إدارة مخاطر التغيّرات المناخيّة باستخدام المشتقات المالية

د. علي بن الضب

صندوق النقد العربي
أكتوبر 2022

©صندوق النقد العربي 2022
حقوق الطبع محفوظة

يعد خبراء الدوائر الفنية بصندوق النقد العربي دراسات اقتصادية، وأوراقا بحثية، يصدرها الصندوق وينشرها على موقعه الرسمي بشبكة الانترنت. تتناول هذه الإصدارات قضايا تتعلق بالسياسات النقدية والمصرفية والمالية والتجارية وأسواق المال وانعكاساتها على الاقتصادات العربية.

الآراء الواردة في هذه الدراسات أو الأوراق البحثية لا تمثل بالضرورة وجهة نظر صندوق النقد العربي، وتبقى معبرة عن وجهة نظر معد الدراسة.

لا يجوز نسخ أو اقتباس أي جزء من هذه الدراسة أو ترجمتها أو إعادة طبعها بأي صورة دون موافقة خطية من صندوق النقد العربي، إلا في حالات الاقتباس القصير بغرض النقد والتحليل، مع وجوب ذكر المصدر.

توجه جميع المراسلات إلى العنوان التالي:

الدائرة الاقتصادية

صندوق النقد العربي

ص.ب. 2818 – أبو ظبي – دولة الإمارات العربية المتحدة

هاتف: 97126171765+

البريد الالكتروني: economic@amfad.org.ae

Website: https://www.amf.org.ae

المحتويات

ملخص 4

1.مقدمة 7

2. الخلفية النظرية لنظام المناخ والتغيرات المناخية والمخاطر الناجمة عنها 12

1.2 نظام المناخ والتغيّرات البيئية المؤثرة فيه 12
2.2 المكونات الرئيسة لنظام المناخ وتغيّرات المناخ ذات المنشأ البشري 13
3.2 غازات الاحتباس الحراري وآلية تأثيرها على المناخ 15
4.2 آثار مخاطر التغيّرات المناخية ذات الطابع البيئي، والاجتماعي والاقتصادي 16
5.2 المخاطر المتوقعة لنظام المناخ وفق (IPCC) 18

3. المخاطر المالية الناجمة عن التغيرات في المناخ وقنوات انتقالها 22

1.3 أنواع المخاطر المالية الناجمة عن التغيرات المناخيّة 22
2.3 العوامل الدافعة للمخاطر المادية الناجمة عن التغيرات المناخيّة 23
3.3 العوامل الدافعة لمخاطر التحول 24
4.3 قنوات إنتقال المخاطر الناجمة عن التغيرات المناخيّة إلى القطاع المالي والمصرفي 26
5.3 طرق قياس المخاطر المالية الناجمة عن التغيرات المناخية 29

4. المشتقات المالية الخاصة بالطقس ودورها في إدارة مخاطر الطقس والتغيّر في المناخ 31

1.4 ماهية المشتقات المالية الخاصة بالطقس وأهم تصنيفاتها 31
2.4 المؤشرات المناخية المرجعية للمشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيّرات المناخية 35
3.4 الغرض من المشتقات المالية الخاصة بالطقس 38
4.4 الصناعات المعرضة لمخاطر الطقس والتغيرات المناخية والمخاطر التي تواجهها 39
5.4 نشأة وحجم تطور سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغير في المناخ 40

5. تسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس وتحدياته في ظل غياب نموذج مرجعي 44

1.5 العوامل المحددة لقيمة مشتق الطقس وعلاوة مشتق الطقس 45
2.5 طرق تسعير المشتقات الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية 46
3.5 تحدّيات استخدام البيانات التاريخية للتسعير وحدود المشتقات المالية الخاصة بالطقس 54

6. مخاطر التغيرات المناخية في الدول العربية وسبل إداراتها 55

1.6 واقع التغيّرات المناخية في الدوّل العربية وانعكاساتها الاقتصادية 56
2.6 المبادرات العربية بخصوص التغيّرات المناخية 56
3.6 جهود صندوق النقد العربي في مجال تغيرات المناخ وآثارها على القطاع المالي 60

7.الخلاصة والتوصيات 61

قائمة المراجع 62

ملخص

تؤثر التغيّرات المناخيّة على القطاعات الاقتصادية بصفة عامة، وعلى القطاع المالي بصفة خاصة، حيث أصبحت المخاطر الناجمة عن هذه التغيّرات محور اهتمام دولي، وإقليمي، وعربي. تنشأ آثار هذه التغيّرات مباشرة من النمو الكبير للتصنيع، والتوسع الاقتصادي خاصة على مدى العقود الماضية على المستوى العالمي، إضافة إلى التغيرات الطبيعية. دفع الاهتمام المتزايد بموضوع إدارة المخاطر المالية الناجمة عن تغيّرات المناخ في الآونة الأخيرة، إلى البحث عن أدوات لإدارة هذه المخاطر، حيث يعتبر هذا التوجّه محرّكاً رئيساً للطلب على المنتجات المالية التي تعمل على التغطية أو التحوّط من مخاطر الطقس، ومخاطر تغيرات المناخ.

تهدف هذه الدراسة إلى التعريف بنظام المناخ وأهم مكوناته، وإبراز مخاطر تغيّر المناخ وأثرها على القطاع البنكي، والشركات، والنظام المالي ككل، مع التعريف بالمشتقات المالية الخاصة بإدارة مخاطر التغيّرات المناخية والوقوف على حجم سوق المشتقات المالية الخاصة بالتغيّرات المناخية على المستوى الدولي، وتقديم طرق تسعير هذا النوع من المشتقات المالية، وذلك بغرض إبراز فرص الاستفادة من هذه الابتكارات في المنطقة العربية، والوقوف على أهم تحديّاتها.

