo) o una diminuzione (segno negativo) dei rendimenti, mentre il valore assunto dal coefficiente fornirà informazioni relative all'impatto che *TS* ha sui rendimenti.

In poche parole, cercheremo di osservare in quali settori, l'introduzione del fattore *TS*, consenta di migliorare il modello di Fama e French, spiegando in maniera più precisa, il rendimento dei portafogli presi in considerazione ed allo stesso tempo determinare in questi casi, l'impatto del riscaldamento globale su queste imprese.

## **3.2 Dati utilizzati e fonti**

### 3.2.1 Industry Portfolios

Per studiare l'andamento dei rendimenti di ogni industria, sono stati utilizzati dei portafogli di investimento, costituiti da imprese quotate appartenenti al medesimo settore.

L'idea è che questi portafogli possano approssimare in maniera corretta l'andamento del settore che rappresentano.

In particolare, sono stati utilizzati i 49 Industry Portfolio costruiti da Kenneth R. French e disponibili sulla sua pagina personale.

I portafogli sono stati costruiti assegnando ogni titolo quotato su NASDAQ e NYSE<sup>31</sup> ad uno dei 49 Industry Portfolio, utilizzando come metodo di classificazione la *Standard Industrial Classification*, che assegna ad ogni impresa un SIC code sulla base dell'attività principalmente svolta. In appendice è fornito l'elenco completo delle singole industrie, inserite in ognuno dei 49 portafogli secondo la loro classificazione specifica (codice a quattro cifre)<sup>32</sup>.

La tabella successiva riporta i portafogli utilizzati per lo studio. Come si può notare, ogni portafoglio rappresenta una specifica industria ed è composto dai titoli delle imprese statunitensi che, operano in quello specifico settore.

---

<sup>31</sup> Precedentemente AMEX.

<sup>32</sup> Il sistema della classificazione SIC si basa su un codice a quattro cifre che raggruppa i settori in una gerarchia di subcategorie che individua l'attività presa in esame con un progressivo dettaglio: le prime due cifre indentificano il major industry group, la terza cifra l'industry group e la quarta il settore specifico.

**Tabella 3.2** Lista completa dei 49 Industry Portfolio utilizzati

Agriculture	Food Products
Candy & Soda	Beer & Liquor
Tobacco Products	Recreation
Entertainment	Printing and Publishing
Consumer Goods	Apparel
Healthcare	Medical Equipment
Pharmaceutical Products	Chemicals
Rubber and Plastic Products	Textiles
Construction Materials	Construction
Steel Works Etc	Fabricated Products
Machinery	Electrical Equipment
Automobiles and Trucks	Aircraft
Shipbuilding, Railroad equipment	Defense
Precious Metals	Non-Metallic and Industrial Metal Mining
Coal	Petroleum and Natural Gas
Utilities	Communication
Personal Services	Business Services
Computers	Computer Software
Measuring and Control Equipment	Business Supplies
Shipping Containers	Transportation
Wholesale	Retail
Restaurants, Hotels, Motels	Banking
Insurance	Real Estate
Trading	Electronic Equipment
Other	

### 3.2.2 Fattori Fama – French

I 3 fattori Fama – French vengono costruiti partendo dai 6 *value-weight portfolios*, basati su dimensione e *book-to-market*<sup>33</sup>.

SMB (Small Minus Big), rappresenta il rendimento medio dei tre portafogli *small*, al quale viene sottratto il rendimento medio dei tre portafogli *big*.

HML (High Minus Low), rappresenta il rendimento medio dei due portafogli *value* meno il rendimento medio dei due portafogli *growth*.

$R_m - R_f$ , rappresenta il premio per il rischio di mercato, calcolato sottraendo al rendimento *value-weight* delle imprese quotate sul NYSE o NASDAQ e con un CRSP share code di 10 o 11, il tasso dei *one-month Treasury bill*.

### 3.3.3 Temperature Shock

I dati relativi alle temperature sono stati ottenuti dal National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), un'agenzia federale statunitense, che si occupa di oceanografia, meteorologia e climatologia ed offre gratuitamente uno dei più completi database su questi temi.

Tra i vari dati, aggiornati giornalmente, è possibile ottenere le temperature medie mensile nazionali degli Stati Uniti e di altre regioni del mondo, per un periodo che va dal 1901 al presente.

Il *Temperature Shock*, utilizzato nel modello, è stato calcolato a partire da questi dati nel modo seguente:

$$TS_t = T_{i,m} - E[T_m]$$

Dove:

$T_{i,m}$  è la temperatura media mensile registrata nell'*i*-esimo anno ed *m*-esimo mese.

$E[T_m]$  è il valore atteso della temperatura media mensile dell'*m*-esimo mese, calcolato sui mesi appartenenti agli anni dal 1979 al 2018.

---

<sup>33</sup> Trattasi di sei portafogli costruiti alla fine di ogni giugno, contenenti i titoli quotati al NYSE ed al NASDAQ per i quali sono disponibili dati relativi al market equity da dicembre dell'anno *t-1* ed il corrente giugno. I portafogli vengono costruiti dall'intersezione di due portafogli basati sul market equity, calcolando la mediana del market equity del NYSE ed utilizzandola come breakpoint per l'anno *t*, e tre basati sul rapporto book equity to market equity, utilizzando come breakpoint il trentesimo e settantesimo percentile del NYSE. I sei portafogli così costruiti sono chiamati *Small Value*, *Small Neutral*, *Small Growth*, *Big Value*, *Big Neutral* e *Big Growth*.

I motivi per cui risulta utile impiegare *TS* nella regressione sono principalmente due: da una parte, consente di eliminare la stagionalità dei dati, elemento che avrebbe potuto alterare i risultati ottenuti dal modello; dall'altra consente di cogliere l'effetto del cambiamento climatico sulle temperature che, come è stato detto nel primo capitolo, ha portato progressivamente ad un aumento medio delle temperature e quindi ad una deviazione dal loro valore atteso.

In altre parole, l'utilizzo del fattore *TS* consente di avere una risposta alla domanda “*il fatto che si sia registrata una temperatura diversa dal suo valore atteso, ha influenzato i rendimenti del settore sotto esame e se sì, di quanto?*”

### 3.3 Risultati empirici

Dalle regressioni svolte, l'inserimento del *Temperature Shock* come quarto fattore, è risultato statisticamente significativo in 4 dei 49 Industry Portfolios, ovvero *Food Products, Healthcare, Rubber & Plastic Products e Personal Services*.

Può sorprendere che il portafoglio relativo all'agricoltura non rientri tra questi. È probabile, che questo sia dovuto al fatto di esserci concentrati su società quotate in borsa, campione che, come è facile aspettarsi, presenta un numero limitato di imprese direttamente coinvolte in questo settore. La ridotta dimensione del campione potrebbe quindi aver alterato i risultati relativi a tale portafoglio.

L'esposizione del settore agricolo all'aumento delle temperature, ed in generale al cambiamento climatico, è comunque stata appurata da numerosi studi. Ad esempio, Teixeira et al. (2013)<sup>34</sup>, hanno studiato come la produzione di colture si riduca drasticamente quando si verificano brevi periodi di temperature particolarmente alte, durante il periodo riproduttivo; mentre Tack, Barkley, e Nalley (2015)<sup>35</sup>, pur sottolineando la necessità di intensificare gli sforzi nello sviluppo di colture di grano resistenti a stress da calore, hanno individuato nel minor rischio di congelamento delle piante, l'opportunità di un aumento dei rendimenti.

Nella tabella successiva, sono indicati nel dettaglio le specifiche industrie inserite nei portafogli risultati sensibili alle temperature, con il rispettivo codice SIC a quattro cifre.

---

<sup>34</sup> Teixeira Edmar I., Fischer Guenther, Van Velthuis Harrij, Walter Christof, Ewert Frank (2013), “Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change”, *Agricultural and Forest Meteorology* Volume 170, Pages 206-215.

<sup>35</sup> Tack J., Barkley A., Nalley N. (2015), “Effect of warming temperature on US wheat yields. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 112(22).

<p><b>Food Products</b></p> <p>2000-2009 Food and kindred products</p> <p>2010-2019 Meat products</p> <p>2020-2029 Dairy product</p> <p>2030-2039 Canned-preserved fruits-vegs</p> <p>2040-2046 Flour and other grain mill products</p> <p>2050-2059 Bakery products</p> <p>2060-2063 Sugar and confectionery products</p> <p>2070-2079 Fats and oils</p> <p>2090-2092 Misc food preps</p> <p>2095-2095 Roasted coffee</p> <p>2098-2099 Misc food preparations</p> <p><b>Rubber &amp; Plastic Products</b></p> <p>3031-3031 Reclaimed rubber</p> <p>3041-3041 Rubber &amp; plastic hose and belting</p> <p>3050-3053 Gaskets, hoses, etc</p> <p>3060-3069 Fabricated rubber products</p> <p>3070-3079 Misc rubber products</p> <p>3080-3089 Misc plastic products</p> <p>3090-3099 Misc rubber and plastic products</p> <p><b>Healthcare</b></p> <p>8000-8099 Services – health</p>	<p><b>Personal Services</b></p> <p>7020-7021 Rooming and boarding houses</p> <p>7030-7033 Camps and recreational vehicle parks</p> <p>7210-7212 Services - laundry, cleaners</p> <p>7214-7214 Diaper service</p> <p>7215-7216 Coin-op cleaners, dry cleaners</p> <p>7217-7217 Carpet, upholstery cleaning</p> <p>7219-7219 Laundry, cleaners</p> <p>7220-7221 Photo studios, portrait</p> <p>7230-7231 Beauty shops</p> <p>7240-7241 Barber shops</p> <p>7250-7251 Shoe repair</p> <p>7260-7269 Funeral</p> <p>7291-7291 Services - tax return</p> <p>7292-7299 Miscellaneous</p> <p>7395-7395 Photofinishing labs</p> <p>7520-7529 Automobile parking</p> <p>7530-7539 Auto repair shops</p> <p>7540-7549 Auto services, except repair (car washes)</p> <p>7622-7622 Radio and TV repair shops</p> <p>7623-7623 Refridg and air conditioner repair</p> <p>7629-7629 Electrical repair shops</p> <p>7630-7631 Watch, clock and jewellery repair</p> <p>7640-7641 Reupholster, furniture repair</p> <p>7690-7699 Misc repair shops</p> <p>8100-8199 Legal</p> <p>8200-8299 Educational</p> <p>8300-8399 Social services</p> <p>8400-8499 Museums, galleries, botanic gardens</p> <p>8600-8699 Membership organizations</p> <p>8800-8899 Private households</p> <p>7510-7515 Truck, auto rental and leasing</p>
---	---

**Tabella 3.3** Lista dei settori appartenenti ad ognuno degli Industry Portfolios risultati sensibili alle temperature

L'introduzione del quarto fattore, in questi portafogli, ha fatto registrare un leggero miglioramento dell' $R^2$  *Adjusted*, a differenza di quanto si verifica per la maggior parte dei settori in cui *TS* non presenta un pValue soddisfacente.

Come è noto, l' $R^2$  *Adjusted* consente di valutare se l'aggiunta di una o più variabili esplicative, all'interno di una regressione lineare multipla, apporta un miglioramento nel modello stimato.

Il fatto che nelle regressioni relative a questi quattro portafogli il valore dell' $R^2$  aumenti, unito alla significatività statistica data dal pValue, consente di affermare che, tenere in considerazione un fattore che sintetizzi la deviazione delle temperature dal loro valore atteso, permette di spiegare in modo più puntuale l'andamento dei titoli azionari in esame.

Il segno negativo dei coefficienti relativi alla variabile *TS* che sono stati stimati, indica che tali settori vengono penalizzati da un aumento delle temperature.

In particolare, il portafoglio *Healthcare*, sembra essere quello più esposto all'aumento delle temperature, con un coefficiente di -0.472, seguono *Personal Services* (-0.348), *Rubber & Plastic Products* (-0.269) ed infine *Food Products* (-0.254).

I risultati ottenuti evidenziano una situazione problematica: se il tasso di crescita delle temperature dovesse mantenersi stabile, le perdite per le imprese appartenenti ai settori citati continuerebbero a crescere. Sarà quindi di vitale importanza per le compagnie interessate, individuare le criticità più importanti e cercare di adoperarsi al fine di mitigare gli effetti del cambiamento climatico.

La tabella 3.4 riassume quanto detto fino ad ora.

Portafoglio	Coefficiente	pValue	Adjusted R <sup>2</sup> del modello
Food Products	-0.26677	0.043431	0.413 (+0.003)
Healthcare	-0.48633	0.019325	0.389 (+0.006)
Rubber & Plastic Products	-0.26318	0.040641	0.687 (+0.002)
Personal Services	-0.33947	0.032339	0.554 (+0.003)

**Tabella 3.4** Statistiche riassuntive delle regressioni relative ai portafogli sensibili al fattore *TS*. Il valore tra parentesi nell'ultima colonna, indica di quanto è aumentato l' $R^2$  aggiungendo la variabile esplicativa *TS*.

I risultati ottenuti sono confermati dagli studi specifici svolti su questi settori.

Relativamente agli effetti negativi nel settore alimentare, ad esempio, l'innalzamento delle temperature causa, fra le altre cose, una riduzione della dimensione delle specie marine (Queirós,

2018)<sup>36</sup> ed un calo quali-quantitativo della produzione legata ai bovini da latte (Rete Rurale Nazionale, 2018).

Nel settore sanitario, è stato osservato un incremento dell'incidenza di malattie (Salas, 2019)<sup>37</sup>, con conseguente aumento degli oneri per la sanità (Wondmagegn BY, Xiang J, Williams S, Pisaniello D, Bi Peng, 2019)<sup>38</sup>.

Degno di nota, è anche la circostanza che questi settori, in particolare quello relativo alla produzione di gomma e plastica (Bauman 2019)<sup>39</sup>, e quello alimentare<sup>40</sup>, siano considerati tra i maggiori responsabili del surriscaldamento globale a causa delle ingenti emissioni di gas serra che da esse scaturiscono.

È quindi altamente probabile, che una riduzione dei rendimenti di questi portafogli non sia da ricondurre esclusivamente ad un effetto diretto delle temperature sulle società, ma anche ad una penalizzazione dei settori ritenuti più inquinanti, da parte degli investitori e dalle politiche per il clima.

Uno dei tanti esempi relativi alle politiche climatiche è rappresentato da quanto accaduto nei Paesi Bassi, dove un gruppo ambientalista chiamato Urgenda, nel 2013 intentò causa nei confronti del governo, affermando che le politiche sul cambiamento climatico del paese non fossero adeguate a salvaguardare l'ambiente e la salute dei cittadini. Nel 2015, la corte approvò le richieste del gruppo obbligando il governo ad avviare politiche allo scopo di ridurre del 25% le emissioni di gas serra del Paese, rispetto al livello del 1990<sup>41</sup>.

Risulta chiaro come una decisione del genere, possa danneggiare società con un elevato livello di emissione di gas serra, le quali saranno costrette a ridurre il proprio impatto ambientale attraverso importanti investimenti.

Se invece prendiamo in considerazione le scelte del mercato, la finanza etica è l'esempio più esemplificativo, di come il cambiamento climatico stia influenzando in modo indiretto le imprese più inquinanti.

---

<sup>36</sup> Queirós Ana M., Fernandes José, Genevier Lily, Lynam Christopher P. (2018), "Climate change alters fish community size-structure, requiring adaptive policy target".

<sup>37</sup> Salas Renee N, Jha Ashish K. (2019), "Climate change threatens the achievement of effective universal healthcare".

<sup>38</sup> Wondmagegn BY, Xiang J, Williams S, Pisaniello D, Bi Peng (2019), "What do we know about the healthcare costs of extreme heat exposure? A comprehensive literature review", *Science of The Total Environment*, Volume 657, Pages 608-618.

<sup>39</sup> Bauman Brooke (2019), "How plastics contribute to climate change", Yale Climate Connections.

<sup>40</sup> La FAO ha affermato nel suo report *Livestock's Long Shadows*, che il settore zootecnico rappresenta uno dei maggiori fattori ad aver contribuito ai problemi ambientali a cui stiamo assistendo.

<sup>41</sup> Urgenda Foundation v. The State of the Netherlands (2015).

Si sta infatti affermando un nuovo modo di fare finanza, che non fa più riferimento esclusivamente al profitto, ma che, in fase di costruzione del portafoglio, tiene conto di fattori ambientali, sociali e di governance<sup>42</sup>.

In particolare, la crescita degli investimenti low-carbon<sup>43</sup>, dimostra come gli investitori stiano diventando sensibili all'argomento e come la volontà sia quella di escludere dai propri investimenti le società più inquinanti, allo scopo di ridurre l'impronta di carbonio dei propri portafogli.

In generale, il verificarsi di temperature superiori al loro valore atteso, può influenzare il prezzo dei titoli in tre modi:

- Il primo, è rappresentato dai danni agli assets delle imprese, causati in modo diretto dalle temperature, come ad esempio il caso del già citato settore alimentare.
- Il secondo è rappresentato dal modo diverso degli investitori di percepire il cambiamento climatico: sperimentando in prima persona l'aumento delle temperature, questi soggetti potrebbero essere maggiormente spronati ad evitare investimenti in settori che ritengono esposti al rischio climatico, in modo da proteggere il proprio portafoglio di titoli.
- Il terzo, ma non meno importante, investitori etici potrebbero agire per contrastare il cambiamento climatico, decidendo di non investire nelle imprese che svolgano attività considerate dannose per l'ambiente, in maniera simile a quanto succede ai “*sin stocks*”<sup>44</sup>.

### 3.4 Test sul modello

Individuati i quattro portafogli con significatività statistica ad un livello di confidenza pari o superiore al 95% relativamente al fattore *Temperature Shock*, si è deciso di svolgere degli studi approfonditi, in modo da analizzare più nel dettaglio le informazioni ottenute fino ad ora.

Nel proseguo di questa sezione, verrà effettuata una nuova regressione considerando un quinto fattore, *il momentum*, verrà effettuato un test per verificare la presenza di eventuale eteroschedasticità ed autocorrelazione ed infine verranno svolte delle regressioni *rolling window* utilizzando sottocampioni di diverse dimensioni.

---

<sup>42</sup> Borsa Italiana (2007).

<sup>43</sup> Bloomberg (2018).

<sup>44</sup> Hong e Kacpercyk (2009) hanno rilevato come determinati investitori, in particolare quelli soggetti a norme, decidano di non finanziare imprese quotate che svolgano attività considerate non etiche o immorali, quali ad esempio produzione di alcool, tabacco e armamenti.

### 3.4.1 Modello a 5 fattori

La prima prova effettuata è stata quella di aggiungere il *momentum* alla nostra regressione.

Tale fattore, è stato reso noto da Mark Carhart che nel 1997<sup>45</sup>, che lo introdusse nel suo modello a quattro fattori.

Il Carhart four-factor model rappresenta un'estensione del modello a tre fattori di Fama e French. Questa variante, proprio grazie all'aggiunta di questo variabile, ha consentito di ampliare le capacità esplicative del precedente modello, riuscendo a misurare in maniera più accurata i rendimenti dei portafogli.

Il *momentum* è definito come la tendenza del prezzo di un'azione a mantenere il proprio andamento, continuando a salire se nel periodo precedente stava salendo o a scendere se stava scendendo.

I dati relativi al *momentum* mensile utilizzati in questo studio, sono quelli elaborati da French e disponibili nella sua pagina ufficiale, dalla quale è possibile scaricare una serie storica che parte da gennaio 1927.

I dati vengono costruiti partendo da sei portafogli, individuati mensilmente attraverso l'intersezione di due portafogli basati sulla dimensione in termini di capitalizzazione di mercato e tre portafogli basati sui rendimenti del periodo precedente.

Il punto di divisione tra i due portafogli basati sulla dimensione è rappresentato dalla mediana del *market equity* del NYSE, mentre per i portafogli basati sui rendimenti del periodo precedente, viene utilizzato il trentesimo ed il settantesimo percentile della stessa borsa.

Attraverso questa intersezione, i sei portafogli individuati sono *Small High*, *Big High*, *Small Neutral*, *Big Neutral*, *Small Low* e *Big Low*.

Il *momentum* rappresenta la differenza tra il rendimento medio dei due portafogli *High* ed i due *Low*.<sup>46</sup>

L'aggiunta di questo fattore al modello ha un duplice scopo: da una parte, dovrebbe consentire di migliorare le capacità esplicative del modello utilizzato fino ad ora, dall'altra, cosa più importante, ci permetterà di verificare se il fattore *Temperature Shock*, sarà ancora significativo per i portafogli che erano stati individuati nel paragrafo precedente, nonostante l'introduzione di una nuova variabile esplicativa.

---

<sup>45</sup> Carhart, M. M. (1997). "On Persistence in Mutual Fund Performance". The Journal of Finance. 52 (1): 57–82.