خلصت الدراسة إلى أن سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيّرات المناخية يمثل فرصةً لتوفير أدوات لإدارة المخاطر الناجمة عن التغيّرات المناخية، على الرغم من التحديات الخاصة بالممارسات العملية، سواء من حيث طرق االتسعير أو توفير البيانات ذات الصّلة التي تمثل تحديّاً لهذه الصناعة، من ناحية أخرى، يعتبر تداول هذه العقود خارج السوق المنظّم مصدراً إضافياً للمخاطر المالية، كما أن القطاع المالي غير المصرفي يُعتبر أحد القطاعات الأكثر تأثراً بهذه الأدوات. أوصت الدراسة بضرورة تشجيع البحوث في هذا المجال، ودراسة آثار المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية على قطاع التأمين، وفرص الاستفادة منها، ومدى مساهمة هذه المنتجات في تنشيط الأسواق المالية مع ضرورة تأطير أي تداول لهذه المنتجات خارج السوق المالي.

الكلمات المفتاحية: تغيّر المناخ، مخاطرمالية، تحوّط، المشـــتقات المالية الخاصـــة بالطقس، تســـعير المشتقات، قطاع مالي، دول عربية.

Abstract

The economy in general and the financial industry in particular are at risk as a result of climate change. These risks are being debated on a global, regional, and the Arab world level. These changes have been significantly accelerated by industrialization and economic progress over the past few decades, in addition to natural changes. Interest in mitigating financial risks associated with climate change has increased recently. This has increased demand for financial products that protect consumers, and private sector in general from these risks and cover them. Our study's aim is to describe the elements of the climate system, climate change risks, and effects of climate change on the banking industry, businesses, and the whole financial system will be highlighted. The definition of financial derivatives in connection to risk management for climate change is the goal of this work. Additionally, it aims to determine the size of the international market for financial derivatives related to climate change, and to describe pricing models of these derivatives. It also concentrates on the advantages and disadvantages that the Arab region will face in using these instruments.

The study concluded that the financial derivatives market for climate change risks presents an opportunity to provide tools to manage risks arising from climate change. Nevertheless, it also faces practical challenges related to developing pricing methods, and obtaining to the relevant data. As for the non-bank financial sector, trading these contracts outside the regulated market represents another source of financial risk, and the non-bank sector is the most affected. This paper recommends encouraging research in this field and exploring opportunities to benefit from weather and climate change-related financial derivatives, as well as to determine to what extent these products contribute to revitalizing the financial markets. Indeed, trading in these products should be framed inside the regulated financial markets.

Keywords: climate change, risks, weather derivatives, derivatives pricing, financial sector, Arab countries.

JEL Classification: C58, G1; G14, G17, N2.

قائمة الرموز والإختصارات

المختصر	المدلول	المختصر	المدلول
ADV	متوسط حجم يومي	MSE	متوسط مربع الخطأ
AccHDD	يوم درجة التدفئة التراكمي	N2O	غاز أكسيد النيتروز
AR(p)	نموذج للانحدار الذاتي	NGFS	شبكة تخضير النظام المالي
AR5	التقييم الخامس لـ IPCC	OI	العقود المفتوحة
AR6	التقييم السادس لـ IPCC	OTC	خارج الأسواق
ARMA(p,q)	النماذج المختلطة	Oxfam	منظمة أوكسفام
BIS	بنك التسويات الدولية	P(t)	علاوة المشتق
CAT	مؤشر متوسط درجة الحرارة التراكمي	Payoff	الربح النظري الناجم عن عقد مشتق
CDD	مؤشر درجة التبريد	RFI	مؤشر هطول الأمطار
CDH	مؤشر ساعة درجة التبريد	RP	علاوة المخاطرة
CH4	غاز الميثان	S	
CHD	يوم الرطوبة الحرج	SFI	مؤشر تساقط الثلوج
CME	بورصة شيكاغو	SST	درجة حرارة سطح البحر المستقبلية
CRD	يوم تساقط الأمطار	T	تاريخ استحقاق العقد
CSD	تساقط الثلوج الحرج	t	الوقت من تاريخ الاستحقاق إلى تاريخ
CTD	مؤشر يوم درجة الحرارة الحرج	TCFD	فريق العمل المعني بالإفصاحات
CWD	يوم الرياح الحرج	VaR	القيمة المعرضة للمخاطرة
EDD	مؤشرات أيام درجة الطاقة	W	متغير يتبع سيرورة وينر
FBM	الحركة البراونية الكسرية	WRMA	جمعية إدارة مخاطر الطقس
FSB	مجلس الاستقرار المالي	WSI	مؤشر سرعة الرياح
GARCH	نموذج الإنحدار الذاتي المشروط بعدم	WWF	الصندوق العالمي للطبيعة والمحيطات
GDDs	أيام درجات الحرارة المتزايدة	X	متغير عشوائي
HBA	طريقة التحليل التاريخي	Yt	سلسة زمنية
HDD	مؤشر أيام درجة التدفئة	Δ	التغيّر
IID	توزيع متماثل ومتجانس	μ	الأمل الرياضي
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير	ξ	متغير عشوائي ذو توزيع طبيعي
K		β_0 ، β_1	معلمات النموذج
MA(q)	نماذج المتوسطات المتحركة	ε_t	الحد العشوائي
MAE	متوسط معدل الخطأ	d	الفرق
MAPE	متوسط نسبة الخطأ المطلق	σ	الانحراف المعياري
MC	مونتي كارلو		

1. مقدمة

شهد كوكب الأرض تغيّرات مناخية غير طبيعية في السنوات الأخيرة، كزيادة حجم وطبيعة الفياضانات والجفاف، والاحتباس الحراري وغيرها من التغيّرات. تم التنبيه لهذه التغيرات منذ زمن من قبل علماء الجيولوجيا والمنظمات البيئية، كما تم عقد العديد من المؤتمرات والمبادرات لحماية كوكب الأرض من هذه المخاطر، ومن بين أهم المبادرات والاتفاقيات اتفاق باريس في عام 2015، وقمة العشرين في عام 2020.

تؤثر التغيّرات المناخية غير الطبيعية على الاقتصادات المتقدمة، وعلى الاقتصادات النامية بدرجة أكثر سواء من حيث تراجع المحاصيل الزراعية، والجفاف، والثروة السمكية والهجرة، أو من خلال ظهور سياسات إدارة التغيرات المناخية والتطورات الحاصلة في المجال التقني أو في سلوك الأفراد، حيث تحوّلت هذه الانعكاسات وبسرعة إلى قطاع التأمين، وإلى القطاع المصرفي بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، مما جعلها تؤثر على استقرار القطاع المالي برمّته، ونتيجة لذلك سارع صنّاع القرار المالي في العديد من الدّول إلى بذل جهود معتبرة في إدراة المخاطر المالية الناجمة عن التغيّر في المناخ، سواءً من خلال التخفيف من آثار هذه المخاطر أو من خلال التكيّف معها، مع دعم التوجّه نحو التمويل الأخضر والمستدام، وما له من أهمية في هذا المجال، فعلى مستوى مجلس الاستقرار المالي (FSB) تم انشاء فريق العمل المعني بالإفصاحات المالية المتعلقة بالمناخ (TCFD) عام 2015، وعلى المستوى العالمي تم إنشاء شبكة تخضير النظام المالي (NGFS) في عام 2017 من قبل 114 بنكاً مركزياً ومشرفين ماليين على المستوى العالمي إضافة إلى العديد من المبادرات وفرق العمل.

أصبح سوق المشتقات المالية وإدارة المخاطر المالية أكثر تحفيزاً لتلبية الطلب المتزايد على أدوات لإدارة المخاطر المالية الناجمة عن الطقس والتغيّر في المناخ، في ظل آثار المخاطر المالية الناجمة عن التغيّر في المناخ. يمكن تلبية هذا الطلب المتزايد من خلال المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيّر في المناخ. لقي هذا السوق نمواً معتبراً في السنوات الأخيرة، حيث بلغت أحجام العقود المستقبلية وعقود الخيارات الخاصّة بالمخاطر المالية الناجمة عن الطقس والتغيّر في المناخ في عام 2020 ما قيمته 750 مليون دولار أمريكي و480 مليون دولار أمريكي على التوالي في بورصة شيكاغو (CME).

تعتبر المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيّر في المناخ، أدوات مالية مشتقّة يمكن استخدامها من قبل الحكومات، أو المنظمات، أو الشركات، أو الأفراد كجزء من استراتيجية إدارة المخاطر لتقليل المخاطر المرتبطة بالظروف المناخية المعاكسة وغير المتوقعة. تعتمد قيمة المشتقات المالية الخاصة بالطقس وتغيرات المناخ على مؤشرات متعلقة بمتغيرات الطقس. توجد مؤشرات للمشتقات المالية الخاصة بالطقس مثل مؤشرات درجة الحرارة، وهطول الأمطار، والرطوبة، وتساقط الثلوج. تختلف المشتقات المالية الخاصة بالطقس وتغيرات المناخ عن المشتقات المالية الأخرى من حيث الأصل محل التعاقد، المتمثل في مؤشرات الطقس التي ليس لها قيمة، ولا يمكن تخزينها أو تداولها، بينما في نفس الوقت يمكن قياس متغيّر الطقس من أجل تقديم مشتق مالي خاص بالطقس. للقيام بذلك، يتم تقديم مؤشرات درجة الحرارة، أو هطول الأمطار، أو تساقط الثلوج، كأصول محل التعاقد. يتم استخدام المشتقات المالية الخاصة بالطقس في الوقت الراهن لأغراض التحوّط من قبل مختلف الجهات كالحكومات، والشركات، والبنوك، والأفراد، التي يمكن أن تتأثر أرباحها سلباً بالتغيرات المناخية، كما يمكن أن تستخدم هذه الأدوات لأغراض المضاربة أو المراجحة، من قبل صناديق التحوّط، وغيرهم من المهتمين بالإستفادة من تغيرات الأسعار في الأسواق.

لقي موضوع المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيّر في المناخ، وإدارة المخاطر الناجمة عن الطقس وتغيّرات المناخ اهتمام العديد من الباحثين على المستويين الإقليمي والدولي، ومن عدة أوجه مختلفة، وعلى

مستوى قطاعات مختلفة. اهتمت العديد من الدراسات باستخدام المشتقات المالية في قطاعات مختلفة، نذكر منها دراسة (Boyle et al. 2021) بقطاع الطاقة الشمسية، ودراسة (Sun et al. 2020) بقطاع التعدين، ودراسة (Štulec & Naletina 2019) بقطاع المبيعات بالتجزئة، على مستوى قطاع المياه كانت دراسة (Buchholz & Musshoff 2014)، ودراسة (Sun and Kooten 2015) بالقطاع الزراعي، ودراسة (Venturini 2022) بالقطاع المالي. في حين اهتمت بعض الدراسات بمشكل تسعير المشتقات الخاصة بالطقس، مثل دراسة كل من (Bressan & Romagnoli 2021)، أما على مستوى الدول فكانت دراسة (Stroebel & Wurgler 2021) على مستوى جميع الدول، في حين ركزت بعض الدراسات على دولة واحدة فقط، فدراسة (Boyle et al. 2021) بالتشيلي وفي استراليا دراسة (Little et al. 2015) ودراسة (Bressan & Romagnoli 2021) بإيطاليا، ودراسة (Sun and Kooten 2015) في الصين، ودراسة (Buchholz & Musshoff 2014) في ألمانيا. نقدّم فيما يلي سرد مفصّل لأهم هذه الدراسات.