<sup>46</sup> Maggiori dettagli sono forniti sulla pagina ufficiale di French ([https://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/Data\\_Library/det\\_mom\\_factor.html](https://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/Data_Library/det_mom_factor.html))

Tale verifica è importante per avere una riprova della significatività di  $TS$ , che potrebbe essere risultata tale per ragioni estranee al nostro scopo. Se infatti la variabile  $TS$  non si rivelasse idonea ad essere utilizzata nel modello, sarebbe altamente probabile che l'introduzione di un nuovo fattore faccia aumentare il suo pValue.

Il nuovo modello utilizzato si presenta nel modo seguente:

$$R_{i,t} = I_i + b_{1,i} * (R_m - R_f)_t + b_{2,i} * SMB_t + b_{3,i} * HML_t + b_{4,i} * MOM_t + b_{5,i} * TS_t$$

Dove, come già affermato, oltre ai fattori utilizzati precedentemente, è stata inserita la variabile  $MOM_t$ , che rappresenta il *momentum* mensile registrato nel mese  $t$ .

Nella tabella seguente sono riportati i dati sintetici ottenuti dalla nuova regressione, relativi ai quattro portafogli per i quali la variabile *Temperature Shock* era già risultata statisticamente significativa nel modello precedente.

Portafoglio	Coefficiente	pValue	Adjusted R <sup>2</sup> del modello
Food Products	-0.265 (+0.002)	0.044289 (+0.0008)	0.416 (+0.003)
Healthcare	-0.48315 (+0.003)	0.019673 (+0.0003)	0.394 (+0.005)
Rubber & Plastic Products	-0.26491 (-0.002)	0.038834 (-0.002)	0.689 (+0.002)
Personal Services	-0.33645 (+0.003)	0.032791 (+0.0004)	0.560 (+0.006)

**Tabella 3.5**

Nella tabella è possibile leggere in ordine, per ogni portafoglio, il valore del coefficiente stimato, relativo alla variabile *Temperature Shock*, il pValue dello stesso ed il valore dell' $R^2$  *adjusted* dell'intero modello. Inoltre, tra parentesi è riportata la variazione di ogni valore rispetto a quello ottenuto dalla regressione priva del fattore *Momentum*, effettuata nel paragrafo 3.3.

Come si può notare dalla tabella, in tre casi su quattro, ovvero per i portafogli *Food Products*, *Healthcare* e *Personal Services*, l'introduzione di questo fattore comporta una leggera riduzione

dell'effetto negativo di *TS* sul valore dei titoli<sup>47</sup> ed un leggero aumento del pValue, variazione che non è comunque sufficiente a superare il valore di 0.05 e rendere quindi i coefficienti non statisticamente significativi.

*Rubber & Plastic Products*, al contrario degli altri tre portafogli, vede aumentati sia l'effetto di *TS* sul valore dei titoli, che la significatività del coefficiente, seppur, così come gli altri portafogli, con variazioni piuttosto ridotte.

Parlando invece dell' $R^2$  *adjusted*, tale statistica aumenta leggermente, rispetto alla regressione precedente, in tutti e quattro i portafogli.

Quest'ultimo dato risulta interessante, se utilizzato come confronto con i portafogli che non presentano sensibilità statisticamente significativa alle temperature.

Osservando l' $R^2$  *adjusted*, infatti, possiamo vedere che, per i quattro portafogli significativi, questo aumenti con il primo modello<sup>48</sup> e migliori ulteriormente con il secondo, cosa che non si osserva per il resto dei portafogli.

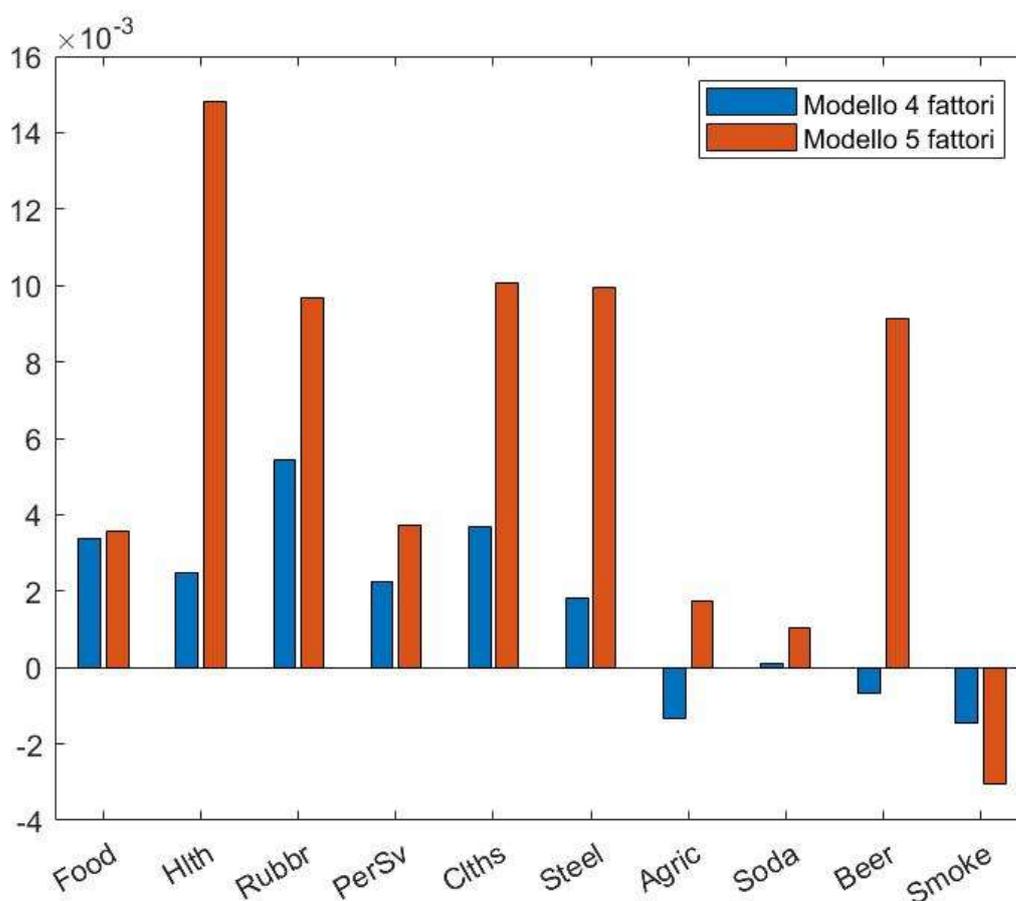
Nella figura seguente, è riportata la variazione dell' $R^2$  *adjusted*, per il modello a quattro e cinque fattori, rispetto a quello classico di Fama e French, in modo da mostrare più chiaramente quanto detto.

---

<sup>47</sup> Nei casi elencati il coefficiente, in valore assoluto, si riduce.

<sup>48</sup> Modello a quattro fattori ( $(R_m - R_f)$ , *SMB* e *HML* e *TS*).

Di seguito sono mostrati solo dieci portafogli, mentre nel grafico A.2 in appendice, è possibile visualizzare i grafici per tutti e 49 i settori.



**Grafico 3.6** Il valore riportato è la variazione dell' $R^2$  dei due modelli a 4 e 5 fattori, ottenuta sottraendo all' $R^2$  del modello di riferimento, l' $R^2$  del modello a tre fattori di Fama e French. Si può notare che i portafogli Clths e Steel presentano un comportamento simile ai primi quattro, ovvero i portafogli individuati come sensibili alle temperature. Questo può essere dovuto al fatto che il pValue relativo al coefficiente TS per questi due portafogli, risulti molto vicino al valore soglia di 0.05.

### 3.4.2 Eteroschedasticità ed autocorrelazione

In generale, una famiglia di variabili aleatorie, si definisce eteroschedastica se, all'interno del campione, è possibile individuare delle componenti con varianza differente. Si ha invece autocorrelazione, quando la covarianza, tra differenti componenti del campione, è diversa da zero.

In tema di stima dei coefficienti di una regressione lineare utilizzando il metodo OLS, eteroschedasticità e autocorrelazione ricoprono un ruolo fondamentale per quanto riguarda i termini di errore del modello.

Una delle assunzioni riguardanti la regressione lineare, prevede infatti che, affinché si possa applicare il teorema di Gauss Markov, il quale afferma che gli stimatori ottenuti attraverso il

metodo dei minimi quadrati, siano gli stimatori lineari corretti più efficienti<sup>49</sup>, gli errori della regressione non devono essere eteroschedastici ed autocorrelati<sup>50</sup>.

Se l'assunzione di omoschedasticità ed autocorrelazione non dovesse essere rispettata, gli stimatori OLS non risulterebbero più BLUE. In questo caso, mentre i coefficienti stimati non risulterebbero distorti, ciò che non potrebbe essere calcolato in maniera corretta sarebbero gli errori standard di quest'ultimi.

Se così fosse, non sarebbe possibile fare affidamento sul valore del pValue ottenuto attraverso le regressioni e quindi determinare con certezza, in quali portafogli il coefficiente stimato per la variabile *TS* risulti statisticamente significativo.

Per ovviare a questo problema, uno degli strumenti utilizzabili è lo Stimatore di Newey–West, il quale consente di stimare un'approssimazione della matrice delle covarianze, eliminando i problemi legati ad autocorrelazione ed eteroschedasticità.

I coefficienti stimati attraverso questo procedimento, saranno gli stessi ottenuti attraverso il metodo dei minimi quadrati ma, nel caso in cui il campione utilizzato nello studio svolto finora, non dovesse soddisfare le assunzioni di omoschedasticità e non autocorrelazione, gli errori standard verrebbero corretti, in modo da ottenere test di significatività più affidabili.

Nel nostro caso, applicando lo stimatore di Newey-West, non si notano cambiamenti sulla significatività della variabile *TS*, la quale risulta statisticamente significativa per i già noti quattro portafogli.

Non si evidenzia dunque presenza di eteroschedasticità ed autocorrelazione all'interno del campione utilizzato restando quindi valido quanto affermato nella sezione 3.3.

### 3.4.3 Regressioni *rolling window*

In quest'ultima parte del paragrafo, ci concentreremo sulle regressioni *rolling window*. Attraverso questo studio, è possibile osservare come varia nel tempo il valore del coefficiente di *TS* e la sua significatività. Inoltre, utilizzeremo campioni di diverse dimensioni, per vedere in che modo si modificano i risultati fin qui ottenuti, se si considerano orizzonti temporali diversi.

Effettuare un'analisi *rolling window* consiste nello scegliere una finestra di dimensione  $n < N$ , dove  $n$  è il numero di osservazioni contenute nella finestra scelta, ed  $N$  è il numero di osservazioni

---

<sup>49</sup> Best Linear Unbiased Estimators (BLUE).

<sup>50</sup> Tale assunzione può essere riscritta come  $V\{\epsilon\} = \sigma^2 I_N$ , dove  $I_N$  è la matrice identità  $N \times N$ . Se l'assunzione è soddisfatta, gli errori si dicono omoschedastici e non autocorrelati.

dell'intero campione in analisi, ed effettuare un numero  $i$  di iterazioni, eliminando, ad ogni  $i$ -esima iterazione, le prime  $t$  osservazioni ed inserendo lo stesso numero di osservazioni successive.

Consideriamo, ad esempio, una serie storica composta da 10 osservazioni. Vogliamo effettuare un'analisi *rolling window* con una finestra di 5 elementi ed un incremento  $t$  pari a 1.

La prima regressione verrà effettuata sulle osservazioni da 1 a 5, la successiva da 2 a 6 e così via.

Alla fine del procedimento avremo svolto sei regressioni.

Questo tipo di analisi può essere effettuato utilizzando *rolling window* sovrapposte o meno.

Nel primo caso, che è quello proposto nell'esempio precedente,  $t$  è minore di  $n$ , e nelle regressioni successive saranno ancora presenti delle osservazioni utilizzate nelle iterazioni precedenti.

Nelle regressioni non sovrapposte, al contrario,  $t$  è uguale a  $n$ . In questo caso, ogni regressione prenderà in esame un sottocampione completamente differente.

In questo studio sono state effettuate varie prove con regressioni *rolling window* non sovrapposte con finestre da 60, 120, 156, 180 e 240 mesi e sovrapposte, con passo di un mese, da 300, 400 e 450 mesi.

Partiamo osservando i dati ottenuti dalle regressioni non sovrapposte dei quattro portafogli oggetto del nostro studio, ovvero *Food Products, Healthcare, Rubber & Plastic Products e Personal Services*.

Le tabelle seguenti riportano il valore del pValue, relativo alla variabile  $TS$ , per ognuno di questi portafogli, stimato utilizzando le finestre elencate precedentemente<sup>51</sup>. Il numero di regressioni effettuate, dipende naturalmente dall'ampiezza della finestra utilizzata.

---

<sup>51</sup> 60, 120, 156, 180 e 240 mesi.

Finestra 60 mesi				
Periodo	Food	Health	Rubber	PerSv
1979-1983	0.8963	0.8573	0.5936	0.2346
1984-1988	0.8433	0.3537	0.825	0.8403
1989-1993	0.7408	0.1347	0.3216	0.7193
1994-1998	0.8619	0.0774	0.4689	0.9725
1999-2003	0.3658	0.7924	0.0781	0.4557
2004-2008	0.9122	0.725	0.3301	0.8898
2009-2013	0.0245	0.3525	0.7272	0.1499
2014-2018	0.8469	0.5726	0.6424	0.0147

Finestra 120 mesi				
Periodo	Food	Health	Rubber	PerSv
1979-1988	0.8343	0.5131	0.4434	0.4731
1989-1998	0.7976	0.0221	0.2815	0.748
1999-2008	0.3929	0.9444	0.0375	0.5343
2009-2018	0.0741	0.2051	0.6654	0.0154

Finestra 180 mesi				
Periodo	Food	Health	Rubber	PerSv
1989-2003	0.3818	0.1336	0.0121	0.2522
2004-2018	0.1099	0.2315	0.3962	0.0404

Finestra 156 mesi				
Periodo	Food	Health	Rubber	PerSv
1980-1992	0.5815	0.0182	0.9544	0.9678
1993-2005	0.5711	0.7044	0.0086	0.636
2006-2018	0.1126	0.211	0.6239	0.0168

Finestra 240 mesi				
Periodo	Food	Health	Rubber	PerSv
1979-1998	0.985	0.0382	0.798	0.7708
1999-2018	0.0562	0.4601	0.0572	0.0269

**Tabella 3.7** Valore pValue relativo ad ogni portafoglio per diversi periodi, utilizzando campioni di varie dimensioni

La prima colonna delle tabelle indica il periodo su cui è stata svolta la regressione, mentre nella colonna successiva possiamo leggere il valore del pValue del coefficiente relativo a *TS* per ognuno dei quattro portafogli.

In rosso sono stati evidenziati i pValue inferiori a 0.05 e sono quindi i casi in cui *TS* è risultato statisticamente significativo all'interno del modello utilizzato.

La prima osservazione che è possibile fare, è che tale valore tende a modificarsi nel tempo. La variabile *TS* quindi, sembrerebbe essere significativa solo al verificarsi di particolari condizioni.

In secondo luogo, possiamo notare che, sebbene le regressioni restituiscano risultati statisticamente significativi se applicate all'intero campione di 480 mesi, lo stesso non si può dire quando esse vengono eseguite su sottocampioni.

L'esempio più lampante è dato dal portafoglio *Food Products*, che pur presentando un pValue del coefficiente relativo alla variabile *TS* di 0.043 sull'intero campione, prendendo in considerazione i vari sottocampioni, risulta essere sensibile alle temperature solo nel periodo di 60 mesi, dal 2009 al 2013.

Questo fenomeno potrebbe essere dovuto alla ridotta dimensione dei campioni utilizzati, non in grado di rilevare gli effetti delle temperature, in un arco temporale non sufficientemente ampio.

Allo scopo di approfondire questi temi, sono state svolte ulteriori analisi *rolling window*, questa volta sovrapposte e prendendo in considerazione sottocampioni più ampi, da 300, 400 e 450 mesi.

Nei grafici A.3 e seguenti, presenti in appendice, è possibile visualizzare l'andamento nel tempo del valore del pValue e del coefficiente stimato, relativo alla variabile *TS*, per tutte e tre le finestre utilizzate mentre nella pagina seguente, sono riportati solo i grafici relativi alla finestra di 450 mesi.

Nel proseguo della discussione verrà fatto riferimento solo a quest'ultimo sottocampione, essendo quello che mostra risultati più consistenti.

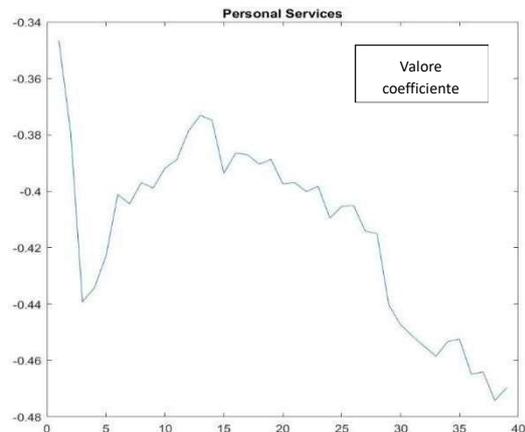
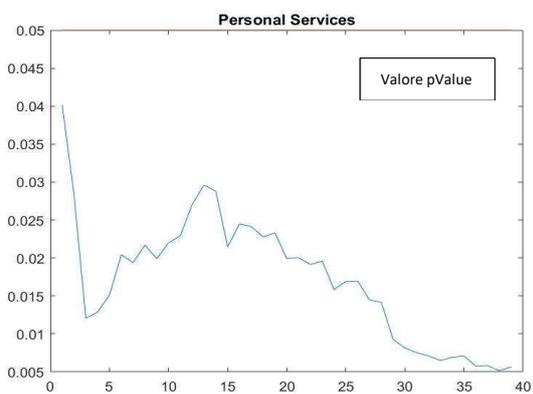
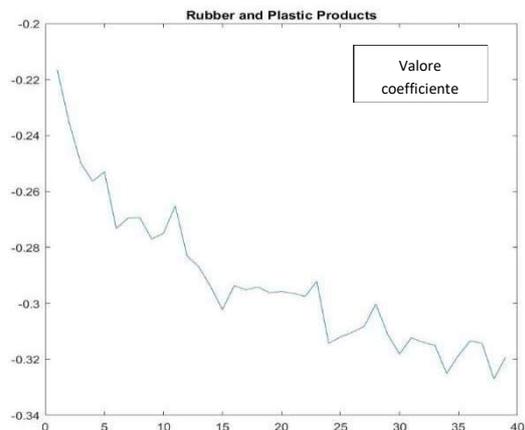
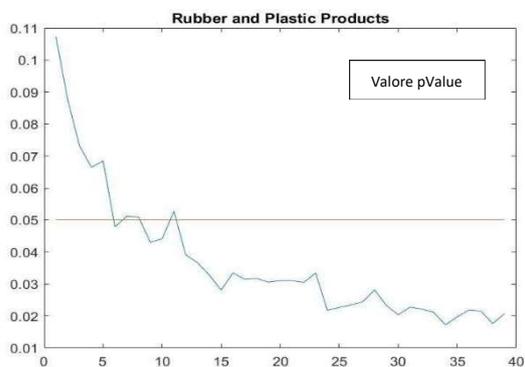
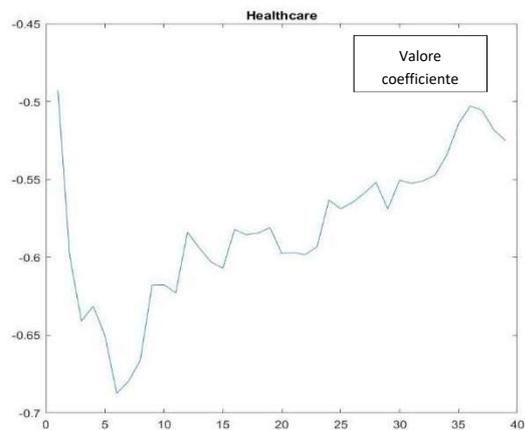
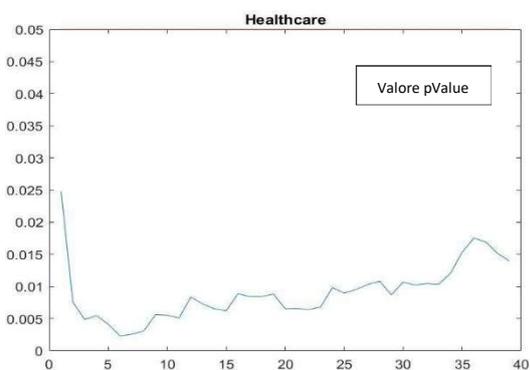
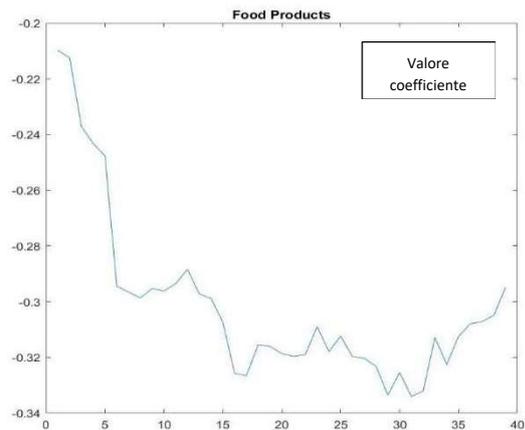
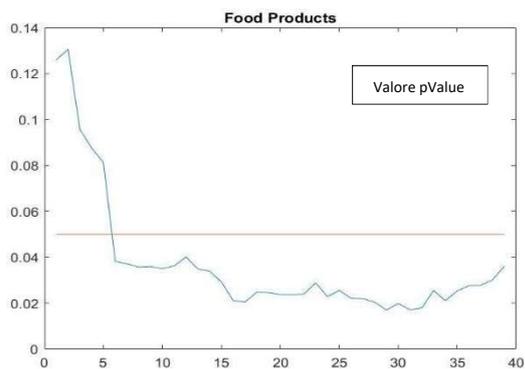
Come infatti era stato annunciato precedentemente, all'aumentare della dimensione della finestra presa in considerazione, il numero di volte in cui i coefficienti stimati risultano statisticamente significativi, tende ad aumentare.