لمناقشة كيف يمكن اعتبار تغيّر المناخ مصدراً إضافياً لمخاطر السوق، حلّلت دراسة (Venturini 2022) أنواع البيانات اللازمة لتحليل العوامل المحرّكة لمخاطر التغيّرات في المناخ التي تشكل عوامل من شأنها أن تحدث تغيّرات في سوق الأسهم. تم تقديم أدلّة تجريبية على المستويين الكلي والجزئي، وتحليل علاقة أسعار سوق الأسهم ومخاطر التغيّر في المناخ، ومدى قوة هذه العلاقة. تمت مقارنة النهجين من الأعلى إلى الأسفل، ومن الأسفل إلى الأعلى لفهم مخاطر المناخ التي من المرجح أن تؤثر على عوائد الأسهم، على مستوى العينة ككل، وعلى مستوى مختلف القطاعات، كما تم التركيز أيضاً على معتقدات المستثمرين حول مخاطر تغيّر المناخ، وتحليل الآثار المترتبة على تسعير الأصول، وأُختتمت الدراسة بإبراز اتجاهات البحث التجريبي، والنظري في مجال تمويل المناخ.

شهد سوق الكربون نمواً كبيراً في السنوات القليلة الأخيرة باعتبار أن غاز ثاني أكسيد الكربون أحد أهم مصادر الاحتباس الحراري، ومخاطر التغير المناخي، تبحث دراسة (Zhao & Wen. 2022) في العلاقة بين العائد والمخاطرلسوق الكربون في الصين، من خلال تقييم معاملات علاوة المخاطر. تم بناء نموذج (GARCH-M) المتغير عبر الزمن لتحليل علاوة المخاطرة في سوق الكربون الصيني، وتم تقييم آثار عدم التناسق للاختلالات الهيكلية الإيجابية والسلبية لعلاقة المخاطرة بالعائد في السوق. خلصت الدراسة إلى أن معامِلات علاوة المخاطر لسوق الكربون تتفاوت بشكل واضح بمرور الوقت، وتتأثر بشكل غير متجانس للعائد المتوقع للمخاطر المحتملة، وعلاوة المخاطر، والعائد غير المتوقع للفترة الأولية. إضافة إلى ذلك، تؤثر التغيرات الهيكلية بشكل كبير على علاقة المخاطرة بالعائد، وتحدث آثاراً غير متكافئة. تعتبر هذه النتائج مفيدة في صناعة السياسات الخاصة بتطوير سوق تداول الكربون، والمشاركين في السوق لتجنب المخاطر وتحسين أداء المحافظ المالية.

في ظل النمو السريع لتداول الكربون، أصبح تطوير المشتقات المالية الخاصة بالكربون مثل خيارات الكربون أمراً أساسياً لإدارة المخاطر والتحوّط. أسست دراسة (Liu & Huang. 2021) نموذجاً يعتمد على نموذج (GARCH) والحركة البراونية الكسرية (FBM)، بهدف توفير مرجع لتداول خيارات الكربون في الصين، من خلال أبحاث التنبؤ بسعر عقود خيارات الكربون. تشير الخاصية الكسرية لأسعار خيارات الكربون إلى أنه من المعقول استخدام (FBM) للتنبؤ بأسعار الخيار، يعمل نموذج (GARCH) على تجاوز تحدّي ثبات التقلب لنموذج (FBM). في هذه الورقة تم تحديد أسعار الإغلاق اليومية لعقود خيارات في بورصة الطاقة الأوروبية (EUA) كعينات للتنبؤ بالأسعار. تم استخدام نموذج (GARCH) لتحديد تقلب العائد، كما تم استخدام نموذج (FBM) لحساب السعر المتوقع لمدة 60 يوماً القادمة. أظهرت النتائج أن السعر المتوقع يمكن أن يتناسب مع السعر الفعلي بشكل أفضل. تقارن هذه الورقة كذلك نتائج

التنبؤ بالأسعار لهذا النموذج مع النماذج الثلاثة الأخرى، من خلال الرسوم البيانية الخطية، ومؤشرات تقييم الخطأ مثل (MAPE)، و (MAE)، و(MSE). تم التأكيد على أن نتائج التنبؤ بالنموذج في هذه الورقة هي الأقرب للسعر الفعلي.

استطلعت دراسة (Stroebel, J., & Wurgler, J. 2021) آراء 861 شخصاً مشاركاً من الأكاديميين الماليين في القطاع العام، والقطاع الخاص، لمعرفة توجهات وآراء الأكاديميين الماليين بشأن المناخ والتمويل المناخي، وشملت العينة أشخاصاً من جميع أنحاء العالم، ويختلفون في اهتمامهم بشأن المناخ وبالتمويل المناخي. على الرغم من هذه الاختلافات، وافقت المجموعات الفرعية المُستجوبة على غالبية الأسئلة. حيث يميل المُستجيبون إلى اعتبار أن المخاطر التنظيمية أهم مخاطر تغيّر المناخ على الشركات والمستثمرين على مدى السنوات الخمس المقبلة، لكن مخاطر المناخ المادية هي الأكثر أهمية خلال الثلاثين عامًا القادمة. بالإضافة إلى ذلك، يعتقد عدد أكبر من المُستجوبين أن الأسواق تقلّل من تقدير مخاطر المناخ بدلاً من المبالغة في تقديرها. كما هو الحال مع الجوانب الأخرى لتغير المناخ .

في ظل أهمية موضوع الطاقة الشمسية، والتوجّه نحو الطاقة النظيفة بسبب تداعيات التغيّرات المناخية طوّرت دراسة (Boyle et al. 2021) مشتقاً مالياً خاصاً بالطقس، قائماً على الإشعاع (أوالسطوع) للتحوّط من مخاطر السُحب لأنظمة الطاقة الشمسية بالنسبة إلى كبار مستهلكي الطاقة، الذين يحتاجون إلى نسب عالية من الطاقة الشمسية. يتسبب تقلب الإشعاع في تقلبات توليد الطاقة، ونفقات الطاقة. التقلب في التدفق النقدي للمستخدمين النهائيين يؤثر سلباً على سلامتهم المالية، خاصة في السنوات الغائمة بشكل غير طبيعي. تستكشف هذه الورقة فائدة أحد المشتقات المالية الخاصة بالطقس المعتمدة على الإشعاع في التخفيف من مخاطر الطقس السحابية، وقياس فعالية المشتق المطوّر من خلال تطبيقه على دراسة حالة لمنجمين من مناجم النحاس في التشيلي، حيث تم الاعتماد في تصميم وتقييم العقود على نموذج الأمثلية الخطي للتحسين الخطي الذي ينتج الأحجام المثلى للطاقة الشمسية الكهروضوئية، وتخزين البطاريات، وأنظمة الطاقة إلى الغاز، بالإضافة إلى تشغيل هذه الأنظمة لضغط معين، والإشعاع والتقنيات. تشير النتائج إلى أن العقود المطوّرة في هذه الدراسة فعّالة في حالة وجود الغيوم، مع زيادة فائدة المناجم بتركيب أنظمة الطاقة الشمسية حتى عام 2030. حيث يُتوقع بعد عام 2030، سوف تصبح البطاريات وسيلة تحوّط للمخاطر أكثر فعالية من حيث التكلفة، لأنها سوف تصبح آلية أكثر فعّالية وبأسعار معقولة.

تختلف طريقة تسعير المشتقات الخاصة بالمناخ وتغيرات المناخ عن المشتقات التقليدية، اقترحت دراسة (Bressan & Romagnoli, 2021) نموذجاً لتسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيّر في المناخ قائماً على نماذج الكوبولا (Copula)، مع التركيز على دور مشتقات المناخ والطقس كأدوات للتحوط من مخاطر تغيّر المناخ. يتمثل الهدف من هذه الورقة في شقين، الأوّل هو تقديم منهجية تسعير تعتمد على نماذج المتغيرات المتعددة والكوبولا، يسمح الإطار النظري المرن لهذه المنهجية بأن تكون مناسبةً لأي تسعير وهيكل محتمل للمنتجات متعددة المتغيرات، أما في الشق الثاني فناقشت الورقة تأثير مشتقات المناخ والطقس على مخاطر المناخ، وآثارها على الاستقرار المالي، مع دراسة حالة على بيانات إيطالية. ابرزت الدراسة مزايا الدّوال (Functions) الأكثر تعقيداً، ومتعددة المتغيرات، وإسهام النموذج النظري والنتائج التجريبية، حيث تم توضيح كيف يمكن للتقديرات غير الصائبة أن تزيد من المخاطر المناخية المادية بدلاً من الحد منها، سواء تعلّق الأمر بالتسعير غير العادل، أو زيادة أونقص في تقدير القيمة المعرضة للمخاطرة (VaR)، مما يزيد من المخاوف المالية، كما ناقشت الورقة في الأخير الإطار التشريعي، أين تمّت الإشارة إلى أنه في السياق الحالي للتشريعات غير المضبوطة، والتسعير غير الفعّال لمشتقات الطقس ومخاطر تغيّر المناخ، من المحتمل أن تلحق مخاطر التحوط المناخي ضرراً أكثر من نفعها.

في ظل تعرّض قطاع التعدين لمخاطر تغير المناخ، كونه يتميّز بخصائص التعرض العالي، و الحساسية العالية لمخاطر التغيّرات المناخية، اهتمت دراسة (Sun et al. 2020) بآلية تأثير مخاطر تغير المناخ على الأداء المالي للشركات من القنوات المباشرة وغير المباشرة. كما تم عرض مؤشر مخاطر المناخ الذي يشمل خمسة أنواع من مخاطر تغيّر المناخ. تُظهر النتائج التجريبية أن هناك علاقة بين تغير المناخ و الأداء المالي لشركات التعدين. هذه الأخيرة باختلاف خصائصها لديها حساسيّة مختلفة لمخاطر تغير المناخ. حظيت مخاطر تغير المناخ بآثار إيجابية وسلبية على حد سواء على الأداء المالي لشركات التعدين قيد الدراسة. أوصت الدراسة بأنه ينبغي على شركات التعدين الاستجابة لمخاطر تغيّر المناخ، وتنفيذ استراتيجيات منخفضة الكربون، والإفصاح بشكل استباقي عن معلومات الانبعاثات لتحسين العلامة التجارية، وإنشاء مزايا تنافسية جديدة من أجل النمو في الأجل الطويل.

لإدراك كيف يمكن أن تساعد المشتقات المالية الخاصة بالطقس، والتغير في المناخ في تقليل االآثار المناخية المعاكسة على مبيعات التجزئة، أبرزت دراسة (Štulec & Naletina 2019) أن الطقس يؤثر على أربعة قرارات شراء أساسية هي: ماذا؟ وأين؟ ومتى؟ و كم كمية الشراء؟. يعتبر تجّار التجزئة على دراية بالتأثير العام للطقس على الاستهلاك والموسمية في مبيعات التجزئة، لكنهم يفتقرون إلى المعرفة التفصيلية حول العلاقة الدقيقة بين الطقس والمبيعات اللازمة لاتخاذ القرارات التشغيلية، والاستراتيجية، والمالية. اجرت الدراسة تحليلاً شاملاً لحساسية الطقس في متاجرالأغذية الكبيرة، واقترحت تصميم مشتقات مخصصة للطقس كأدوات لتعويض المبيعات المتراجعة بسبب سوء الأحوال الجوية. كما استخدمت البيانات المقطعية، والتي يمكن تعميم استخدامها على فئات المنتجات الأخرى، وغيرها من الصناعات الحسّاسة للطقس. أظهرت النتائج أن حساسية مبيعات المشروبات للطقس تختلف بين الأشهر، مما يشير إلى الحاجة إلى استراتيجيات مختلفة لإدارة مخاطر الطقس والتغيّر في المناخ.