Tale fenomeno accredita l'ipotesi che per cogliere gli effetti di una variazione delle temperature dal loro valore atteso<sup>52</sup>, sia necessario tenere in considerazione un ampio arco temporale.

---

<sup>52</sup> La variabile *TS* assume valori ridotti ed è quindi probabile che, essendo l'effetto molto piccolo, solo un campione ampio sia in grado di rilevarla.

**Grafici 3.8** Variazione del pValue ed il relativo coefficiente ad ogni iterazione. La barra rossa nei grafici relativi al pValue indica la soglia di 0.05.



Dall'analisi dei dati possono essere fatte alcune osservazioni.

Innanzitutto, confrontando il grafico dei pValue e quello dei coefficienti per ognuno dei portafogli, appare chiaro come l'andamento del primo valore, sia molto simile al secondo, evidenziando un'elevata correlazione tra le due serie di dati.

In particolare, si può notare come, più il valore del pValue sia ridotto, maggiore sia, in termini assoluti, il coefficiente stimato.

Per confermare quanto osservato dai grafici, si è deciso di calcolare il coefficiente di correlazione per ognuno dei quattro portafogli. Esso corrisponde a 0.981 per *Food Products*, 0.928 per *Healthcare*, 0.980 per *Rubber & Plastic Products* e 0.977 per *Personal Services*. Ciò significa che se la significatività della variabile *TS* dovesse crescere<sup>53</sup>, è verosimile attendere che anche l'effetto negativo delle temperature sui rendimenti di queste imprese, possa aumentare a sua volta.

In secondo luogo, per quanto riguarda i portafogli *Food Products* e *Rubber & Plastic Products*, ovvero i due che non presentano significatività statistica sull'intero periodo, si può vedere come il pValue assuma valori inferiori a 0.05 dopo un primo momento di non significatività.

Il primo punto in cui ciò avviene corrisponde alla sesta iterazione, ovvero alla regressione effettuata sul periodo che va da giugno 1979 a novembre 2016.

Tale periodo è anche il primo a presentare un valore medio di *TS* superiore allo zero<sup>54</sup> e quindi a considerare un arco temporale in cui in media, si è osservata una temperatura superiore al proprio valore atteso.

È possibile che esista una relazione tra il valore della variabile *TS* e la sua significatività all'interno del modello utilizzato in questo studio.

Ciò può significare che un aumento delle temperature, possa portare a livelli di significatività superiori rispetto a quanto attualmente osservato, sia per quanto riguarda i portafogli già individuati, sia per quelli che al momento non risultano significativamente influenzati<sup>55</sup>.

Nel corso del prossimo capitolo cercheremo di approfondire questo tema.

---

<sup>53</sup> Nel capitolo successivo vedremo che è probabile che questo accada.

<sup>54</sup> 0.00174

<sup>55</sup> Così come i portafogli *Food Products* e *Rubber & Plastic Products*, hanno iniziato a presentare una sensibilità alle temperature a partire da un certo livello di *TS*, è possibile che anche altri portafogli possano presentare la stessa caratteristica, ad un livello delle temperature più alto.

#### 4. Possibili scenari futuri

Come anticipato nel capitolo precedente, si ipotizza una relazione tra il valore assunto dalla variabile *Temperature Shock* e la sua significatività. In particolare, sembrerebbe che maggiore sia stato il valore medio di *TS*, durante il periodo considerato, da una specifica finestra della *rolling window*, maggiore sia stata la significatività di questa variabile all'interno della regressione.

Il ragionamento si basa su un semplice presupposto: ogni settore presenta un intervallo ideale di temperature entro le quali svolgere le proprie attività. Finché le temperature, pur aumentando o diminuendo, si mantengono all'interno di tale intervallo, il settore sotto esame non ne risente in maniera consistente. Quando invece le temperature escono da questo intervallo, è probabile che si abbia un effetto sull'attività, in termini di minore produzione, causata da una ridotta produttività dei fattori utilizzati, o di maggiori costi sostenuti, ad esempio per riportare le temperature nell'ambiente di lavoro, all'interno dell'intervallo ideale. È quindi possibile che un eventuale aumento delle temperature, possa far sì che nuovi settori escano dal proprio intervallo ideale, rendendoli solo in quel momento effettivamente influenzate dal clima.

Se questa teoria fosse confermata, sarebbe possibile avere un'idea su quelle imprese, non appartenenti ai settori già individuati, che nei prossimi anni potrebbero vedere il proprio titolo influenzato dal clima, a causa del continuo aumento delle temperature medie.

Per studiare la significatività della variabile *Temperature Shock*, utilizzeremo la statistica *t* al posto del *pValue*, ricordando che si ha significatività statistica al 95%, se essa è maggiore, in valore assoluto a 1.96. La scelta è motivata dalla caratteristica del *pValue* di poter variare esclusivamente tra 0 e 1, essendo una misura di probabilità, e rendendolo quindi non adatto al tipo di studio che si vuole svolgere.

Il primo passo è stato quello di ripetere le regressioni *rolling window* sovrapposte con finestre di 450 mesi per tutti i portafogli, così come già svolte nel capitolo precedente. In questo caso però, non si è andati ad osservare il *pValue*, ma la statistica *t*.

Naturalmente i risultati sono i medesimi. Il *pValue* infatti è semplicemente la probabilità di ottenere un valore della statistica test uguale o più estremo del valore osservato. Nel nostro caso, per definire *TS* statisticamente significativo, vogliamo che tale probabilità sia inferiore a 0.05. Questo si ottiene quando il valore assoluto della statistica *t* è maggiore di 1.96.

La seconda variabile necessaria allo studio è invece rappresentata dalla media dei valori che *Temperature Shock* assume in ognuna delle 31 finestre utilizzate per le regressioni *rolling window*.

Per ognuno dei 49 portafogli, è stata poi effettuata una regressione lineare tra queste due variabili stimando il seguente modello:

$$Tstat_{i,t} = I_i + b_i * \overline{TS}_t$$

Dove

$Tstat_{i,t}$  rappresenta la statistica t dell'i-esimo portafoglio, al tempo t;

$I_i$  rappresenta l'intercetta;

$\overline{TS}_t$  rappresenta il valore medio del *Temperature Shock* calcolato sui 450 mesi precedenti.

La tabella A.9 riporta i valori stimati per  $I_i$ ,  $b_i$  ed il pValue del modello, per tutti i portafogli cui regressione ha evidenziato una relazione tra  $Tstat_{i,t}$  e  $\overline{TS}_t$ .

In totale sono presenti 31 portafogli, i quali presentano una significatività statistica del coefficiente  $b_i$  superiore al 95%.

Tale risultato, conferma l'ipotesi fatta nel precedente capitolo che, almeno per quanto riguarda determinati settori, un costante aumento delle temperature, potrebbe rendere sensibili alla variabile *Temperature Shock* alcuni portafogli che al momento non ne sono influenzati.

Il fatto che sia presente tale relazione, non assicura però che tutti i 31 portafogli possano diventare sensibili all'interno di uno scenario verosimile.

Per esempio, se dal risultato dello studio, risultasse che per un determinato portafoglio fosse necessario un *Temperature Shock* medio superiore a 10 °C<sup>56</sup> per risultare sensibile alle temperature, potremmo tranquillamente considerarlo non influenzato da quest'ultime, dal momento che uno scenario simile è altamente improbabile.

Al fine di poter determinare con maggior sicurezza quali portafogli potranno risultare influenzati dalle temperature nei prossimi anni, è stato necessario stimare il valore critico del *Temperature Shock* medio, oltre il quale si prevede che  $Tstat$  di quello specifico portafoglio assuma, in valore assoluto, un valore maggiore di 1.96.

Utilizzando l'intercetta  $I_i$  ed il coefficiente  $b_i$  è stato infatti possibile stimare il valore che deve assumere  $\overline{TS}$  affinché  $Tstat$  assuma valori maggiori di -1.96 o minori di 1.96.

---

<sup>56</sup> Il valore di  $\overline{TS}$  calcolato nell'ultimo periodo è pari a 0.04.

Attraverso questo calcolo sono stati individuati due valori di  $\overline{TS}$ , il primo, che chiameremo  $\overline{TC}_1$  restituisce un valore di  $Tstat$  pari a 1.96, mentre il secondo,  $\overline{TC}_2$ , è quello che rende  $Tstat$  pari a -1.96. Quando  $\overline{TS}$  assume valori compresi fra  $\overline{TC}_1$  e  $\overline{TC}_2$ , la variabile *Temperature Shock* non risulterà statisticamente significativa, al contrario se  $\overline{TS}$  assumesse valori esterni a questo intervallo, rappresentando quindi un importante aumento o diminuzione delle temperature medie,  $TS$  presenterebbe un pValue inferiore a 0.05. I due valori in esame sono stati ottenuti risolvendo le seguenti equazioni per ogni portafoglio:

$$\overline{TC}_{1,i} = \frac{1.96 - I_i}{b_i}$$

$$\overline{TC}_{2,i} = -\frac{1.96 + I_i}{b_i}$$

Nella tabella A.9, per ogni portafoglio è stato riportato esclusivamente il maggiore tra  $\overline{TC}_1$  e  $\overline{TC}_2$ , dal momento che in questa sede siamo interessati all'eventualità di un aumento delle temperature e non ad una loro diminuzione.

Un esempio di portafogli per il quale è inverosimile credere che la variabile  $TS$  possa diventare statisticamente significativa, è rappresentato da quelli relativi ai settori *Business Services, Defense e Transportation*, per i quali sono stati calcolati valori critici rispettivamente pari a 11.92 °C, 22.48 °C e 84.86 °C. Tenendo in considerazione l'attuale tasso di crescita delle temperature, non è plausibile credere che questi portafogli possano presentare sensibilità statisticamente significativa della variabile  $TS$ , nei prossimi anni.

In definitiva, i portafogli che possiamo considerare a rischio oltre ai quattro individuati nel precedente capitolo, sono 15, i quali presentano valori critici inferiori a 1 °C.

Tali portafogli sono *Consumer Goods, Candy & Soda, Non-Metallic & Industrial Metal Mining, Textiles, Wholesale, Retail, Machinery, Automobiles & Trucks, Beer & Liquor, Construction, Trading, Fabricated Products, Agriculture, Utilities* ed *Electronic Equipment*.

Con i dati fin qui ottenuti è inoltre possibile stimare il pValue relativo alla variabile  $TS$  che i portafogli presenteranno in futuro e sapere quindi entro quanti anni, questi verranno influenzati dall'aumento delle temperature medie, se queste dovessero continuare ad innalzarsi con un tasso costante.

Considerando che attualmente il valore di  $\overline{TS}$  sta crescendo di circa 0.0276 °C annui e supponendo che questo dato rimanga il medesimo nei prossimi anni, è stato calcolato il pValue di  $TS$ , per questi portafogli, tra 10, 20 e 30 anni.

La formula utilizzata, derivata dall'equazione stimata attraverso la regressione lineare, è la seguente:

$$Tstat_{i,t} = Tstat_{i,0} + b_i * 0.0276 * t$$

Con  $t = 10, 20, 30$

Dove

$Tstat_{i,t}$  rappresenta la statistica t dell'i-esimo portafoglio, al tempo  $t$ ;

$Tstat_{i,0}$  rappresenta l'attuale statistica t dell'i-esimo portafoglio;

$b_i$  rappresenta l'intercetta relativa all'i-esimo portafoglio stimata attraverso la regressione lineare;

0.0276 è la variazione annuale della variabile  $\overline{TS}$ .

Come è possibile vedere dai dati riportati nella tabella A.9 in appendice, il numero di settori per il quale la variabile  $TS$  è destinata a diventare statisticamente significativa, tende a crescere con il passare degli anni e quindi con l'innalzamento delle temperature.

Dallo studio è infatti emerso che ai quattro portafogli che già adesso presentano sensibilità alle temperature si aggiungeranno 6 portafogli entro 10 anni, ovvero *Candy & Soda*, *Consumer Goods*, *Textiles*, *Non-Metallic & Industrial Metal Mining*, *Wholesale*, e *Retail*, ulteriori 6 entro 20 anni, ovvero *Beer & Liquor*, *Construction*, *Machinery Automobiles & Trucks*, *Utilities* e *Trading*, ed infine entro 30 anni, verranno inclusi anche *Agriculture*, *Fabricated Products* ed *Electronic Equipment*, per un totale di 15 nuovi portafogli.

È importante specificare che, sebbene in questo capitolo si sia affermato che nuovi settori potrebbero essere influenzati dalla variabile  $TS$ , risulta difficile prevedere l'effettivo peso che le temperature avranno nel determinare l'andamento dei titoli delle imprese operanti in questi settori.

Un secondo elemento di rilevante importanza è che sempre più Stati ed Organizzazioni si stanno mobilitando al fine di ridurre l'aumento delle temperature, per mantenerlo sotto la soglia degli 1.5 °C rispetto all'era preindustriale. È quindi probabile che la variabile  $\overline{TS}$  possa ridurre la sua crescita nei prossimi anni, se non anche iniziare a diminuire. Questa eventualità renderebbe le previsioni effettuate nelle pagine precedenti naturalmente imprecise. Resterebbero comunque validi i valori

critici riportati nella quinta colonna della tabella A.9, i quali indicano a che livello di  $\overline{TS}$  i vari settori inizierebbero ad essere danneggiate dall'eccessivo livello delle temperature.

## 5. Conclusioni

In questa tesi si è voluto individuare i settori maggiormente influenzati dal riscaldamento globale. L'aumento delle temperature non solo ha raggiunto livelli allarmanti, ma sembra destinato a continuare a crescere. Riuscire a determinare quali industrie stiano vedendo i loro rendimenti ridotti dal cambiamento climatico può quindi rappresentare un valido aiuto sia in fase di pianificazione aziendale e gestione dei rischi, per quelle imprese appartenenti ai settori che presentano una maggiore sensibilità a questo fenomeno, sia in fase di costruzione e gestione dei portafogli, per tutti i tipi di investitori.

Utilizzando una versione modificata del modello a tre fattori di Fama e French, nella quale è stato aggiunto un quarto fattore, chiamato *Temperature Shock (TS)*, sono state individuati quattro portafogli, rappresentanti di altrettante industrie, per le quali questa nuova variabile è risultata statisticamente significativa con un livello di significatività superiore al 95%. Tali portafogli sono *Food Products, Healthcare, Rubber & Plastic Products e Personal Services*. *TS* rappresenta la deviazione delle temperature medie relative ad uno specifico mese, rispetto al loro valore atteso ed ha quindi lo scopo di quantificare l'aumento delle stesse. Il fatto che il coefficiente stimato per *Temperature Shock*, risulti statisticamente significativo all'interno del modello, unitamente al valore di quest'ultimo, dimostra come anche il riscaldamento globale, al pari dei tre fattori usati nel modello classico, svolga un ruolo nella determinazione dei rendimenti dei quattro portafogli individuati.

Svolgendo ulteriori studi sul modello è stato inoltre possibile fare due importanti osservazioni. La prima è che utilizzando sottocampioni di dimensioni eccessivamente ridotte, i portafogli non sembrano essere influenzati dalle temperature. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che sia necessario un arco temporale sufficientemente ampio, per poter osservare gli effetti del clima sui rendimenti delle imprese. La seconda è che il valore dei coefficienti relativi alla variabile *TS* e la loro significatività, tendono a variare nel tempo. Tale variazione è risultata essere correlata al valore della variabile *Temperature Shock* registrata durante il periodo preso in considerazione. Questo legame ha consentito di individuare quindici portafogli da considerare "a rischio": *Candy & Soda, Consumer Goods, Textiles, Non-Metallic & Industrial Metal Mining, Wholesale, Retail, Beer & Liquor, Construction, Machinery Automobiles & Trucks, Utilities, Trading, Agriculture, Fabricated Products* ed *Electronic Equipment*.

Si tratta di portafogli cui rendimenti attualmente non risentono dell'innalzamento delle temperature ma che, considerato l'attuale tasso di crescita di quest'ultime, potrebbero iniziare ad esserne influenzate entro i prossimi trenta anni.

## 6. Appendice

**Tabella A.1** Elenco settori contenuti in ognuno dei 49 portafogli secondo la classificazione SIC

<p>1 Agriculture</p> <p>0100-0199 Agric production - crops</p> <p>0200-0299 Agric production - livestock</p> <p>0700-0799 Agricultural services</p> <p>0910-0919 Commercial fishing</p> <p>2048-2048 Prepared feeds for animals</p>	<p>2 Food Food Products</p> <p>2000-2009 Food and kindred products</p> <p>2010-2019 Meat products</p> <p>2020-2029 Dairy products</p> <p>2030-2039 Canned-preserved fruits-vegs</p> <p>2040-2046 Flour and other grain mill products</p> <p>2050-2059 Bakery products</p> <p>2060-2063 Sugar and confectionery products</p> <p>2070-2079 Fats and oils</p> <p>2090-2092 Misc food preps</p> <p>2095-2095 Roasted coffee</p> <p>2098-2099 Misc food preparations</p>
<p>3 Soda Candy &amp; Soda</p> <p>2064-2068 Candy and other confectionery</p> <p>2086-2086 Bottled-canned soft drinks</p> <p>2087-2087 Flavoring syrup</p> <p>2096-2096 Potato chips</p> <p>2097-2097 Manufactured ice</p>	<p>4 Beer Beer &amp; Liquor</p> <p>2080-2080 Beverages</p> <p>2082-2082 Malt beverages</p> <p>2083-2083 Malt</p> <p>2084-2084 Wine</p> <p>2085-2085 Distilled and blended liquors</p>
<p>5 Smoke Tobacco Products</p> <p>2100-2199 Tobacco products</p>	<p>6 Toys Recreation</p> <p>0920-0999 Fishing, hunting &amp; trapping</p> <p>3650-3651 Household audio visual equip</p> <p>3652-3652 Phonographic records</p> <p>3732-3732 Boat building and repair</p> <p>3930-3931 Musical instruments</p> <p>3940-3949 Toys</p>
<p>7 Fun Entertainment</p> <p>7800-7829 Services - motion picture production and distribution</p> <p>7830-7833 Services - motion picture theatres</p> <p>7840-7841 Services - video rental</p> <p>7900-7900 Services - amusement and recreation</p> <p>7910-7911 Services - dance studios</p> <p>7920-7929 Services - bands, entertainers</p> <p>7930-7933 Services - bowling centers</p> <p>7940-7949 Services - professional sports</p> <p>7980-7980 Amusement and recreation services (?)</p> <p>7990-7999 Services - misc entertainment</p>	<p>8 Books Printing and Publishing</p> <p>2700-2709 Printing publishing and allied</p> <p>2710-2719 Newspapers: publishing-printing</p> <p>2720-2729 Periodicals: publishing-printing</p> <p>2730-2739 Books: publishing-printing</p> <p>2740-2749 Misc publishing</p> <p>2770-2771 Greeting card publishing</p> <p>2780-2789 Book binding</p> <p>2790-2799 Service industries for print trade</p>
<p>9 Hshld Consumer Goods</p> <p>2047-2047 Dog and cat food</p> <p>2391-2392 Curtains, home furnishings</p> <p>2510-2519 Household furniture</p> <p>2590-2599 Misc furniture and fixtures</p> <p>2840-2843 Soap &amp; other detergents</p> <p>2844-2844 Perfumes cosmetics</p> <p>3160-3161 Luggage</p> <p>3170-3171 Handbags and purses</p> <p>3172-3172 Personal leather goods, except handbags</p> <p>3190-3199 Leather goods</p>	<p>10 Clths Apparel</p> <p>2300-2390 Apparel and other finished products</p> <p>3020-3021 Rubber and plastics footwear</p> <p>3100-3111 Leather tanning and finishing</p> <p>3130-3131 Boot, shoe cut stock, findings</p> <p>3140-3149 Footware except rubber</p> <p>3150-3151 Leather gloves and mittens</p> <p>3963-3965 Fasteners, buttons, needles, pins</p>