يتطلب التعامل مع مخاطر الطقس والتغيّر في المناخ إستراتيجية التكيّف أو التخفيف، لإبراز دور استراتيجيات التكيّف مع المناخ باستخدام المشتقات المالية الخاصة بالتغيرات المناخية، أبرزت دراسة (Little et al. 2015) أن التكيّف مع المناخ يتطلب استثمارات رأسمالية كبيرة لا يمكن توفيرها فقط من خلال المصادر التقليدية، ولكن أيضًا من خلال أسواق المشتقات المالية. تسمح هذه الأسواق لطرفين لهما تفاوت في التوقعات المختلفة بشأن مخاطر التغيّر في المناخ، من خلال التعامل من أجل منفعتهما المشتركة، وبذلك هما يموّلان التكيّف مع المناخ. تم في هذه الورقة حساب سعر خيار البيع الأوروبي، بناءً على درجة حرارة سطح البحر المستقبلية (SST) في تسمانيا بأستراليا، بحد أدنى 18 درجة مئوية. يمثل هذا السعر مؤشراً كميّاً لمخاطر التغيّر في المناخ، ويشكل الأساس لصناعات تربية الأحياء المائية المعرضة لخطر ارتفاع درجة حرارة سطح البحر لتمويل استراتيجيات التكيف من خلال بيع عقود المشتقات. توفر مثل هذه العقود حافزاً حقيقياً للأطراف ذات التوقعات المناخية المختلفة، أو التعرض للمخاطر الناجمة التغيّر في المناخ لإجراء تقييم السوق للتغير في المناخ.

تمتاز طرق تسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس بالاختلاف، والتعقيد في ظل استخدام النماذج القائمة على العمليات التصادفية أو العشوائية (Stochastic Processes) في الزمن المستمر، ومن أجل المقارنة بين طرق تسعير المشتقات المالية للتحوّط من مخاطر الطقس في إنتاج محاصيل الذرة في شمال الصين، قارنت دراسة (Sun and Kooten 2015) بين الطرق المختلفة لتسعير خيارات المشتقات المالية الخاصة بالطقس بناءً على أيام درجات الحرارة المتزايدة (GDDs). تم استخدام متوسط درجات الحرارة اليومية المتزايدة (GDDs) وفق ثلاث طرق: (1) منهج الاقتصاد القياسي مع دالة جيبية (sine) ؛ (2) محاكاة مونت كارلو مع دالة جيبية وثلاث طرق لتقدير معامل الارتداد المتوسط ؛ و (3) نهج تاريخي يعتمد على المتوسطات المتحركة (MA) لمدة 10 سنوات لمؤشر (GDD). تشير النتائج إلى أن طريقة المتوسطات

المتحركة توفر أفضل نموذج تم تقديره، تليه العملية العشوائية وفق محاكاة مونتي كارلو بسرعة ارتداد عالية، وأخيراً الطريقة التي تستخدم الدالة الجيبية المقدرة قياسيًا. واعتمادًا على الطريقة المستخدمة، تختلف علاوة خيارات المشتقات المالية الخاصة بالطقس من 21.27 دولارًا إلى 24.39 دولارًا لكل عقد لمؤشر (GDD).

أدّت المنافسة المتزايدة على موارد المياه، والمخاوف البيئية المتزايدة بخصوص الحاجة إلى إدارة الموارد المائية بطريقة فعالّة إلى وضع الموضوع على جدول أعمال السياسات، حيث يؤدي التنظيم الأكثر صرامة لمياه الري إلى انخفاض دخل المزارعين، وتقليل التعرض للمخاطر. لقي دور المشتقات المالية الخاصة بالطقس، اهتماماً في دراسة (Buchholz, & Musshoff 2014) مع إبراز تأثيرها على إدارة المياه الزراعية في ألمانيا. تبحث هذه الدراسة في إمكانية التحوّط من مخاطر الطقس القائم على مؤشر الطقس، للتعامل مع المخاطر الاقتصادية للمزارعين الناتجة عن انخفاض حصص المياه، وزيادة أسعار المياه. من خلال نهج برمجة مخاطر المزرعة، تمت مقارنة محافظ المحاصيل بشكل منهجي بدون ومع إمكانية شراء المشتقات المالية الخاصة بالطقس الموحدة بناءً على مؤشرات هطول الأمطار، ودرجة الحرارة، في مزرعة محاصيل في الجزء الشمالي الشرقي من ولاية ساكسونيا السفلى في ألمانيا. خلصت الدراسة إلى أن استخدام المشتقات المالية الخاصة بالطقس يعوّض الخسارة لدى المزارعين الناتج عن التخفيضات المعتدلة في حصص المياه، وزيادة أسعار المياه. كما تشير النتائج أيضاً إلى أن توفير المشتقات المالية الخاصة بالطقس قد يغيّر بشكل كبير خطط الزراعة، وكذلك الطلب الأمثل على مياه الري.

لمناقشة الأبعاد الفكرية، والعملية، للتعاون بين علماء الاجتماع، والجغرافيين والفيزيائيين لاستكشاف كيفية استخدام الشركات لمنتجات مالية جديدة نسبيًا (المشتقات المالية الخاصة بالطقس) لتحل محل أي تكاليف تتعلق بعدم اليقين والمخاطر المتعلقة بالطقس، قدّمت دراسة (Pollard, et al. 2008) المشتقات المالية الخاصة بالطقس، وأشارت إلى اختلافها عن منتجات التأمين ضد الطقس قبل النظر في السياق الجغرافي، والثقافي والاقتصادي لإنشائها. أوصت الدراسة بضرورة إعادة النظر في تحديّات التعاون البحثي لسد الفجوة بين علماء الاجتماع، والجغرافيين والفيزيائيين، وتقترح أن مثل هذه المبادرات قد تقوض من قبل مجموعة من العوامل المؤسسية والفكرية. تظل المحادثات بين علماء الاجتماع، والجغرافيين والفيزيائيين قليلة، ومن المرجح أن تصبح ذات صلة بشكل متزايد. يثير إنشاء سوق للمشتقات المالية الخاصة بالطقس مجموعة من الأسئلة السياسية والتنظيمية العاجلة وملاءمة المعارف الطبيعية والاجتماعية، لتوفير أساساً بنّاءً وإبداعياً يمكن من خلاله الانخراط في هذا السوق الجديد، واتجاهات أوسع نطاقا للتنمية الاقتصادية غير المتكافئة وتغير المناخ.

نهدف من هذه الورقة البحثية إلى إبراز الدور الذي تؤديه المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيّر في المناخ في إدارة المخاطر الناجمة عن الطقس والتغيّر في المناخ، كأحد الأدوات المستحدثة التي يمكن أن تساعد على إدارة مخاطر التغيرات المناخية في المنطقة العربية. تمّ تقسيم هذه الورقة إلى سبعة أقسام لتحقيق هدفها والإجابة على إشكاليتها. فبعد المقدمة في القسم الأول، خصّصنا القسم الثاني للنظام المناخي ومكوناته، وأهم التغيرات المناخية والمخاطر الناجمة عنها. نناقش في القسم الثالث المخاطر المالية الناجمة عن التغيرات المناخية، والعوامل الدافعة لها وقنوات انتقالها، إضافة إلى طرق قياس هذه المخاطر. نعرض في القسم الرابع المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية، ودورها في التحوّط من مخاطر الطقس، مع التركيز على نمو سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس على المستوى العالمي. يستكشف القسم الخامس طرق تسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية، واتجاهاتها الحديثة. يبرز القسم السادس مخاطر التغيرات المناخية في الدول العربية، وسبل إدارتها، مع تسليط الضوء على الجهود والمبادرات. تختتم الورقة بالقسم السابع لحوصلة أهم نتائج وتوصيات الدراسة.

2. الخلفية النظرية لنظام المناخ والتغيرات المناخية والمخاطر الناجمة عنها

يحتاج صنّاع القرار، والأكاديميون، والمهنيون في المجال الاقتصادي عموماً، وفي القطاع المالي خصوصاً إلى فهم عميق للعوامل الرئيسة في مجال تغيّر المناخ، والاحتباس الحراري من أجل تصميم، وتطوير وتنفيذ، ومراقبة الاستثمارات التي تدعم التخفيف من آثار تغيّر المناخ، والتكيّف، والانتقال إلى بيئة مستدامة ومنخفضة الكربون. تشير الأدبيات العلمية أن الأنشطة البشرية أصبحت لها تأثيرات غير مسبوقة على البيئة، بما في ذلك المناخ العالمي[1] (IPCC, 2022). كما أن للقطاع المالي تأثيراً كبيراً على البيئة والمناخ، بشكل مباشر أوغير مباشر، من خلال الخيارات الاستثمارية التي تتأثر بشكل كبير بمخاطر تغيّرات المناخ. كما قد يكون لتغيّرات المناخ تأثير سلبي على الاستثمار، لا سيما بسبب مخاطر انخفاض قيمة الأصول، من ناحية أخرى، توّفر هذه التغيرات أيضًا فرصاً للاستثمار، من خلال المنتجات والخدمات الجديدة المصممة لدعم الانتقال نحو عالم مستدام ومنخفض الكربون (Thompson, 2021).

يعرض هذا القسم الخلفية النظرية الضرورية لفهم نظام المناخ في كوكب الأرض، ومكوناته الأساسية، مع التعريف بأنواع غازات الاحتباس الحراري وآلية تأثيرها على تغيرات المناخ، والآثار البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية للتغيرات المناخية، ورصد المخاطر المتوقعة في المدى المتوسط والطويل وفقا لتوقّعات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC).

1.2.نظام المناخ والتغيّرات البيئية المؤثرة فيه

يتأثر كوكب الأرض بمكوناته من الكائنات الحية البشرية، والحيوانية، والنباتية، بمجموعة واسعة ومترابطة من العوامل البيئية التي يسببها، أو يزيد من حدّتها النشاط البشري (Thompson, 2021)، ونذكر من أبرزها ما يلي:

- **تغيّر المناخ**: يمثل التحولات واسعة النطاق، وطويلة الأجل في أنماط الطقس، ومتوسط درجات الحرارة على مستوى كوكب الأرض.
- **فقدان التنوع البيولوجي**: يتجسد في انقراض بعض الأنواع من النباتات والحيوانات، مما يؤدي إلى انخفاض في تنوّع الكائنات النباتية والحيوانية.
- **تراجع جودة الهواء**: ينجم عن زيادة طبيعية أو من صنع الإنسان في مستويات التلوث في الهواء، مما يجعل الهواء غير صحي أو سام للبشر، وللنباتات وللحيوانات.
- **تراجع نوعية المياه**: يعكس هذا المتغير مستويات الماء النظيف والصحي الضروري لحياة الإنسان والنبات، والحيوان.
- **ندرة المياه العذبة:** يتمثل هذا المتغيّر في نقص المياه المتوفرة لاحتياجات منطقة معينة.
- **تراجع مساحة الغابات**: ينجم عن إتلاف الأشجار لاستخدامات أخرى من طرف الانسان، أو الحرائق مهما كان مصدرها، مما يؤثر على مستويات الكربون.
- **تآكل التربة**: تآكل التربة السطحية، التي تعتبر الجزء الأهم في الزراعة، والتنوع البيولوجي.
- **تلوّث الأرض:** تحتوي الأرض الملوثة على مواد خطرة، تؤثر على حياة الإنسان والنبات والحيوان.