<p>3229-3229 Pressed and blown glass</p> <p>3260-3260 Pottery and related products</p> <p>3262-3263 China and earthenware table articles</p> <p>3269-3269 Pottery products</p> <p>3230-3231 Glass products</p> <p>3630-3639 Household appliances</p> <p>3750-3751 Motorcycles, bicycles and parts (Harley &amp; Huffy)</p> <p>3800-3800 Misc inst, photo goods, watches</p> <p>3860-3861 Photographic equip (Kodak etc, but also Xerox)</p> <p>3870-3873 Watches clocks and parts</p> <p>3910-3911 Jewelry-precious metals</p> <p>3914-3914 Silverware</p> <p>3915-3915 Jewelers' findings, materials</p> <p>3960-3962 Costume jewelry and notions</p> <p>3991-3991 Brooms and brushes</p> <p>3995-3995 Burial caskets</p>	
<p>11 Hlth Healthcare</p> <p>8000-8099 Services - health</p>	<p>12 MedEq Medical Equipment</p> <p>3693-3693 X-ray, electromedical app</p> <p>3840-3849 Surg &amp; med instru</p> <p>3850-3851 Ophthalmic goods</p>
<p>13 Drugs Pharmaceutical Products</p> <p>2830-2830 Drugs</p> <p>2831-2831 Biological products</p> <p>2833-2833 Medicinal chemicals</p> <p>2834-2834 Pharmaceutical preparations</p> <p>2835-2835 In vitro, in vivo diagnostics</p> <p>2836-2836 Biological products, except diagnostics</p>	<p>14 Chems Chemicals</p> <p>2800-2809 Chemicals and allied products</p> <p>2810-2819 Industrial inorganic chems</p> <p>2820-2829 Plastic material &amp; synthetic resin</p> <p>2850-2859 Paints</p> <p>2860-2869 Industrial organic chems</p> <p>2870-2879 Agriculture chemicals</p> <p>2890-2899 Misc chemical products</p>
<p>15 Rubbr Rubber and Plastic Products</p> <p>3031-3031 Reclaimed rubber</p> <p>3041-3041 Rubber &amp; plastic hose and belting</p> <p>3050-3053 Gaskets, hoses, etc</p> <p>3060-3069 Fabricated rubber products</p> <p>3070-3079 Misc rubber products (?)</p> <p>3080-3089 Misc plastic products</p> <p>3090-3099 Misc rubber and plastic products (?)</p>	<p>16 Txtls Textiles</p> <p>2200-2269 Textile mill products</p> <p>2270-2279 Floor covering mills</p> <p>2280-2284 Yarn and thread mills</p> <p>2290-2295 Misc textile goods</p> <p>2297-2297 Nonwoven fabrics</p> <p>2298-2298 Cordage and twine</p> <p>2299-2299 Misc textile products</p> <p>2393-2395 Textile bags, canvas products</p> <p>2397-2399 Misc textile products</p>
<p>17 BldMt Construction Materials</p> <p>0800-0899 Forestry</p> <p>2400-2439 Lumber and wood products</p> <p>2450-2459 Wood buildings-mobile homes</p> <p>2490-2499 Misc wood products</p> <p>2660-2661 Building paper and board mills</p> <p>2950-2952 Paving &amp; roofing materials</p> <p>3200-3200 Stone, clay, glass, concrete etc</p> <p>3210-3211 Flat glass</p> <p>3240-3241 Cement hydraulic</p> <p>3250-3259 Structural clay prods</p> <p>3261-3261 Vitreous china plumbing fixtures</p> <p>3264-3264 Porcelain electrical supply</p>	<p>18 Cnstr Construction</p> <p>1500-1511 Build construction - general contractors</p> <p>1520-1529 Gen building contractors - residential</p> <p>1530-1539 Operative builders</p> <p>1540-1549 Gen building contractors - non-residential</p> <p>1600-1699 Heavy Construction - not building contractors</p> <p>1700-1799 Construction - special contractors</p>

<p>3270-3275 Concrete gypsum &amp; plaster</p> <p>3280-3281 Cut stone and stone products</p> <p>3290-3293 Abrasive and asbestos products</p> <p>3295-3299 Non-metallic mineral products</p> <p>3420-3429 Handtools and hardware</p> <p>3430-3433 Heating equip &amp; plumbing fix</p> <p>3440-3441 Fabricated struct metal products</p> <p>3442-3442 Metal doors, frames</p> <p>3446-3446 Architectual or ornamental metal work</p> <p>3448-3448 Pre-fab metal buildings</p> <p>3449-3449 Misc structural metal work</p> <p>3450-3451 Screw machine products</p> <p>3452-3452 Bolts, nuts screws</p> <p>3490-3499 Misc fabricated metal products</p> <p>3996-3996 Hard surface floor cover</p>	
<p>19 Steel Steel Works Etc</p> <p>3300-3300 Primary metal industries</p> <p>3310-3317 Blast furnaces &amp; steel works</p> <p>3320-3325 Iron &amp; steel foundries</p> <p>3330-3339 Prim smelt-refin nonfer metals</p> <p>3340-3341 Secondary smelt-refin nonfer metals</p> <p>3350-3357 Rolling &amp; drawing nonferrous metals</p> <p>3360-3369 Non-ferrous foundries and casting</p> <p>3370-3379 Steel works etc</p> <p>3390-3399 Misc primary metal products</p>	<p>20 FabPr Fabricated Products</p> <p>3400-3400 Fabricated metal, except machinery and trans eq</p> <p>3443-3443 Fabricated plate work</p> <p>3444-3444 Sheet metal work</p> <p>3460-3469 Metal forgings and stampings</p> <p>3470-3479 Coating and engraving</p>
<p>21 Mach Machinery</p> <p>3510-3519 Engines &amp; turbines</p> <p>3520-3529 Farm and garden machinery</p> <p>3530-3530 Constr, mining material handling machinery</p> <p>3531-3531 Construction machinery</p> <p>3532-3532 Mining machinery, except oil field</p> <p>3533-3533 Oil field machinery</p> <p>3534-3534 Elevators</p> <p>3535-3535 Conveyors</p> <p>3536-3536 Cranes, hoists</p> <p>3538-3538 Machinery</p> <p>3540-3549 Metalworking machinery</p> <p>3550-3559 Special industry machinery</p> <p>3560-3569 General industrial machinery</p> <p>3580-3580 Refrig &amp; service ind machines</p> <p>3581-3581 Automatic vending machines</p> <p>3582-3582 Commercial laundry and drycleaning machines</p> <p>3585-3585 Air conditioning, heating, refrid eq</p> <p>3586-3586 Measuring and dispensing pumps</p> <p>3589-3589 Service industry machinery</p> <p>3590-3599 Misc industrial and commercial eq and mach</p>	<p>22 EleEq Electrical Equipment</p> <p>3600-3600 Elec mach eq &amp; supply</p> <p>3610-3613 Elec transmission</p> <p>3620-3621 Electrical industrial appar</p> <p>3623-3629 Electrical industrial appar</p> <p>3640-3644 Electric lighting, wiring</p> <p>3645-3645 Residential lighting fixtures</p> <p>3646-3646 Commercial lighting</p> <p>3648-3649 Lighting equipment</p> <p>3660-3660 Communication equip</p> <p>3690-3690 Miscellaneous electrical machinery and equip</p> <p>3691-3692 Storage batteries</p> <p>3699-3699 Electrical machinery and equip</p>
<p>23 Autos Automobiles and Trucks</p> <p>2296-2296 Tire cord and fabric</p> <p>2396-2396 Auto trim</p> <p>3010-3011 Tires and inner tubes</p> <p>3537-3537 Trucks, tractors, trailers</p>	<p>24 Aero Aircraft</p> <p>3720-3720 Aircraft &amp; parts</p> <p>3721-3721 Aircraft</p> <p>3723-3724 Aircraft engines, engine parts</p> <p>3725-3725 Aircraft parts</p>

<p>3647-3647 Vehicular lighting</p> <p>3694-3694 Elec eq, internal combustion engines</p> <p>3700-3700 Transportation equipment</p> <p>3710-3710 Motor vehicles and motor vehicle equip</p> <p>3711-3711 Motor vehicles &amp; car bodies</p> <p>3713-3713 Truck &amp; bus bodies</p> <p>3714-3714 Motor vehicle parts</p> <p>3715-3715 Truck trailers</p> <p>3716-3716 Motor homes</p> <p>3792-3792 Travel trailers and campers</p> <p>3790-3791 Misc trans equip</p> <p>3799-3799 Misc trans equip</p>	<p>3728-3729 Aircraft parts</p>
<p>25 Ships Shipbuilding, Railroad Equipment</p> <p>3730-3731 Ship building and repair</p> <p>3740-3743 Railroad Equipment</p>	<p>26 Guns Defense</p> <p>3760-3769 Guided missiles and space vehicles</p> <p>3795-3795 Tanks and tank components</p> <p>3480-3489 Ordnance &amp; accessories</p>
<p>27 Gold Precious Metals</p> <p>1040-1049 Gold &amp; silver ores</p>	<p>28 Mines Non-Metallic and Industrial Metal Mining</p> <p>1000-1009 Metal mining</p> <p>1010-1019 Iron ores</p> <p>1020-1029 Copper ores</p> <p>1030-1039 Lead and zinc ores</p> <p>1050-1059 Bauxite and other aluminum ores</p> <p>1060-1069 Ferroalloy ores</p> <p>1070-1079 Mining</p> <p>1080-1089 Mining services</p> <p>1090-1099 Misc metal ores</p> <p>1100-1119 Anthracite mining</p> <p>1400-1499 Mining and quarrying non-metalic minerals</p>
<p>29 Coal Coal</p> <p>1200-1299 Bituminous coal</p>	<p>30 Oil Petroleum and Natural Gas</p> <p>1300-1300 Oil and gas extraction</p> <p>1310-1319 Crude petroleum &amp; natural gas</p> <p>1320-1329 Natural gas liquids</p> <p>1330-1339 Petroleum and natural gas</p> <p>1370-1379 Petroleum and natural gas</p> <p>1380-1380 Oil and gas field services</p> <p>1381-1381 Drilling oil &amp; gas wells</p> <p>1382-1382 Oil-gas field exploration</p> <p>1389-1389 Oil and gas field services</p> <p>2900-2912 Petroleum refining</p> <p>2990-2999 Misc petroleum products</p>
<p>31 Util Utilities</p> <p>4900-4900 Electric, gas, sanitary services</p> <p>4910-4911 Electric services</p> <p>4920-4922 Natural gas transmission</p> <p>4923-4923 Natural gas transmission-distr</p> <p>4924-4925 Natural gas distribution</p> <p>4930-4931 Electric and other services combined</p> <p>4932-4932 Gas and other services combined</p> <p>4939-4939 Combination utilities</p> <p>4940-4942 Water supply</p>	<p>32 Telcm Communication</p> <p>4800-4800 Communications</p> <p>4810-4813 Telephone communications</p> <p>4820-4822 Telegraph and other message communication</p> <p>4830-4839 Radio-TV Broadcasters</p> <p>4840-4841 Cable and other pay TV services</p> <p>4880-4889 Communications</p> <p>4890-4890 Communication services (Comsat)</p> <p>4891-4891 Cable TV operators</p> <p>4892-4892 Telephone interconnect</p> <p>4899-4899 Communication services</p>

<p>33 PerSv Personal Services</p> <p>7020-7021 Rooming and boarding houses</p> <p>7030-7033 Camps and recreational vehicle parks</p> <p>7200-7200 Services - personal</p> <p>7210-7212 Services - laundry, cleaners</p> <p>7214-7214 Services - diaper service</p> <p>7215-7216 Services - coin-op cleaners, dry cleaners</p> <p>7217-7217 Services - carpet, upholstery cleaning</p> <p>7219-7219 Services - laundry, cleaners</p> <p>7220-7221 Services - photo studios, portrait</p> <p>7230-7231 Services - beauty shops</p> <p>7240-7241 Services - barber shops</p> <p>7250-7251 Services - shoe repair</p> <p>7260-7269 Services - funeral</p> <p>7270-7290 Services - misc</p> <p>7291-7291 Services - tax return</p> <p>7292-7299 Services - misc</p> <p>7395-7395 Services - photofinishing labs (School pictures)</p> <p>7500-7500 Services - auto repair, services</p> <p>7520-7529 Services - automobile parking</p> <p>7530-7539 Services - auto repair shops</p> <p>7540-7549 Services - auto services, except repair (car washes)</p> <p>7600-7600 Services - Misc repair services</p> <p>7620-7620 Services - Electrical repair shops</p> <p>7622-7622 Services - Radio and TV repair shops</p> <p>7623-7623 Services - Refridg and air conditioner repair</p> <p>7629-7629 Services - Electrical repair shops</p> <p>7630-7631 Services - Watch, clock and jewelry repair</p> <p>7640-7641 Services - Reupholster, furniture repair</p> <p>7690-7699 Services - Misc repair shops</p> <p>8100-8199 Services - legal</p> <p>8200-8299 Services - educational</p> <p>8300-8399 Services - social services</p> <p>8400-8499 Services - museums, galleries, botanic gardens</p> <p>8600-8699 Services - membership organizations</p> <p>8800-8899 Services - private households</p> <p>7510-7515 Services - truck, auto rental and leasing</p>	<p>34 BusSv Business Services</p> <p>2750-2759 Commercial printing</p> <p>3993-3993 Signs, advertising specialty</p> <p>7218-7218 Services - industrial launderers</p> <p>7300-7300 Services - business services</p> <p>7310-7319 Services - advertising</p> <p>7320-7329 Services - credit reporting agencies, collection services</p> <p>7330-7339 Services - mailing, reproduction, commercial art</p> <p>7340-7342 Services - services to dwellings, other buildings</p> <p>7349-7349 Services - cleaning and bulging maint</p> <p>7350-7351 Services - misc equip rental and leasing</p> <p>7352-7352 Services - medical equip rental</p> <p>7353-7353 Services - heavy construction equip rental</p> <p>7359-7359 Services - equip rental and leasing</p> <p>7360-7369 Services - personnel supply services</p> <p>7370-7372 Services - computer programming and data processing</p> <p>7374-7374 Services - computer processing, data prep</p> <p>7375-7375 Services - information retrieval services</p> <p>7376-7376 Services - computer facilities management service</p> <p>7377-7377 Services - computer rental and leasing</p> <p>7378-7378 Services - computer maintenance and repair</p> <p>7379-7379 Services - computer related services</p> <p>7380-7380 Services - misc business services</p> <p>7381-7382 Services - security</p> <p>7383-7383 Services - news syndicates</p> <p>7384-7384 Services - photofinishing labs</p> <p>7385-7385 Services - telephone interconnections</p> <p>7389-7390 Services - misc business services</p> <p>7391-7391 Services - R&amp;D labs</p> <p>7392-7392 Services - management consulting &amp; P.R.</p> <p>7393-7393 Services - detective and protective (ADT)</p> <p>7394-7394 Services - equipment rental &amp; leasing</p> <p>7396-7396 Services - trading stamp services</p> <p>7397-7397 Services - commercial testing labs</p> <p>7399-7399 Services - business services</p> <p>7519-7519 Services - trailer rental and leasing</p> <p>8700-8700 Services - engineering, accounting, research, management</p> <p>8710-8713 Services - engineering, accounting, surveying</p> <p>8720-8721 Services - accounting, auditing, bookkeeping</p> <p>8730-8734 Services - research, development, testing labs</p> <p>8740-8748 Services - management, public relations, consulting</p> <p>8900-8910 Services - misc</p> <p>8911-8911 Services - engineering &amp; architect</p> <p>8920-8999 Services - misc</p> <p>4220-4229 Warehousing and storage</p>
<p>35 Comps Computers</p> <p>3570-3579 Office computers</p> <p>3680-3680 Computers</p> <p>3681-3681 Computers - mini</p> <p>3682-3682 Computers - mainframe</p> <p>3683-3683 Computers - terminals</p>	<p>36 Chips Electronic Equipment</p> <p>3622-3622 Industrial controls</p> <p>3661-3661 Telephone and telegraph apparatus</p> <p>3662-3662 Communications equipment</p> <p>3663-3663 Radio TV comm equip &amp; apparatus</p> <p>3664-3664 Search, navigation, guidance systems</p>

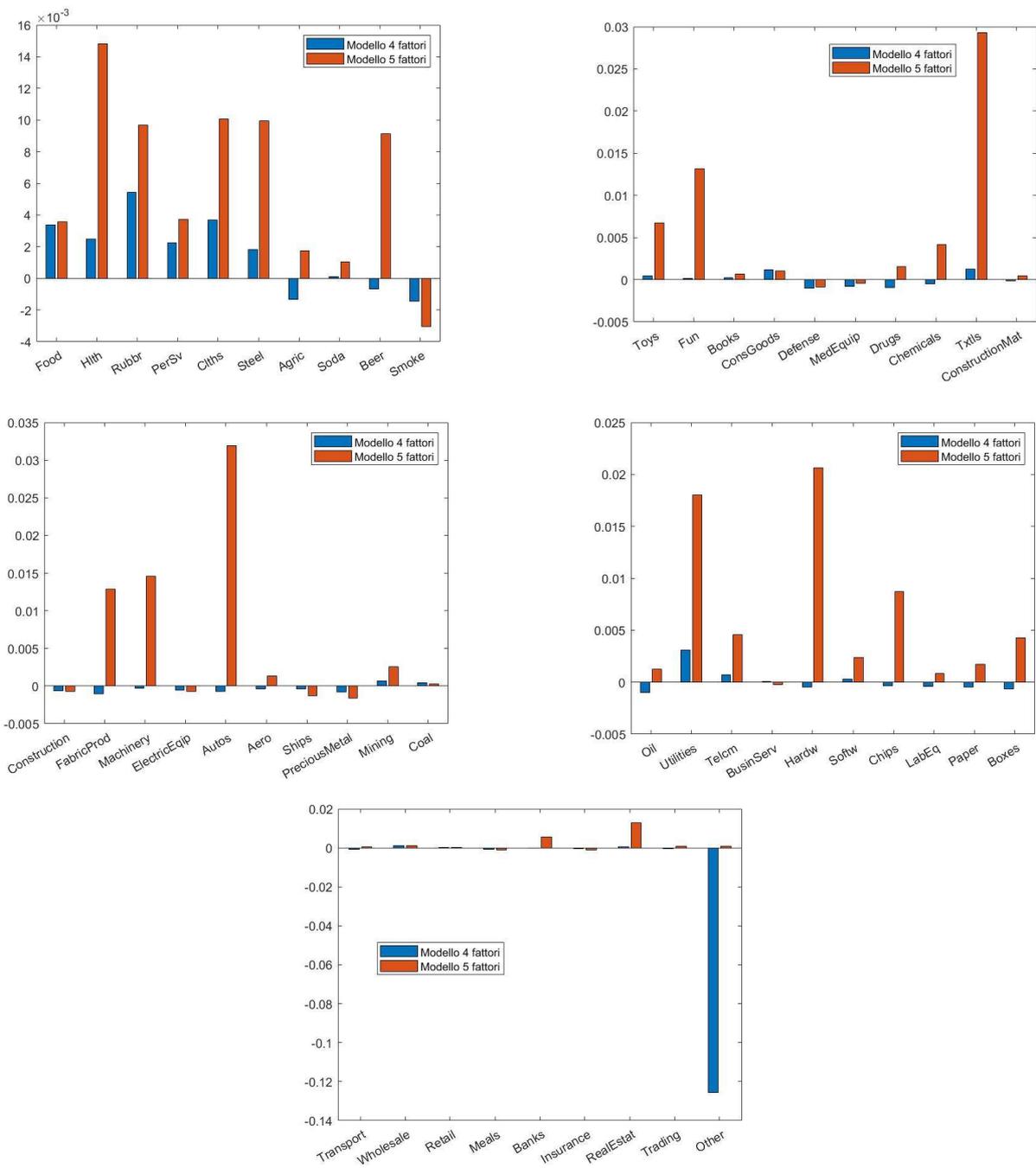
<p>3684-3684 Computers - disk &amp; tape drives</p> <p>3685-3685 Computers - optical scanners</p> <p>3686-3686 Computers - graphics</p> <p>3687-3687 Computers - office automation systems</p> <p>3688-3688 Computers - peripherals</p> <p>3689-3689 Computers - equipment</p> <p>3695-3695 Magnetic and optical recording media</p> <p>7373-7373 Computer integrated systems design</p>	<p>3665-3665 Training equipment &amp; simulators</p> <p>3666-3666 Alarm &amp; signaling products</p> <p>3669-3669 Communication equipment</p> <p>3670-3679 Electronic components</p> <p>3810-3810 Search, detection, navigation, guidance</p> <p>3812-3812 Search, detection, navigation, guidance</p>
<p>37 LabEq Measuring and Control Equipment</p> <p>3811-3811 Engr lab and research equipment</p> <p>3820-3820 Measuring and controlling equipment</p> <p>3821-3821 Lab apparatus and furniture</p> <p>3822-3822 Automatic controls - Envir and applic</p> <p>3823-3823 Industrial measurement instru</p> <p>3824-3824 Totalizing fluid meters</p> <p>3825-3825 Elec meas &amp; test instr</p> <p>3826-3826 Lab analytical instruments</p> <p>3827-3827 Optical instr and lenses</p> <p>3829-3829 Meas and control devices</p> <p>3830-3839 Optical instr and lenses</p>	<p>38 Paper Business Supplies</p> <p>2520-2549 Office furniture and fixtures</p> <p>2600-2639 Paper and allied products</p> <p>2670-2699 Paper and allied products</p> <p>2760-2761 Manifold business forms</p> <p>3950-3955 Pens pencils and office supplies</p>
<p>39 Boxes Shipping Containers</p> <p>2440-2449 Wood containers</p> <p>2640-2659 Paperboard containers, boxes, drums, tubs</p> <p>3220-3221 Glass containers</p> <p>3410-3412 Metal cans and shipping containers</p>	<p>40 Trans Transportation</p> <p>4000-4013 Railroads-line haul</p> <p>4040-4049 Railway express service</p> <p>4100-4100 Transit and passenger trans</p> <p>4110-4119 Local passenger trans</p> <p>4120-4121 Taxicabs</p> <p>4130-4131 Intercity bus trans (Greyhound)</p> <p>4140-4142 Bus charter</p> <p>4150-4151 School buses</p> <p>4170-4173 Motor vehicle terminals, service facilities</p> <p>4190-4199 Misc transit and passenger transportation</p> <p>4200-4200 Motor freight trans, warehousing</p> <p>4210-4219 Trucking</p> <p>4230-4231 Terminal facilities - motor freight</p> <p>4240-4249 Transportation</p> <p>4400-4499 Water transport</p> <p>4500-4599 Air transportation</p> <p>4600-4699 Pipelines, except natural gas</p> <p>4700-4700 Transportation services</p> <p>4710-4712 Freight forwarding</p> <p>4720-4729 Travel agencies, etc</p> <p>4730-4739 Arrange trans - freight and cargo</p> <p>4740-4749 Rental of railroad cars</p> <p>4780-4780 Misc services incidental to trans</p> <p>4782-4782 Inspection and weighing services</p> <p>4783-4783 Packing and crating</p> <p>4784-4784 Fixed facilities for vehicles, not elsewhere classified</p> <p>4785-4785 Motor vehicle inspection</p> <p>4789-4789 Transportation services</p>
<p>41 Whlsl Wholesale</p> <p>5000-5000 Wholesale - durable goods</p>	<p>42 Rtail Retail</p> <p>5200-5200 Retail - bldg material, hardware, garden</p>

5010-5015 Wholesale - autos and parts	5210-5219 Retail - lumber & other building mat
5020-5023 Wholesale - furniture and home furnishings	5220-5229 Retail
5030-5039 Wholesale - lumber and construction materials	5230-5231 Retail - paint, glass, wallpaper
5040-5042 Wholesale - professional and commercial equipment	5250-5251 Retail - hardware stores
5043-5043 Wholesale - photographic equipment	5260-5261 Retail - nurseries, lawn, garden stores
5044-5044 Wholesale - office equipment	5270-5271 Retail - mobile home dealers
5045-5045 Wholesale - computers	5300-5300 Retail - general merchandise stores
5046-5046 Wholesale - commercial equip	5310-5311 Retail - department stores
5047-5047 Wholesale - medical, dental equip	5320-5320 Retail - general merchandise stores (?)
5048-5048 Wholesale - ophthalmic goods	5330-5331 Retail - variety stores
5049-5049 Wholesale - professional equip and supplies	5334-5334 Retail - catalog showroom
5050-5059 Wholesale - metals and minerals	5340-5349 Retail
5060-5060 Wholesale - electrical goods	5390-5399 Retail - Misc general merchandise stores
5063-5063 Wholesale - electrical apparatus and equipment	5400-5400 Retail - food stores
5064-5064 Wholesale - electrical appliance TV and radio	5410-5411 Retail - grocery stores
5065-5065 Wholesale - electronic parts	5412-5412 Retail - convenience stores
5070-5078 Wholesale - hardware, plumbing, heating equip	5420-5429 Retail - meat, fish mkt
5080-5080 Wholesale - machinery and equipment	5430-5439 Retail - fruit and vegetable markets
5081-5081 Wholesale - machinery and equipment (?)	5440-5449 Retail - candy, nut, confectionary stores
5082-5082 Wholesale - construction and mining equipment	5450-5459 Retail - dairy product stores
5083-5083 Wholesale - farm and garden machinery	5460-5469 Retail - bakeries
5084-5084 Wholesale - industrial machinery and equipment	5490-5499 Retail - miscellaneous food stores
5085-5085 Wholesale - industrial supplies	5500-5500 Retail - auto dealers and gas stations
5086-5087 Wholesale - machinery and equipment (?)	5510-5529 Retail - auto dealers
5088-5088 Wholesale - trans eq except motor vehicles	5530-5539 Retail - auto and home supply stores
5090-5090 Wholesale - misc durable goods	5540-5549 Retail - gasoline service stations
5091-5092 Wholesale - sporting goods, toys	5550-5559 Retail - boat dealers
5093-5093 Wholesale - scrap and waste materials	5560-5569 Retail - recreational vehicle dealers
5094-5094 Wholesale - jewelry and watches	5570-5579 Retail - motorcycle dealers
5099-5099 Wholesale - durable goods	5590-5599 Retail - automotive dealers
5100-5100 Wholesale - nondurable goods	5600-5699 Retail - apparel & acces
5110-5113 Wholesale - paper and paper products	5700-5700 Retail - home furniture and equipment stores
5120-5122 Wholesale - drugs & proprietary	5710-5719 Retail - home furnishings stores
5130-5139 Wholesale - apparel	5720-5722 Retail - household appliance stores
5140-5149 Wholesale - groceries & related prods	5730-5733 Retail - radio, TV and consumer electronic stores
5150-5159 Wholesale - farm products	5734-5734 Retail - computer and computer software stores
5160-5169 Wholesale - chemicals & allied prods	5735-5735 Retail - record and tape stores
5170-5172 Wholesale - petroleum and petro prods	5736-5736 Retail - musical instrument stores
5180-5182 Wholesale - beer, wine	5750-5799 Retail
5190-5199 Wholesale - non-durable goods	5900-5900 Retail - misc
	5910-5912 Retail - drug & proprietary stores
	5920-5929 Retail - liquor stores
	5930-5932 Retail - used merchandise stores
	5940-5940 Retail - misc
	5941-5941 Retail - sporting goods stores, bike shops
	5942-5942 Retail - book stores
	5943-5943 Retail - stationery stores
	5944-5944 Retail - jewelry stores
	5945-5945 Retail - hobby, toy and game shops
	5946-5946 Retail - camera and photo shop
	5947-5947 Retail - gift, novelty

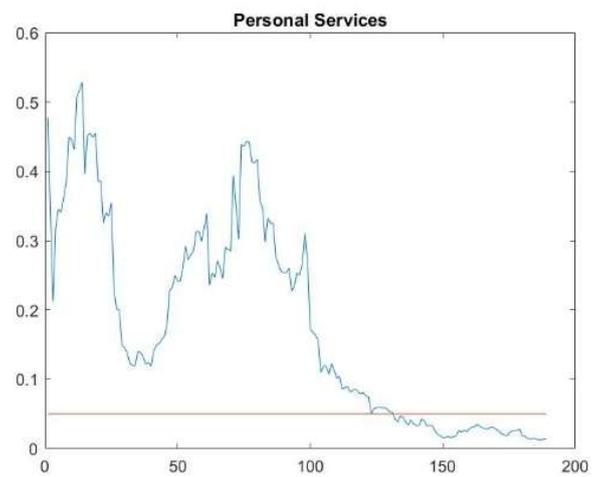
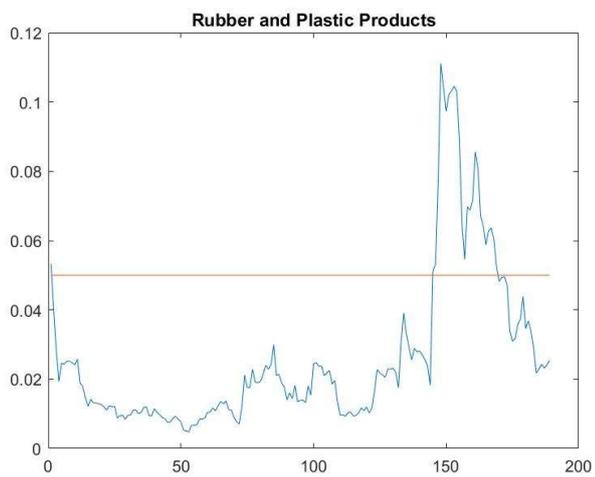
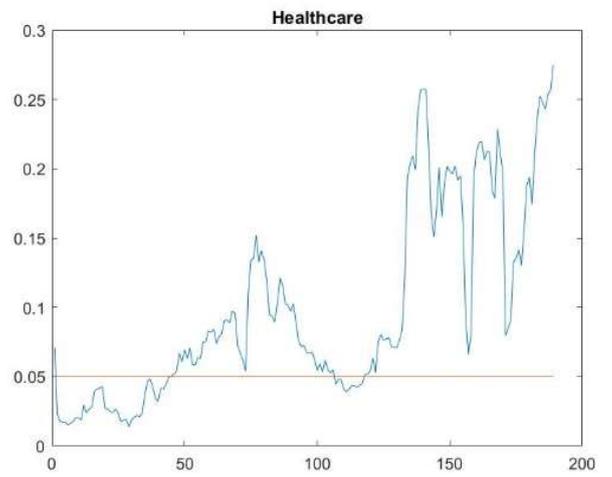
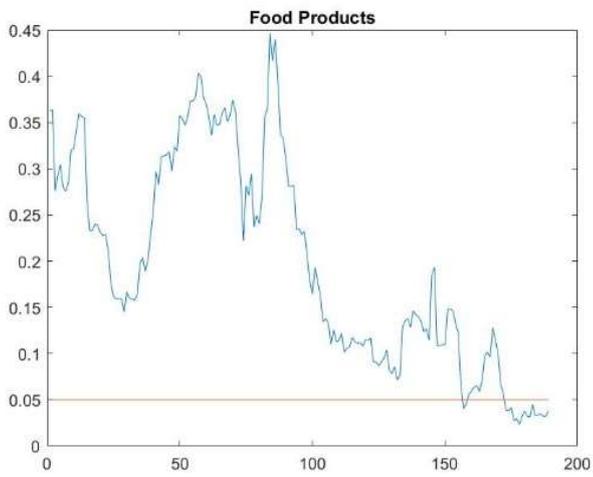
	<p>5948-5948 Retail - luggage</p> <p>5949-5949 Retail - sewing &amp; needlework stores</p> <p>5950-5959 Retail</p> <p>5960-5969 Retail - non-store retailers (catalogs, etc)</p> <p>5970-5979 Retail</p> <p>5980-5989 Retail - fuel &amp; ice stores (Penn Central Co)</p> <p>5990-5990 Retail - retail stores</p> <p>5992-5992 Retail - florists</p> <p>5993-5993 Retail - tobacco stores</p> <p>5994-5994 Retail - newsdealers</p> <p>5995-5995 Retail - computer stores</p> <p>5999-5999 Retail stores</p>
<p>43 Meals Restaraunts, Hotels, Motels</p> <p>5800-5819 Retail - eating places</p> <p>5820-5829 Restaraunts, hotels, motels</p> <p>5890-5899 Eating and drinking places</p> <p>7000-7000 Hotels, other lodging places</p> <p>7010-7019 Hotels motels</p> <p>7040-7049 Membership hotels and lodging</p> <p>7213-7213 Services - linen</p>	<p>44 Banks Banking</p> <p>6000-6000 Depository institutions</p> <p>6010-6019 Federal reserve banks</p> <p>6020-6020 Commercial banks</p> <p>6021-6021 National commercial banks</p> <p>6022-6022 State banks - Fed Res System</p> <p>6023-6024 State banks - not Fed Res System</p> <p>6025-6025 National banks - Fed Res System</p> <p>6026-6026 National banks - not Fed Res System</p> <p>6027-6027 National banks, not FDIC</p> <p>6028-6029 Banks</p> <p>6030-6036 Savings institutions</p> <p>6040-6059 Banks (?)</p> <p>6060-6062 Credit unions</p> <p>6080-6082 Foreign banks</p> <p>6090-6099 Functions related to deposit banking</p> <p>6100-6100 Nondepository credit institutions</p> <p>6110-6111 Federal credit agencies</p> <p>6112-6113 FNMA</p> <p>6120-6129 S&amp;Ls</p> <p>6130-6139 Agricultural credit institutions</p> <p>6140-6149 Personal credit institutions (Beneficial)</p> <p>6150-6159 Business credit institutions</p> <p>6160-6169 Mortgage bankers</p> <p>6170-6179 Finance lessors</p> <p>6190-6199 Financial services</p>
<p>45 Insur Insurance</p> <p>6300-6300 Insurance</p> <p>6310-6319 Life insurance</p> <p>6320-6329 Accident and health insurance</p> <p>6330-6331 Fire, marine, property-casualty ins</p> <p>6350-6351 Surety insurance</p> <p>6360-6361 Title insurance</p> <p>6370-6379 Pension, health, welfare funds</p> <p>6390-6399 Insurance carriers</p> <p>6400-6411 Insurance agents</p>	<p>46 REEst Real Estate</p> <p>6500-6500 Real estate</p> <p>6510-6510 Real estate operators</p> <p>6512-6512 Operators - non-resident buildings</p> <p>6513-6513 Operators - apartment buildings</p> <p>6514-6514 Operators - other than apartment</p> <p>6515-6515 Operators - residential mobile home</p> <p>6517-6519 Lessors of real property</p> <p>6520-6529 Real estate</p> <p>6530-6531 Real estate agents and managers</p> <p>6532-6532 Real estate dealers</p> <p>6540-6541 Title abstract offices</p> <p>6550-6553 Real estate developers</p>

	6590-6599 Real estate 6610-6611 Combined real estate, insurance, etc
47 Fin Trading 6200-6299 Security and commodity brokers 6700-6700 Holding, other investment offices 6710-6719 Holding offices 6720-6722 Investment offices 6723-6723 Management investment, closed-end 6724-6724 Unit investment trusts 6725-6725 Face-amount certificate offices 6726-6726 Unit inv trusts, closed-end 6730-6733 Trusts 6740-6779 Investment offices 6790-6791 Miscellaneous investing 6792-6792 Oil royalty traders 6793-6793 Commodity traders 6794-6794 Patent owners & lessors 6795-6795 Mineral royalty traders 6798-6798 REIT 6799-6799 Investors, NEC	48 Other 4950-4959 Sanitary services 4960-4961 Steam, air conditioning supplies 4970-4971 Irrigation systems 4990-4991 Cogeneration - SM power producer

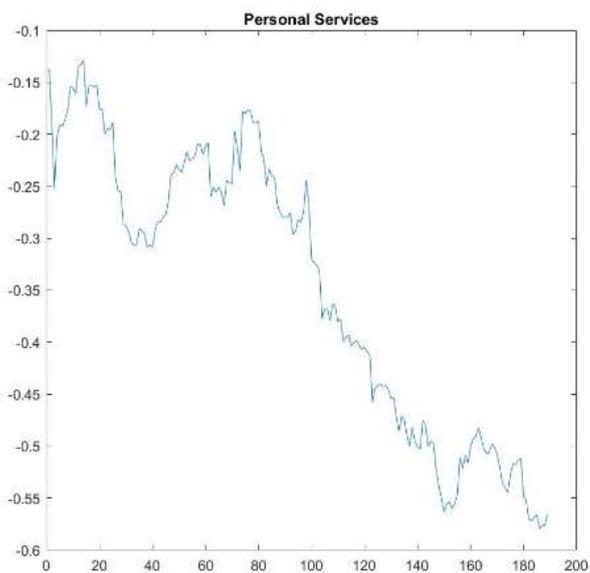
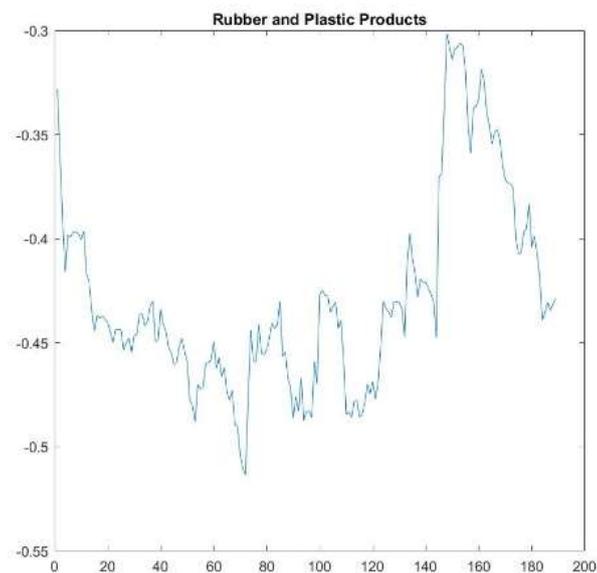
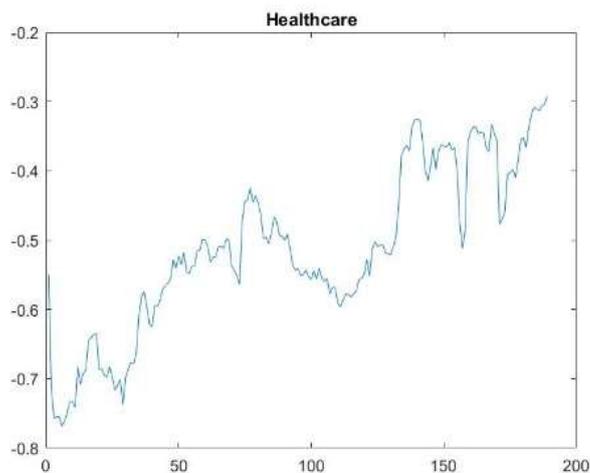
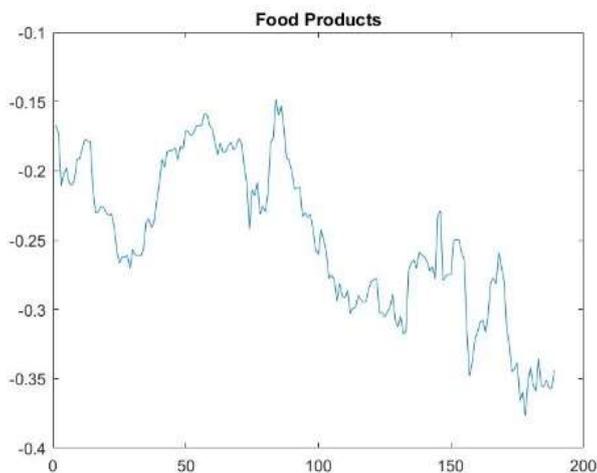
**Grafico A.2** Variazione R2 del modello a 4 e 5 fattori, rispetto al modello Fama French



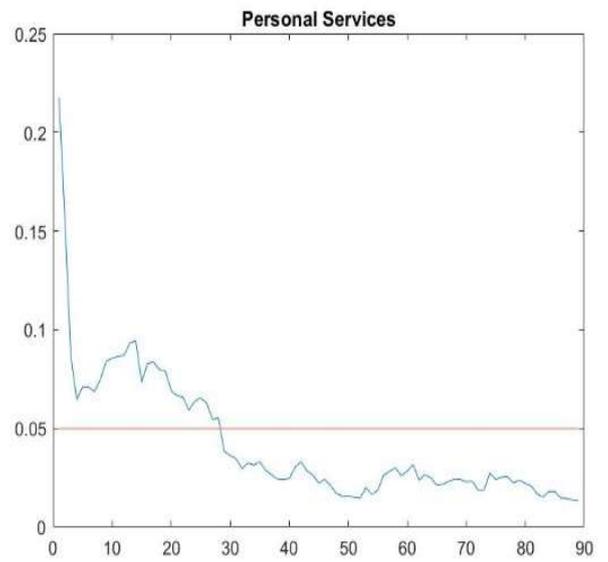
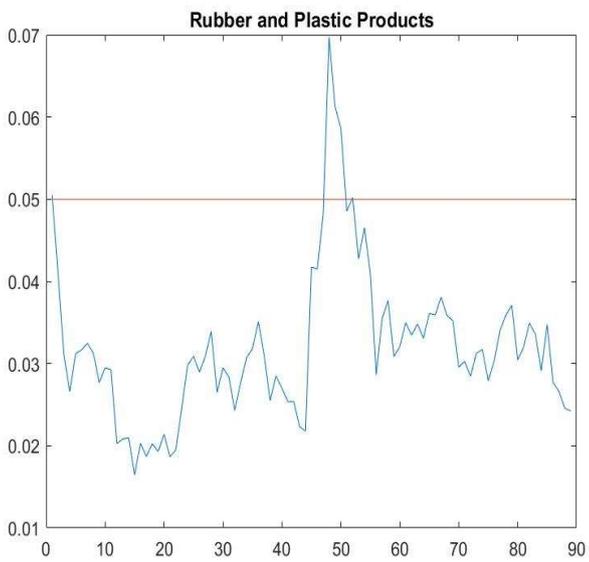
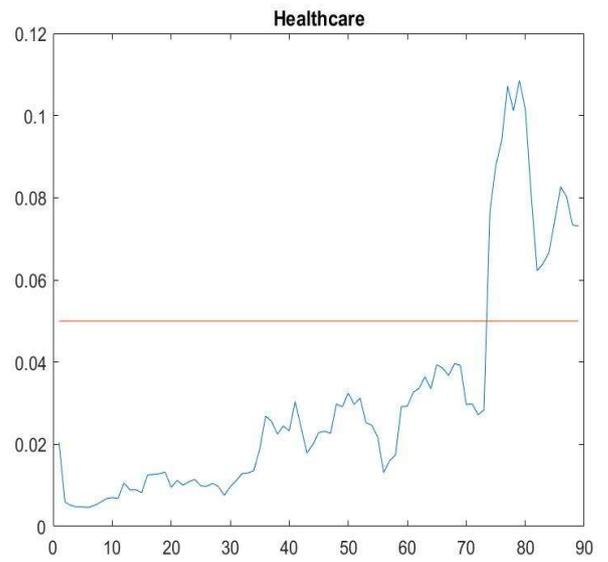
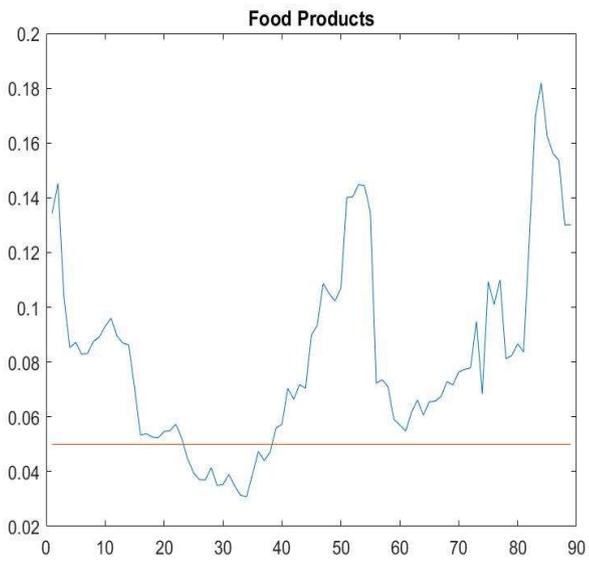
### Grafico A.3 pValue rolling window 300 mesi



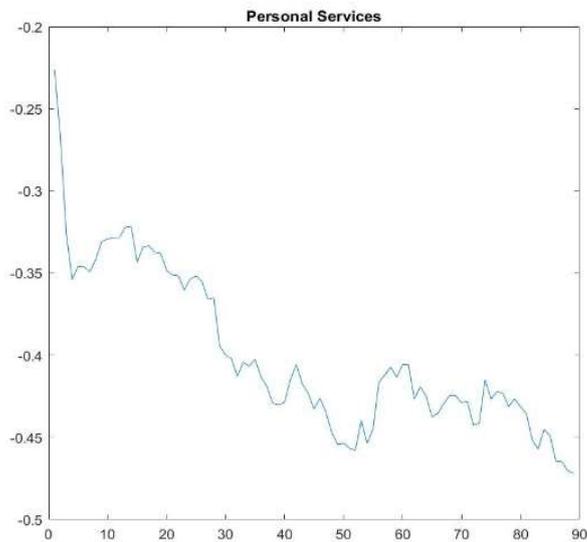
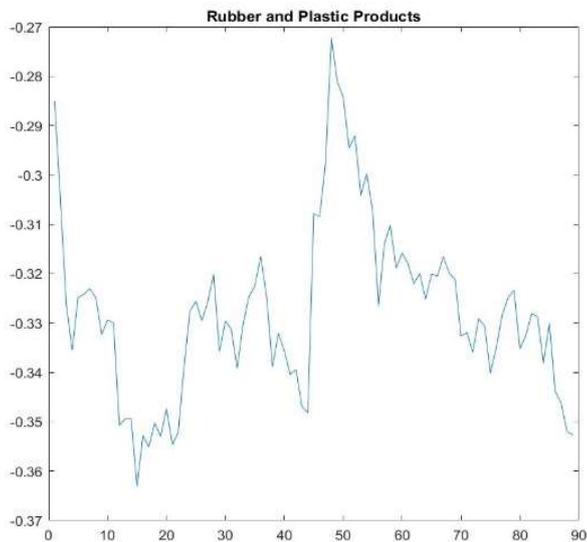
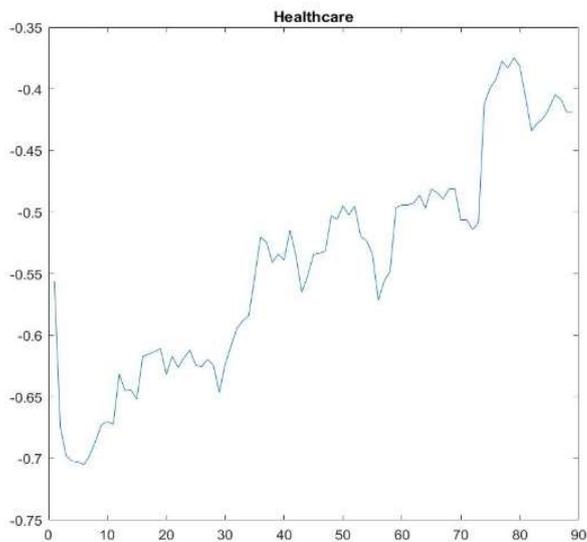
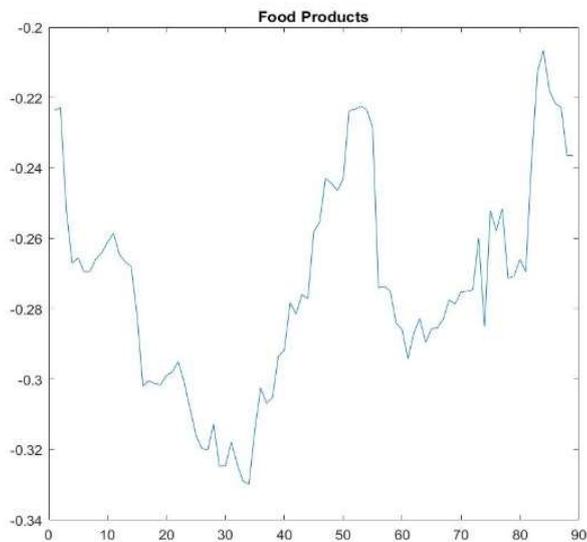
**Grafico A.4** Coefficienti stimati con *rolling window* 300 mesi



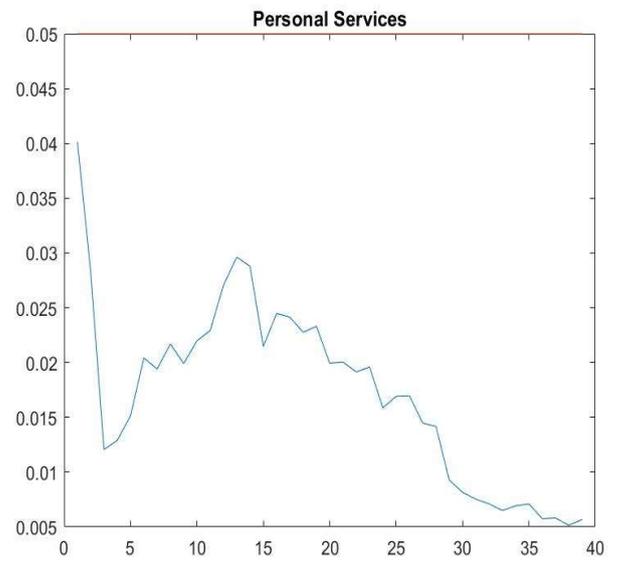
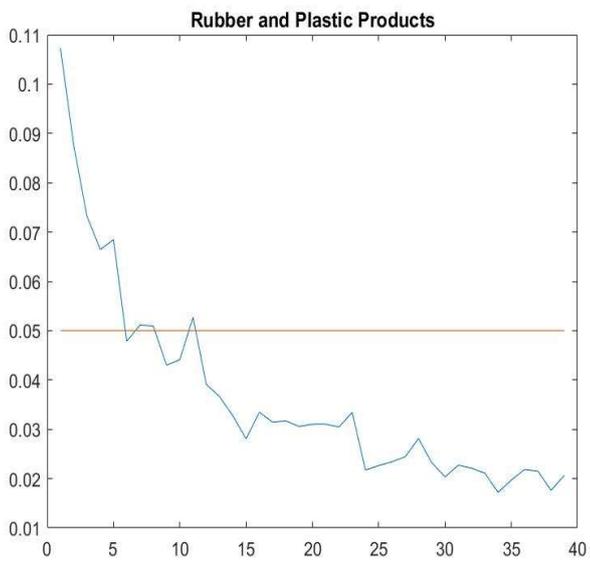
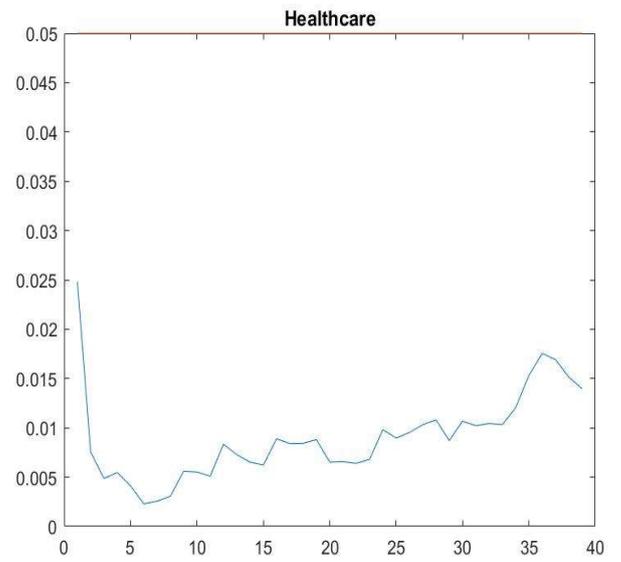
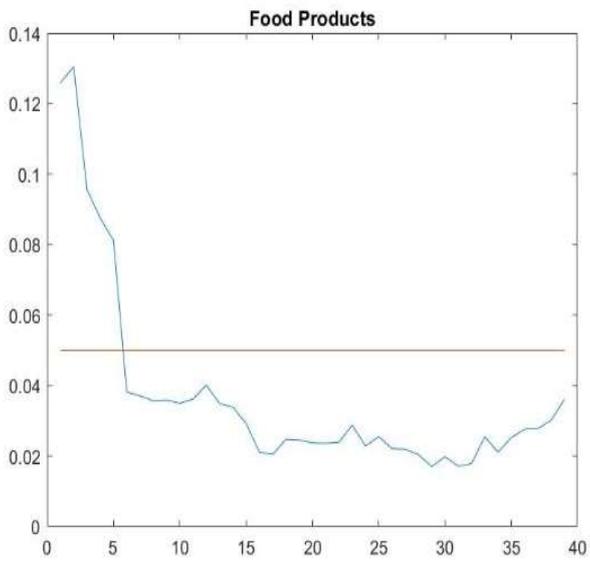
**Grafico A.5** pValue *rolling window* 400 mesi



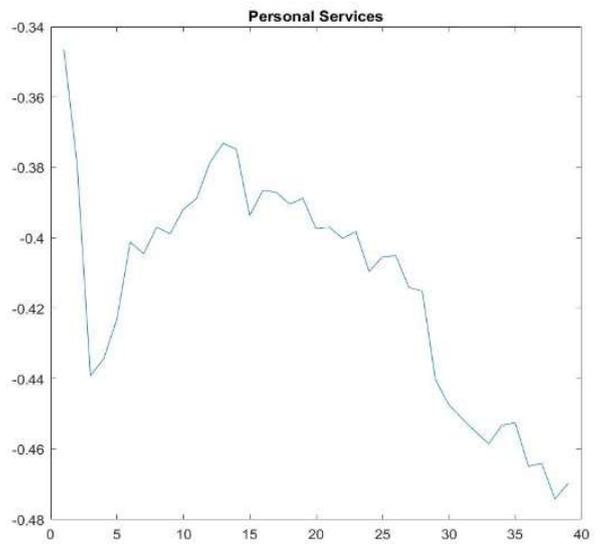
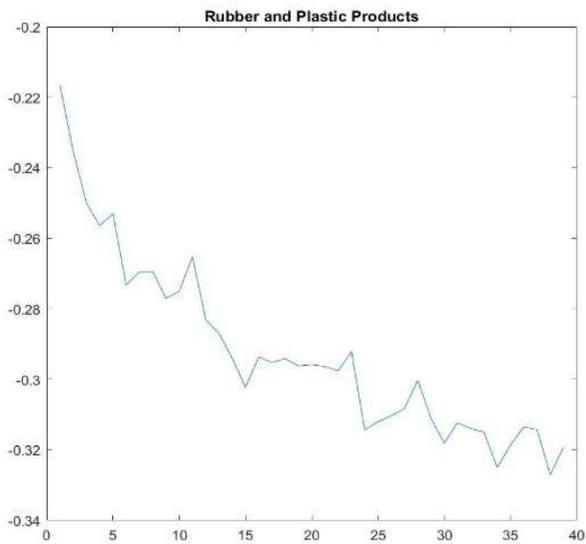
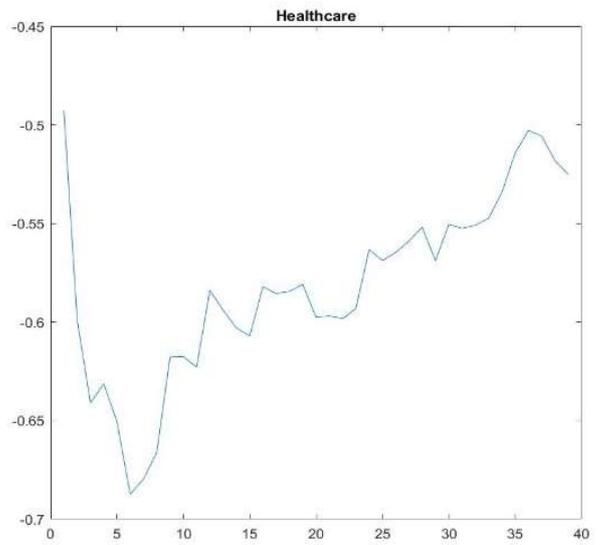
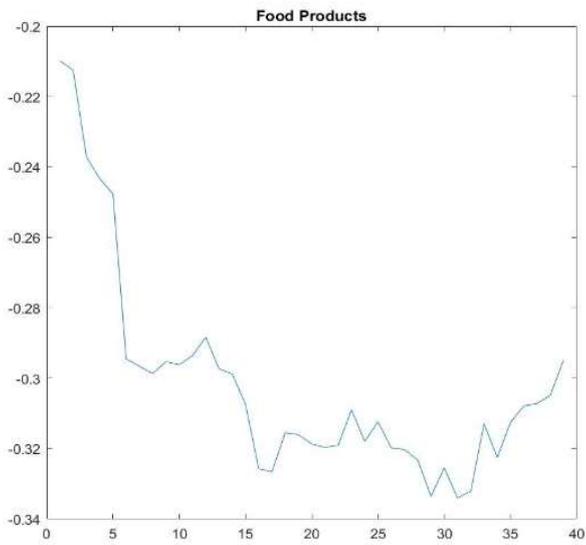
**Grafico A.6** Coefficienti stimati con *rolling window* 400 mesi



**Grafico A.7** pValue *rolling window* 450 mesi



**Grafico A.8** Coefficienti stimati con *rolling window* 450 mesi



**Tabella A.9** Dati sintetici possibili scenari futuri

Portafoglio	Intercetta	Coefficiente	pValue coefficiente	$\bar{T}S$ critico	pValue <sub>0</sub>	pValue <sub>10</sub>	pValue <sub>20</sub>	pValue <sub>30</sub>
<b>Agric</b>	0.3249	-3.0226	0.0098**	0.7559	0.9298	0.4556	0.1140	0.0158*
<b>Food</b>	-1.9103	-9.9826	0.0010**	0.0050	0.0429*	1.75E-06***	4.87E-14***	7.78E-25***
<b>Soda</b>	-1.1216	-9.2398	0.0118*	0.0907	0.2775	0.0003***	6.16E-10***	2.41E-18***
<b>Beer</b>	-0.3357	-4.3612	0.0267*	0.3724	0.4929	0.0588	0.0020**	1.73E-05***
<b>Smoke</b>	-0.2779	-1.6461	0.0364*	1.0218	0.8718	0.5381	0.2846	0.1274
<b>Toys</b>	-1.4187	1.3721	0.0289*	2.4625	0.2443	0.4321	0.6841	0.9775
<b>Fun</b>	0.7854	-0.6130	0.0456*	4.4785	0.2959	0.3810	0.4796	0.5908
<b>ConsGoods</b>	-1.3656	-8.8016	0.0234*	0.0675	0.1694	1.43E-04***	4.59E-10***	4.64E-18***
<b>Chemicals</b>	0.4804	0.2237	0.0005***	6.6133	0.7054	0.6601	0.6160	0.5733
<b>Rubbr</b>	-1.9147	-7.7414	5.66E-08***	0.0058	0.0401*	2.80E-05***	2.52E-10***	2.62E-17***
<b>Textiles</b>	-1.5878	-2.8414	0.0243*	0.1310	0.1385	0.0235*	0.0023**	0.0001***
<b>ConstrucMat</b>	-0.8622	2.0850	0.0013**	1.3535	0.4077	0.8007	0.7467	0.3689
<b>Construction</b>	0.5876	3.0441	0.0261*	0.4508	0.7249	0.2332	0.0421*	0.0041**
<b>FabrProduct</b>	0.0301	3.0930	0.0363*	0.6240	0.8438	0.2934	0.0569	0.0058**
<b>Machinery</b>	0.5658	4.3208	0.0003***	0.3227	0.5100	0.0641	0.0023**	2.27E-05***
<b>ElectEquip</b>	0.0491	0.2522	0.0085**	7.5771	0.8940	0.8392	0.7852	0.7323
<b>Autos</b>	0.4217	-7.0466	0.0040**	0.3380	0.7192	0.1129	0.0004***	4.38E-08***
<b>Ships</b>	-0.9098	0.6986	0.0105*	4.1080	0.4197	0.5391	0.6735	0.8192
<b>Defense</b>	-0.7272	0.1195	0.0270*	22.4803	0.5943	0.6174	0.6408	0.6646
<b>Gold&amp;Silver</b>	1.2845	-3.0492	0.0054**	1.0640	0.4101	0.9858	0.3901	0.0890
<b>Mines</b>	1.6778	2.9672	0.0400*	0.0951	0.1467	0.0232*	0.0020**	9.31E-05***
<b>Utilities</b>	-1.2699	-0.8745	0.0168*	0.7891	0.0931	0.0548	0.0306*	0.0162*
<b>BusSv</b>	-0.9928	0.2478	0.0002***	11.9171	0.3662	0.4036	0.4431	0.4849
<b>Chips</b>	-0.8727	3.2669	2.48E-05***	0.8671	0.5158	0.8012	0.2487	0.0399*
<b>LabEquip</b>	-0.3170	-1.3515	0.0066**	1.2156	0.7826	0.5164	0.3068	0.1630
<b>Transport</b>	-0.2695	-0.0199	0.0091**	84.8599	0.8895	0.8851	0.8808	0.8764
<b>Wholesale</b>	-1.4354	-3.7285	3.01E-08***	0.1407	0.0853	0.0060**	0.0002***	1.53E-06***
<b>Retail</b>	-1.2098	-3.8055	0.0491*	0.1971	0.2472	0.0273*	0.0011**	1.65E-05***
<b>Banking</b>	-0.9689	2.2296	0.0462*	1.3137	0.5048	0.9589	0.5729	0.2383
<b>Trading</b>	-0.4641	5.0996	0.0363*	0.4754	0.6496	0.3405	0.0182*	0.0002***
<b>Other</b>	-0.9852	1.1547	0.0037**	2.5506	0.2385	0.3898	0.5883	0.8238

\* se pValue <0.05, \*\* se pValue <0.01 \*\*\* se pValue < 0.001

## 7. Bibliografia e sitografia

Addoum Jawad M., Ng, David T., Ortiz-Bobea Ariel (2019), “Temperature Shocks and Industry Earnings News”.

Alok Shashwat, Kumar Nitin, Wermers Russell R. (2019), “Do Fund Managers Misestimate Climatic Disaster Risk?”, *Review of Financial Studies*.

Andrews, D. W. K. "Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix Estimation." *Econometrica*. v. 59, 1991, pp. 817-858.

Arrhenius Svante (1896), “On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground”. *Philosophical Magazine and Journal of Science, Series 5, Volume 41*.

Bauman Brooke (2019), “How plastics contribute to climate change”, *Yale Climate Connections*.  
<https://www.yaleclimateconnections.org/2019/08/how-plastics-contribute-to-climate-change/>

Bloesch Justin, Gourio Francois (2015), "The Effect of Winter Weather on U.S. Economic Activity," *Economic Perspectives*, Federal Reserve Bank of Chicago.

Bodie Zvi, Kane Alex, Marcus Alan (2014), “Investments - Global Edition”, McGraw-hill Education, United States.

Borsa Italiana (2007), “Che cos'è la Finanza Etica? I principi fondamentali”.  
<https://www.borsaitaliana.it/notizie/sotto-la-lente/finanzaetica.htm>

Busse M., D. Pope, J. Pope, J. Silva-Risso (2015), “The psychological effect of weather on car purchases”, *Quarterly Journal of Economics* 130:371-414.

Carhart, M. M. (1997). "On Persistence in Mutual Fund Performance". *The Journal of Finance*. 52 (1): 57–82.

Chang, T., W. Huang, and Y. Wang (2018), “Something in the air: Pollution and the demand for health insurance”, *Review of Economic Studies* 85:1609-34.

Chasan Emily, Eckhouse Brian, Roston Eric (2018), “Low-Carbon Investing Is Growing”, *Bloomberg*.

Choi Darwin, Gao Zhenyu, Jiang Wenxi (2019), Attention to Global Warming. *Review of Financial Studies*, Forthcoming.

Commissione Europea, “Le conseguenze dei cambiamenti climatici”.  
[https://ec.europa.eu/clima/change/consequences\\_it](https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_it)

Conlin, M., T. O'Donoghue, T. Vogelsang. (2007), “Projection bias in catalog orders”, *American Economic Review* 97:1217-49.

Dell M., B. F. Jones, B. A. Olken (2012), “Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century”, *American Economic Journal: Macroeconomics* 4 (3), 66-95.

Di Lollo Michele (2019), “Allarme clima, 500 scienziati contro tutti: “È una farsa”, Il Giornale.it  
[Http://www.ilgiornale.it/news/cronache/allarme-clima-500-scientiati-contro-tutti-farsa-1757848.html](http://www.ilgiornale.it/news/cronache/allarme-clima-500-scientiati-contro-tutti-farsa-1757848.html)

Economist Intelligence Unit (2015), “The Cost of Inaction: Recognising the Value at Risk from Climate Change”.  
[Https://www.eiuperspectives.economist.com/sustainability/cost-inaction](https://www.eiuperspectives.economist.com/sustainability/cost-inaction).

Eugene F.Fama, Kenneth R. French (1993), “Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds”, Journal of Financial Economics 33, pp.3-56.

European Climate Declaration (2019), “There is no climate emergency”.  
[Https://clintel.nl/wp-content/uploads/2019/09/ED-brochureversieNWA4.pdf](https://clintel.nl/wp-content/uploads/2019/09/ED-brochureversieNWA4.pdf)

Fagan Moira, Huang Christine (2018), “A look at how people around the world view climate change”, Pew Research Center.

Faiella Ivan, Malvolti Danila (2019), “Il Rischio Climatico per la Finanza in Italia, Rapporto del Gruppo di lavoro 3 dell’Osservatorio italiano sulla finanza sostenibile”.

Gourio Francois (2015), "The Effect of Weather on First-Quarter GDP," Chicago Fed Letter, Federal Reserve Bank of Chicago.

Hong Harrison, Kacperczyk Marcin (2009), “The price of sin: The effects of social norms on Markets” Journal of Financial Economics 93:15-36.

Intergovernmental Panel on Climate Change – Homepage.  
[Https://www.ipcc.ch](https://www.ipcc.ch)

Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), “Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, IPCC, Geneva, Switzerland.

Jones B. F, B. A. Olken (2010), “Climate Shocks and Exports”, American Economic Review 100 (2), 454-59.

Kahn Matthew E., Mohaddes Kamiar, C. Ng Ryan N., Pesaran M. Hashem, Raissi Mehdi, Yang Jui-Chung (2019), “Long-Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis”, NBER Working Paper No. w26167.

Kenneth R. French - Description of Fama/French Factors.  
[http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/Data\\_Library/f-f\\_factors.html](http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/Data_Library/f-f_factors.html)

Kenneth R. French - Detail for 49 Industry Portfolios.  
[https://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/Data\\_Library/det\\_49\\_ind\\_port.html](https://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/Data_Library/det_49_ind_port.html)

Kenneth R. French - Detail for 6 Portfolios Formed on Size and Book-to-Market.  
[http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/Data\\_Library/six\\_portfolios.html](http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/Data_Library/six_portfolios.html)

Krueger Philipp, Sautner Zacharias, Starks Laura T. (2018), "The Importance of Climate Risks for Institutional Investors," Swiss Finance Institute Research Paper Series 18-58, Swiss Finance Institute.

Lau Ngar-Cheung, Nath Mary Jo (2012), “A model study of heat waves over North America: Meteorological aspects and projections for the-twenty first century”, *Journal of Climate* 25, 4761-4784.

Le Treut, H., R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather (2007), “Historical Overview of Climate Change”. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Mejia, S., M. Mrkaic, N. Novta, E. Pugacheva, P. Topalova (2018), “The Effects of Weather Shocks on Economic Activity: What are the Channels of Impact?”, *IMF Working Paper* WP/18/144.

Marno Verbeek (2012), *A Guide to Modern Econometrics – Fourth Edition*, Wiley, United Kingdom.

Maslin, M. (2004), “Global Warming, a very short introduction”, Oxford University Press, Oxford.

Mc Keen Laurence (2008), “Effect of Temperature and other Factors on Plastics and Elastomers”, Seconda edizione, William Andrew, Noewich NY, USA.

Newey, Whitney K., and Kenneth D. West. “Hypothesis Testing with Efficient Method of Moments Estimation.” *International Economic Review*, vol. 28, no. 3, 1987, pp. 777–787.

NOAA National Centers for Environmental information.  
<https://www.ncdc.noaa.gov/about>

NOAA National Centers for Environmental information, *Climate at a Glance: National Time Series*, published November 2019, aggiornato al 11 Novembre, 2019.  
<https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>

Pareglio Stefano (2017), “Rischi climatici: mitigazione e disclosure nelle imprese italiane, Milano, Collana Percorsi.

Queirós Ana M., Fernandes José, Genevier Lily, Lynam Christopher P. (2018), “Climate change alters fish community size-structure, requiring adaptive policy target”.

Rete Rurale Nazionale (2018), “Effetti negativi del caldo”.  
<https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/17009>

Sachs J. D., A. M. Warner (1997), “Sources of Slow Growth in African Economies” *Journal of African Economies* 6 (3), 335-376.

Salas Renee N, Jha Ashish K. (2019), “Climate change threatens the achievement of effective universal healthcare”.

Steinfeld Henning, Gerber Pierre J., Wassenaar Tom, Castel Vincent, Rosales Mauricio, De haan Cornelis. (2006). “Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options”, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Tack Jesse, Barkley Andrew, Nalley Lanier Lawton (2015), “Effect of warming temperatures on US wheat yields”, *PNAS* 6931-6936.

Task Force on Climate-related Financial Disclosure (2017), “Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosure”.

Teixeira Edmar I., Fischer Guenther, Van Velthuis Harrij, Walter Christof, Ewert Frank (2013), “Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change”, *Agricultural and Forest Meteorology* Volume 170, Pages 206-215

United Nations (1992), *United Nations Framework Convention on Climate Change*.

*Urgenda Foundation v. State of the Netherlands*, Unofficial English Translation from the Court, (2015).

[Http://blogs2.law.columbia.edu/climate-change-litigation/wp-content/uploads/sites/16/non-us-case-documents/2015/20150624\\_2015-HAZA-C0900456689\\_decision-1.pdf](http://blogs2.law.columbia.edu/climate-change-litigation/wp-content/uploads/sites/16/non-us-case-documents/2015/20150624_2015-HAZA-C0900456689_decision-1.pdf)

Wondmagegn BY, Xiang J, Williams S, Pisaniello D, Bi Peng (2019), “What do we know about the healthcare costs of extreme heat exposure? A comprehensive literature review”, *Science of The Total Environment*, Volume 657, Pages 608-618

Zichichi Antonino (2019), “Cara Greta, studia: inquinamento e clima sono cose diverse”, *Il Giornale.it*.

[Http://www.ilgiornale.it/news/cronache/cara-greta-studia-inquinamento-e-clima-sono-cose-diverse-1760441.html](http://www.ilgiornale.it/news/cronache/cara-greta-studia-inquinamento-e-clima-sono-cose-diverse-1760441.html)

# Gli effetti del Global Warming sul rendimento dei titoli delle imprese statunitensi

## 1. Introduzione

Mai come negli ultimi anni si stanno osservando gli effetti dirompenti del cambiamento climatico, riconducibili all'aumento delle temperature medie globali, causato dall'emissione di gas serra da parte dell'uomo, che hanno ormai raggiunto livelli senza precedenti.

Lo scopo di questa tesi è quello di determinare se tale fenomeno sia in grado di influenzare in maniera significativa l'andamento dei titoli delle imprese quotate nelle borse statunitensi.

L'ipotesi è, che l'aumento delle temperature, dovuto al *climate change*, possa contribuire a determinare il valore dei titoli delle imprese appartenenti a determinate industrie.

Il tema degli effetti del cambiamento climatico sull'economia è stato ripreso più volte dalla recente letteratura. Ne sono un esempio Choi, Gao e Jiang (2019); Chang, Huang, and Wang (2018); Busse, D. Pope, J. Pope, e Silva-Risso (2015) e Conlin, O'Donoghue, and Vogelsang (2007). A differenza degli studi appena citati, in questa tesi viene spostata l'attenzione dal consumatore alle imprese, nel tentativo di individuare quali settori risentano maggiormente del *Global Warming*. Osservare i titoli azionari infatti, consente di cogliere la totalità delle conseguenze che il cambiamento climatico ha sulle aziende.

I risultati di questo studio possono rappresentare un utile strumento sia per quelle imprese appartenenti ai settori che presentano una maggiore esposizione ai rischi legati all'aumento delle temperature, in fase di pianificazione aziendale, sia per gli investitori che devono decidere quali titoli inserire nel proprio portafoglio.

La tesi si compone, oltre che di questa introduzione, di quattro capitoli.

Il primo introduce il tema del cambiamento climatico. Dopo un breve *excursus* su come si sia evoluto il dibattito su questo argomento, passeremo ad esaminare gli effetti che il riscaldamento globale sta avendo sul pianeta e l'economia, evidenziando allo stesso tempo come siano ancora pochi gli attori economici che dimostrino consapevolezza dei rischi legati al riscaldamento globale. Fenomeno questo, che è riconducibile alla scarsa disponibilità di adeguate informazioni sul tema ed alla difficoltà nel comprendere come gli impatti ambientali possano influenzare l'economia reale ed il sistema finanziario.

Il secondo capitolo cerca di colmare proprio alcune di queste lacune, individuando quei settori i cui rendimenti azionari sono maggiormente influenzati dall'andamento delle temperature e

dimostrando allo stesso tempo che perfino l'aumento di pochi gradi centigradi, può avere effetti importanti non solo sull'ambiente, ma anche sull'economia.

Per studiare l'eventuale influenza che le temperature hanno sulle varie industrie sono stati utilizzati i 49 Industry Portfolios, costruiti da Kenneth French e consultabili sulla sua pagina ufficiale. L'analisi è stata effettuata sul periodo che va da gennaio 1979 a dicembre 2018. Come vedremo nel corso del secondo capitolo, ne è emerso che quattro portafogli presentano risultati statisticamente significativi, dimostrando una sensibilità all'andamento delle temperature. Tutti i portafogli individuati, se pur in misura diversa, risultano penalizzati dall'aumento delle temperature.

Il capitolo prosegue effettuando dei test per verificare che i dati ottenuti dalla regressione possano essere considerati attendibili ed approfondire l'argomento trattato.

Uno dei test effettuati, riguarda le regressioni *rolling window*, le quali hanno permesso di ottenere due importanti informazioni. La prima è che, utilizzando sottocampioni di dimensioni eccessivamente ridotte, i portafogli non sembrano essere influenzati dalle temperature. La seconda è che il valore dei coefficienti relativi alla variabile  $TS$  e la loro significatività, tendono a variare nel tempo.

Osservando i dati, tale variazione sembra essere legata, almeno per una parte dei portafogli, al valore medio assunto dalla variabile *Temperature Shock* durante il periodo preso in considerazione ( $\overline{TS}$ ) dai vari sottocampioni delle *rolling window*.

Il terzo capitolo è stato quindi dedicato alla verifica ed all'approfondimento di questa intuizione. Dall'analisi è stato confermato che la significatività della variabile  $TS$  risulta dipendere dal valore assunto da  $\overline{TS}$  per 31 portafogli. Per questi settori è stato inoltre possibile calcolare il valore critico di  $\overline{TS}$ , superato il quale ci si aspetta che la variabile  $TS$  del nostro modello originale diventi statisticamente significativa. Dei 31 portafogli, 15 presentano un valore critico di  $\overline{TS}$  inferiore a 1 °C. Tale risultato, considerato l'attuale tasso di crescita delle temperature, permette di affermare che, entro trenta anni questi portafogli potrebbero presentare un pValue del coefficiente relativo alla variabile *Temperature Shock* inferiore a 0.05, andandosi ad aggiungere ai quattro portafogli individuati nel secondo capitolo.

Il quarto capitolo è infine dedicato alle conclusioni relative a quanto analizzato nei capitoli precedenti.

## 2. Il cambiamento climatico

Secondo quanto scritto nello United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), il cambiamento climatico è definito come “cambiamento del clima dovuto, direttamente o indirettamente, all’attività umana, che alteri la composizione dell’atmosfera e che si sommino alla naturale variabilità climatica, osservata su periodi temporali comparabili.”

Se da una parte ci sono ancora scettici sull’argomento, dall’altra, c’è un numero ben maggiore di studi che prova che il riscaldamento globale è in atto, e che l’urgenza di fermarlo è sempre più pressante.

### 2.1 Gli effetti del cambiamento climatico

L’Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) è tra le principali organizzazioni in tema di cambiamento climatico. Secondo il suo più recente report, il *Fifth Assessment Report*, i cambiamenti climatici sono sempre più evidenti ed il tasso di crescita di questi fenomeni, se non contrastato, potrebbe portare a severe mutazioni dell’ecosistema, rappresentando un grave pericolo per la popolazione mondiale.

Tra i vari effetti del *climate change* l’aumento delle temperature rappresenterà l’elemento di studio di questa tesi, il cui scopo sarà quello di comprendere quali settori risultino essere più esposti a questo fenomeno.

### 2.2 I rischi finanziari legati al cambiamento climatico

Se, come abbiamo visto fino ad ora, gli effetti del cambiamento climatico sul pianeta, sembrano essere evidenti e largamente riconosciuti, risulta essere più complesso comprendere come, quando e in che misura, essi possano influenzare la nostra economia.

Infatti, sebbene alcuni studi abbiano stimato che le perdite connesse al *Global Warming* possano raggiungere cifre elevatissime, solo un numero limitato di organizzazioni ad oggi, tiene conto del cambiamento climatico al momento di effettuare decisioni di investimento o di copertura rischi. Tale comportamento può essere ricondotto a due motivazioni:

- Numerose organizzazioni, ritengono che le conseguenze del cambiamento climatico, possano essere influenti solo nel lungo termine e che al momento, non sia necessario prendere precauzioni atte a proteggersi da eventuali rischi;
- Investitori ed altri attori del mercato incontrano difficoltà a reperire informazioni affidabili e confrontabili.

Allo scopo di superare questi limiti e fornire ad investitori ed altre parti interessate, informazioni utili a comprendere l'impatto del cambiamento climatico sul sistema finanziario, nel 2015 è stata istituita, la *Task Force on Climate-Related Financial Disclosures* (TCDF).

In particolare, uno dei compiti della TCDF è stato quello di individuare e definire i cosiddetti *Climate-Related Risks*.

La Task Force ha individuato due categorie di rischi: la prima relativa ai rischi legati ad una transizione verso un'economia *lower-carbon* (*Transition Risks*), e la seconda relativa ai rischi legati all'impatto fisico del cambiamento climatico (*Physical Risks*).

Risulta quindi importante per le imprese prendere coscienza di questi rischi in modo da poterli gestire con i mezzi più adeguati.

### **2.3 Effetti macroeconomici causati dal riscaldamento globale**

Prima di analizzare nel dettaglio l'effetto del cambiamento climatico sui titoli delle imprese statunitensi, è sembrato utile delineare un quadro generale delle conseguenze che l'aumento delle temperature potrebbe avere sull'economia nel suo insieme.

Tale argomento è oggetto di studio di numerosi economisti, cui stime hanno lo scopo di determinare la relazione che intercorre tra il fenomeno del *Global Warming* e la performance economica (produttività del lavoro, prezzo delle materie prime, salute e crescita economica).

Tra la più recente letteratura è di particolare interesse il Working Paper numero 26167 reso pubblico ad agosto 2019 dal National Bureau of Economic Research il quale, ha rilevato che nel lungo termine, cambiamenti persistenti nel clima, possono influenzare negativamente il PIL dei Paesi di tutto il mondo.

Per lo studio degli effetti a lungo termine del cambiamento climatico sul PIL di ogni paese, sono stati presi in considerazione gli scenari RCP 2.6 e RCP 8.5, formulati dall'IPCC. Secondo quanto riportato dagli autori, tale incremento porterebbe in media, ad una perdita in termini di PIL pro capite rispettivamente pari all' 1.07% e 7.22% entro il 2100.

Dallo studio è emerso che il cambiamento climatico avrà, se pur in misura diversa, effetti negativi sul PIL di tutti i paesi, indipendentemente dalla loro ricchezza e posizione geografica.

L'ultima parte del Paper, prende in considerazione esclusivamente gli Stati Uniti. Gli autori sottolineano come il cambiamento climatico non influenzi l'economia statunitense solo attraverso l'aumento delle temperature medie, ma anche attraverso la maggior frequenza con cui si verificano

eventi atmosferici estremi. Dall'analisi è emerso che la deviazione di temperature e precipitazioni dalla loro norma ha effetti negativi sulle attività economiche, sull'occupazione e la produttività del Paese.

### 3. Esposizione dei titoli a temperature anomale

In questo capitolo, cercheremo di valutare se il riscaldamento globale ha avuto un effetto sui rendimenti dei titoli delle imprese statunitensi. In particolare, cercheremo di individuare quali settori hanno presentato una maggiore esposizione all'aumento delle temperature, nel periodo che va da gennaio 1979 a dicembre 2018.

#### 3.1 Metodologia

Con il fine di analizzare la relazione che intercorre tra i rendimenti delle imprese appartenenti ai vari settori e le temperature registrate nel Paese, è stata stimata, per ogni industria, una regressione tra il rendimento del portafoglio, composto da imprese appartenenti allo stesso settore, e le temperature medie mensili statunitensi.

Nello specifico, il punto di partenza è il modello a tre fattori di Fama e French, al quale è stato aggiunto un quarto fattore, che chiameremo *Temperature Shock (TS)*, allo scopo di tenere conto della deviazione delle temperature dal loro valore atteso.

Il modello utilizzato per il nostro studio si presenta in questo modo:

$$R_{i,t} = I_i + b_{1,i} * (R_m - R_f)_t + b_{2,i} * SMB_t + b_{3,i} * HML_t + b_{4,i} * TS_t$$

Dove:

$R_{i,t}$  è il rendimento mensile dell'  $i$ -esimo portafoglio al tempo  $t$ ;

$(R_m - R_f)_t$ ,  $SMB_t$  e  $HML_t$  sono i tre fattori propri del modello di Fama French relativi al tempo  $t$ ;

$TS_t$  rappresenta la differenza tra la temperatura media registrata nel mese  $t$  e la temperatura media ottenuta calcolando il valore atteso per quel mese, sull'intero periodo oggetto di studio, ovvero 1979-2018.

$b_{1,i}$ ,  $b_{2,i}$ ,  $b_{3,i}$  e  $b_{4,i}$  sono i coefficienti stimati con la regressione relativi ad ogni settore  $i$ .

Il coefficiente d'interesse, nel nostro caso è  $b_{4,i}$ , ovvero quello relativo alle temperature.

Lo scopo è quello di osservare in quali settori, tale coefficiente risulta avere significatività statistica ad un livello di confidenza almeno pari al 95%. Una volta individuati i coefficienti significativi, l'osservazione del loro valore fornirà informazioni sull'impatto che hanno le temperature sui rendimenti dei relativi portafogli: il segno indicherà se ad un aumento delle temperature è connesso un aumento (segno positivo) o una diminuzione (segno negativo) dei rendimenti, mentre il valore assunto dal coefficiente fornirà informazioni relative all'impatto che  $TS$  ha sui rendimenti.

## 3.2 Dati utilizzati e fonti

### 3.2.1 Industry Portfolios

Per studiare l'andamento dei rendimenti di ogni industria, sono stati utilizzati dei portafogli di investimento, costituiti da imprese quotate appartenenti al medesimo settore.

L'idea è che questi portafogli possano approssimare in maniera corretta l'andamento del settore che rappresentano. In particolare, sono stati utilizzati i 49 Industry Portfolio costruiti da Kenneth R. French e disponibili sulla sua pagina personale.

### 3.2.2 Fattori Fama – French

I 3 fattori Fama – French vengono costruiti partendo dai 6 *value-weight portfolios*, basati su dimensione e *book-to-market*.

Essi sono:

SMB (Small Minus Big), rappresenta il rendimento medio dei tre portafogli *small*, al quale viene sottratto il rendimento medio dei tre portafogli *big*.

HML (High Minus Low), rappresenta il rendimento medio dei due portafogli *value* meno il rendimento medio dei due portafogli *growth*.

$R_m - R_f$ , rappresenta il premio per il rischio di mercato, calcolato sottraendo al rendimento *value-weight* delle imprese quotate sul NYSE o NASDAQ e con un CRSP share code di 10 o 11, il tasso dei *one-month Treasury bill*.

### 3.3.3 Temperature Shock

Il *Temperature Shock*, utilizzato nel modello, è stato calcolato a partire dalle temperature, fornite dal National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), nel seguente modo:

$$TS_t = T_{i,m} - E[T_m]$$

Dove:

$T_{i,m}$  è la temperatura media mensile registrata nell'*i*-esimo anno ed *m*-esimo mese;

$E[T_m]$  è il valore atteso della temperatura media mensile dell'*m*-esimo mese, calcolato sui mesi appartenenti agli anni dal 1979 al 2018.

I motivi per cui risulta utile impiegare *TS* nella regressione sono soprattutto due: da una parte, consente di eliminare la stagionalità dei dati, dall'altra consente di cogliere l'effetto del cambiamento climatico sulle temperature che, come è stato detto nel primo capitolo, ha portato ad una deviazione delle temperature dal loro valore atteso.

### **3.3 Risultati empirici**

Dalle regressioni svolte, l'inserimento del *Temperature Shock* come quarto fattore, è risultato statisticamente significativo in 4 dei 49 Industry Portfolios, ovvero *Food Products*, *Healthcare*, *Rubber & Plastic Products* e *Personal Services*.

L'introduzione del quarto fattore, in questi portafogli, ha fatto inoltre registrare un leggero miglioramento dell' $R^2$  *Adjusted*, a differenza di quanto si verifica per la maggior parte dei settori in cui *TS* non presenta un pValue soddisfacente.

Il fatto che nelle regressioni relative a questi quattro portafogli il valore dell' $R^2$  aumenti, unito alla significatività statistica data dal pValue, consente di affermare che, tenere in considerazione un fattore che sintetizzi la deviazione delle temperature dal loro valore atteso, permette di spiegare in modo più puntuale l'andamento dei titoli azionari in esame.

Il segno negativo dei coefficienti relativi alla variabile *TS* che sono stati stimati, indica che tali settori vengono penalizzati da un aumento delle temperature.

In particolare, il portafoglio *Healthcare*, sembra essere quello più esposto all'aumento delle temperature, con un coefficiente di -0.472, seguono *Personal Services* (-0.348), *Rubber & Plastic Products* (-0.269) ed infine *Food Products* (-0.254).

Sarà quindi di vitale importanza per le compagnie interessate, individuare le criticità più importanti e cercare di adoperarsi al fine di mitigare gli effetti del cambiamento climatico.

Degno di nota, è anche la circostanza che questi settori, in particolare quello relativo alla produzione di gomma e plastica e quello alimentare, siano considerati tra i maggiori responsabili del surriscaldamento globale a causa delle ingenti emissioni di gas serra che da esse scaturiscono.

È quindi altamente probabile, che una riduzione dei rendimenti di questi portafogli non sia da ricondurre esclusivamente ad un effetto diretto delle temperature sulle società, ma anche ad una penalizzazione dei settori ritenuti più inquinanti, da parte del mercato e dalle politiche per il clima.

In generale, il verificarsi di temperature superiori al loro valore atteso, può influenzare il prezzo dei titoli in tre modi:

- Il primo, è rappresentato da danni alle imprese causati in modo diretto dalle temperature, come ad esempio il caso del già citato settore alimentare.
- Il secondo è rappresentato dal modo diverso degli investitori di percepire il cambiamento climatico: sperimentando in prima persona l'aumento delle temperature, questi soggetti potrebbero decidere di evitare investimenti in settori che ritengono esposti al rischio climatico, in modo da proteggere il proprio portafoglio di titoli.
- Il terzo, ma non meno importante, investitori etici potrebbero agire per contrastare il cambiamento climatico, decidendo di evitare investimenti nelle imprese che svolgano attività considerate dannose per l'ambiente, in maniera simile a quanto succede ai “*sin stocks*”.

### **3.4 Test sul modello**

Individuati i quattro portafogli con significatività statistica ad un livello di confidenza pari o superiore al 95% relativamente al fattore *Temperature Shock*, si è deciso di svolgere degli studi approfonditi, in modo da analizzare più nel dettaglio le informazioni ottenute fino ad ora.

#### 3.4.1 Modello a 5 fattori

La prima prova effettuata è stata quella di aggiungere il *momentum* alla nostra regressione.

I dati relativi al *momentum* mensile utilizzati in questo studio, sono quelli elaborati da French e disponibili nella sua pagina ufficiale. L'aggiunta di questo fattore al modello ha un duplice scopo:

da una parte, dovrebbe consentire di migliorare le capacità esplicative del modello utilizzato fino ad ora, dall'altra, cosa più importante, ci permetterà di verificare se il fattore *Temperature Shock*, sarà ancora significativo per i portafogli che erano stati individuati nel paragrafo precedente, nonostante l'introduzione di una nuova variabile esplicativa.

Il nuovo modello utilizzato si presenta nel modo seguente:

$$R_{i,t} = I_i + b_{1,i} * (R_m - R_f)_t + b_{2,i} * SMB_t + b_{3,i} * HML_t + b_{4,i} * MOM_t + b_{5,i} * TS_t$$

Dove, come già affermato, ai fattori utilizzati precedentemente, è stata aggiunta la variabile *MOM<sub>t</sub>*, che rappresenta il *momentum* mensile registrato nel mese *t*.

In tre casi su quattro, ovvero per i portafogli *Food Products*, *Healthcare* e *Personal Services*, l'aggiunta di questo fattore comporta una leggera riduzione dell'effetto negativo di *TS* sul valore dei titoli ed un leggero aumento del pValue, variazione che non è comunque sufficiente a superare il valore di 0.05 e rendere quindi i coefficienti non statisticamente significativi.

*Rubber & Plastic Products*, al contrario degli altri tre portafogli, vede invece aumentati sia l'effetto di *TS* sul valore dei titoli, che la significatività del coefficiente, seppur, così come gli altri portafogli, con variazioni piuttosto ridotte.

Parlando invece dell'*R<sup>2</sup> adjusted*, tale statistica aumenta leggermente, in tutti e quattro i portafogli.

### 3.4.2 Eteroschedasticità ed autocorrelazione

Se l'assunzione di omoschedasticità ed autocorrelazione non dovesse essere rispettata, non sarebbe possibile fare affidamento sul valore del pValue ottenuto attraverso le regressioni e quindi determinare con certezza, in quali portafogli il coefficiente stimato per la variabile *TS* risulti statisticamente significativo.

Per ovviare a questo problema, uno degli strumenti utilizzabili è lo Stimatore di Newey–West, il quale consente di stimare un'approssimazione della matrice delle covarianze, eliminando i problemi legati ad autocorrelazione ed eteroschedasticità.

I coefficienti stimati attraverso questo procedimento, saranno gli stessi ottenuti attraverso il metodo dei minimi quadrati ma, nel caso in cui il campione utilizzato nello studio svolto finora,

non dovesse soddisfare le assunzioni di omoschedasticità e non autocorrelazione, gli errori standard verrebbero corretti, in modo da ottenere test di significatività più affidabili.

Nel nostro caso, applicando lo stimatore di Newey-West, non si notano cambiamenti sulla significatività della variabile *TS*, la quale risulta statisticamente significativa per i già noti quattro portafogli.

Non si evidenzia dunque presenza di eteroschedasticità ed autocorrelazione all'interno del campione utilizzato restando quindi valido quanto affermato nella sezione 3.3.

#### 3.4.3 Regressioni *rolling window*

In quest'ultima parte del paragrafo, ci concentreremo sulle regressioni *rolling window*.

Attraverso questo studio, è possibile osservare se e come varia nel tempo il valore del coefficiente di *TS* e la sua significatività. Inoltre, utilizzeremo campioni di diverse dimensioni, per vedere in che modo si modificano i risultati fin qui ottenuti, se si considerano orizzonti temporali diversi.

Sono state effettuate varie prove con regressioni *rolling window* non sovrapposte con finestre da 60,120, 156, 180 e 240 mesi e sovrapposte, con passo di un mese, da 300, 400 e 450 mesi.

Partendo dalle regressioni non sovrapposte dei quattro portafogli già noti, il primo risultato emerso, è stato che, relativamente al valore del pValue, esso tende a modificarsi nel tempo. La variabile *TS* quindi, sembrerebbe essere significativa solo al verificarsi di particolari condizioni.

In secondo luogo, sebbene le regressioni restituiscano risultati statisticamente significativi se applicate all'intero campione di 480 mesi, lo stesso non si può dire quando esse vengono eseguite su sottocampioni.

Questo fenomeno potrebbe essere dovuto alla ridotta dimensione dei campioni utilizzati, non in grado di rilevare gli effetti delle temperature, in un arco temporale non sufficientemente ampio.

Allo scopo di approfondire questi temi, sono state svolte ulteriori analisi *rolling window*, questa volta sovrapposte e prendendo in considerazione sottocampioni più ampi, da 300, 400 e 450 mesi.

All'aumentare della dimensione della finestra presa in considerazione, il numero di volte in cui i coefficienti stimati risultano statisticamente significativi, tende ad aumentare, accreditando l'ipotesi che per cogliere gli effetti di una variazione delle temperature dal loro valore atteso, sia necessario tenere in considerazione un ampio arco temporale.

Dall'analisi dei dati ottenuti dalle regressioni, possono essere fatte alcune osservazioni.

Innanzitutto, sembra essere presente un'elevata correlazione tra il valore dei coefficienti stimati ed i relativi pValue.

In particolare, più il valore di quest'ultimo risulta essere ridotto, maggiore è il valore del coefficiente stimato, in termini assoluti.

A conferma di quanto detto, il coefficiente di correlazione stimato per ognuno dei quattro portafogli corrisponde a 0.981 per *Food Products*, 0.928 per *Healthcare*, 0.980 per *Rubber & Plastic Products* e 0.977 per *Personal Services*.

In secondo luogo, per quanto riguarda i portafogli *Food Products* e *Rubber & Plastic Products*, il pValue relativo ai coefficienti stimati, assume valori inferiori a 0.05 solo dopo un primo momento di non significatività.

Il primo punto in cui ciò avviene corrisponde alla sesta iterazione, ovvero alla regressione effettuata sul periodo che va da giugno 1979 a novembre 2016.

Tale periodo è anche il primo a presentare un valore medio di *TS* superiore allo zero e quindi a considerare un arco temporale in cui in media, si è osservata una temperatura superiore al proprio valore atteso.

È quindi possibile che esista una relazione tra il valore della variabile *TS* e la sua significatività all'interno del modello utilizzato in questo studio.

Ciò può significare che un ulteriore aumento delle temperature, possa portare a livelli di significatività superiori rispetto a quanto attualmente osservato, sia per quanto riguarda i portafogli già individuati, sia per quelli che al momento non risultano significativamente influenzati.

Nel corso del prossimo capitolo cercheremo di approfondire questo tema.

#### **4. Possibili scenari futuri**

Come anticipato nel capitolo precedente, si ipotizza una relazione tra il valore assunto dalla variabile *Temperature Shock* e la sua significatività. In particolare, sembrerebbe che maggiore sia stato il valore medio di *TS*, durante il periodo considerato da una specifica finestra della *rolling window*, maggiore sia stata la significatività di questa variabile all'interno della regressione. Se questa teoria fosse confermata, sarebbe possibile avere un'idea su quelle imprese, non appartenenti ai settori già individuati, che nei prossimi anni potrebbero vedere il proprio titolo influenzato dal clima, a causa del continuo aumento delle temperature medie.

Per studiare la significatività della variabile *Temperature Shock*, utilizzeremo la statistica *t* al posto del pValue.

Il primo passo è stato quello di ripetere le regressioni *rolling window* sovrapposte con finestre di 450 mesi per tutti i portafogli, così come già svolte nel capitolo precedente. In questo caso però, non si è andati ad osservare il pValue, ma la statistica t.

La seconda variabile necessaria a svolgere lo studio è invece rappresentata dalla media dei valori che *Temperature Shock* assume in ognuna delle 31 finestre utilizzate per le regressioni *rolling window*.

Per ognuno dei 49 portafogli, è stata poi effettuata una regressione lineare tra queste due variabili stimando il seguente modello:

$$Tstat_{i,t} = I_i + b_i * \overline{TS}_t$$

Dove

$Tstat_{i,t}$  rappresenta la statistica t dell'i-esimo portafoglio, al tempo t;

$I_i$  rappresenta l'intercetta;

$\overline{TS}_t$  rappresenta il valore medio del *Temperature Shock* calcolato sui 450 mesi precedenti.

In totale sono presenti 31 portafogli, i quali presentano una significatività statistica del coefficiente  $b_i$  superiore al 95%.

Tale risultato, conferma l'ipotesi fatta nel precedente capitolo che, almeno per quanto riguarda determinati settori, un costante aumento delle temperature, potrebbe rendere sensibili alla variabile *Temperature Shock* alcuni portafogli che al momento non ne sono influenzati. Il fatto che sia presente tale relazione, non assicura però che tutti i 31 portafogli possano diventare sensibili all'interno di uno scenario verosimile.

Al fine di poter determinare con maggior sicurezza quali portafogli potranno risultare influenzati dalle temperature nei prossimi anni, è stato necessario stimare il valore critico del *Temperature Shock* medio, oltre il quale si prevede che  $Tstat$  di quello specifico portafoglio diventi, in valore assoluto, maggiore di 1.96.

Utilizzando il valore dell'intercetta  $I_i$  e del coefficiente  $b_i$  è stato infatti possibile stimare il valore che deve assumere  $\overline{TS}$  affinché  $Tstat$  assuma valori maggiori di  $|1.96|$ .

I portafogli che possiamo considerare a rischio oltre ai quattro individuati nel precedente capitolo, sono in totale 15, i quali presentano valori critici inferiori a 1 °C.

Con i dati fin qui ottenuti è inoltre possibile stimare il pValue relativo alla variabile  $TS$  che i portafogli presenteranno in futuro e sapere quindi entro quanti anni, questi verranno influenzati dall'aumento delle temperature medie.

Considerato che attualmente il valore di  $\overline{TS}$  sta crescendo di circa  $0.0276$  °C annui e supponendo che questo dato rimanga il medesimo nei prossimi anni, è stato calcolato, per questi portafogli, il pValue di  $TS$  tra 10, 20 e 30 anni.

Il numero di settori per il quale la variabile  $TS$  è destinata a diventare statisticamente significativa, tende a crescere con il passare degli anni e quindi con l'innalzamento delle temperature. Dallo studio è infatti emerso che ai quattro portafogli che già adesso presentano sensibilità alle temperature si aggiungeranno 6 portafogli entro 10 anni, ovvero *Candy & Soda*, *Consumer Goods*, *Textiles*, *Non-Metallic & Industrial Metal Mining*, *Wholesale*, e *Retail*, ulteriori 6 entro 20 anni, ovvero *Beer & Liquor*, *Construction*, *Machinery Automobiles & Trucks*, *Utilities* e *Trading*, ed infine entro 30 anni, verranno inclusi anche *Agriculture*, *Fabricated Products* ed *Electronic Equipment*, per un totale di 15 nuovi portafogli.

È importante specificare che, sebbene in questo capitolo si sia affermato che nuovi settori potrebbero essere influenzati dalla variabile  $TS$ , risulta difficile prevedere l'effettivo peso che le temperature avranno nel determinare l'andamento dei titoli delle imprese operanti in questi settori. Un secondo elemento di rilevante importanza è che risulta probabile che la variabile  $\overline{TS}$  possa ridurre la sua crescita nei prossimi anni, se non anche iniziare a diminuire. Questa eventualità renderebbe le previsioni effettuate nelle pagine precedenti naturalmente imprecise. Resterebbero comunque validi i valori critici individuati.

## 5. Conclusioni

In questa tesi si è voluto individuare i settori maggiormente influenzati dal riscaldamento globale. Riuscire a determinare quali industrie stiano vedendo i loro rendimenti ridotti dal cambiamento climatico può rappresentare un valido aiuto sia in fase di pianificazione aziendale e gestione dei rischi, per quelle imprese appartenenti ai settori che presentano una maggiore sensibilità a questo fenomeno, sia in fase di gestione dei portafogli per tutti i tipi di investitori.

Utilizzando una versione modificata del modello a tre fattori di Fama e French, nella quale è stata aggiunta un quarto fattore, chiamato *Temperature Shock*, sono state individuati quattro portafogli, rappresentanti di altrettante industrie, per le quali questa nuova variabile è risultata statisticamente significativa, con un livello di significatività superiore al 95%. Tali portafogli sono *Food Products*, *Healthcare*, *Rubber & Plastic Products* e *Personal Services*.

Il fatto che il coefficiente stimato per *Temperature Shock*, risulti statisticamente significativo all'interno del modello, unitamente al valore di quest'ultimo, dimostra come anche il riscaldamento globale, al pari dei tre fattori usati nel modello classico, svolga un ruolo nella determinazione dei rendimenti dei quattro portafogli individuati.

Svolgendo ulteriori studi sul modello è stato inoltre possibile fare due importanti osservazioni. La prima è che utilizzando sottocampioni di dimensioni eccessivamente ridotte, i portafogli non sembrano essere influenzati dalle temperature. La seconda è che il valore dei coefficienti relativi alla variabile *TS* e la loro significatività, tendono a variare nel tempo. Tale variazione è risultata essere correlata al valore medio della variabile *Temperature Shock* registrata durante il periodo preso in considerazione. Questo legame ha consentito di individuare quindici portafogli da considerare "a rischio": *Candy & Soda, Consumer Goods, Textiles, Non-Metallic & Industrial Metal Mining, Wholesale, Retail, Beer & Liquor, Construction, Machinery Automobiles & Trucks, Utilities, Trading, Agriculture, Fabricated Products* ed *Electronic Equipment*.

Si tratta di portafogli cui rendimenti non sono attualmente influenzati dall'innalzamento delle temperature ma che, considerato l'attuale tasso di crescita di quest'ultime, potrebbero iniziare ad esserne influenzate entro i prossimi trenta anni.