[1] تم إنشاء الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) في عام 1988 من قبل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (World Meteorological Organization "WMO") وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة(UNPD). تقدّم (IPCC) تقييمات منتظمة على أساس علمي لتغير المناخ. يشمل عمل (IPCC) النظر في أسباب وعواقب تغير المناخ، فضلاً عن تقييم الخيارات للتخفيف من تغير المناخ وإمكانية التكيف مع عواقبه. تضم (IPCC) حاليًا 195 دولة عضوًا ، بالإضافة إلى آلاف العلماء والخبراء الآخرين من الدول الأعضاء الذين يساهمون في تقاريرها. يُقيّم العلماء الرائدون في العالم آلاف الأوراق البحثية التي تُنشر كل عام لتجمع معًا تجميعًا للفهم الحالي حول الموضوعات الرئيسية المرتبطة بتغير المناخ. وهذا النهج الإجماعي، الذي يأخذ مجموعة واسعة من الآراء والخبرات، يؤدي إلى جعل تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بت غير المناخ ذات موثوقية عالية.

- **تلوّث البحار**: تتمثل في وجود مخلفات صناعية، ومواد كيميائية، ومياه الصرف الصحي، وغيرها من المواد التي تضر بالحياة البحرية.

تنعكس العوامل البيئية المذكورة أعلاه، والتي يسببها أو يزيد من حدّتها النشاط البشري في العديد من الآثار غير الإيجابية على المناخ في كوكب الأرض، بعدة أشكال منها :

- **ارتفاع درجات الحرارة**: تُظهِر نتائج البحث العلمي أن هناك ارتفاعاً في متوسط درجة حرارة سطح كوكب الأرض في القرن الحالي مقارنة بالقرن الماضي، ومقارنة بتقلبات درجات الحرارة على مدار تاريخ الأرض، حيث أن معدّل درجة الحرارة في زيادة عالية منذ الثورة الصناعية.
- **تغير هطول الأمطار**: تم رصد تغيّرات في هطول الأمطار، على الرغم من عدم وجود بيانات تشمل جميع المناطق على مدى فترات طويلة، حيث زاد هطول الأمطار في خطوط العرض الوسطى من نصف الكرة الشمالي منذ بداية القرن العشرين. كما تمت ملاحظة تغيّرات بين الفصول في مناطق مختلفة؛ فعلى سبيل الذكر لا الحصر، تم رصد تناقص في متوسط هطول الأمطار في الصيف في المملكة المتحدة، وزيادة في هطول الأمطار في فصل الشتاء. توجد هناك أيضاً أدلّة على أن هطول الأمطار الغزيرة أصبحت أكثر كثافة خاصة فوق أمريكا الشمالية.
- **التغييرات في الطبيعة**: تجلب التغيّرات في الفصول تغيّرات في التنوّع البيولوجي، وتحوّل في أنماط هجرة الطيور.
- **إرتفاع مستوى سطح البحر**: زاد معدل ارتفاع مستوى سطح البحر في العقود الأخيرة، حيث إرتفع مستوى سطح البحر بحوالي 19 سم عالميًا منذ عام 1900، في المتوسط وفق (IPCC).
- **ذوبان الأنهار الجليدية**: تشهد الأنهار الجليدية تراجعاً في جميع أنحاء العالم؛ فمثلا في جبال الألب تذوب جبال روكي والأنديز، وجبال الهيمالايا، وأفريقيا وألاسكا، كما زاد معدل الذوبان في العقود الأخيرة.
- **الجليد البحري**: أخذ الجليد البحري في القطب الشمالي يتناقص منذ نهاية سبعينيات القرن الماضي، حيث تناقص بنحو 4 في المائة، أو ما يعادل 0.6 مليون كيلومترمربع لكل عقد من الزمن.
- **الصفائح الجليدية**: تشهد الصفائح الجليدية تناقصاً، فمثلا كل من جرينلاند (Greenland) في القطب الشمالي وأنتاركتيكا (Antarctica) في القطب الجنوبي، كلاهما يتقلص بمعدل متسارع (Thompson, 2021, P73).

2.2.المكونات الرئيسة لنظام المناخ وتغيّرات المناخ ذات المنشأ البشري

ينبغي التمييز بين الطقس والمناخ كأول خطوة لفهم تغيّرات المناخ. يصف مصطلح الطقس التقلبات اليومية في حالة الغلاف الجوي، مثل التغيرات في درجات الحرارة، والرياح، وهطول الأمطار، ويمكن أن تحدث هذه التغيرات خلال ساعة أو أكثر، أو من فترة أيام إلى أسبوع. بينما يشير مصطلح المناخ إلى متوسط أحوال الطقس لمنطقة معينة خلال فترة زمنية ما، عادة على مدى سنوات عديدة، وتحدّدها منظمة الأرصاد الجوية بحوالي 30 عاماً، كما أن هناك تقلّبات طبيعية في كل من الطقس والمناخ (Thompson, 2021).

يشير تغير المناخ إلى تغيرات منهجية في النظام المناخي استجابةً لعامل التأثير، والذي يمكن أن يكون طبيعياً مثل الدورة الشمسية، أو اندلاع البراكين، أو نتيجة للأنشطة البشرية، مثل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن الصناعة، أو مصادر الطاقة الأحفورية، أو الاستخدام غير الرشيد للأراضي.

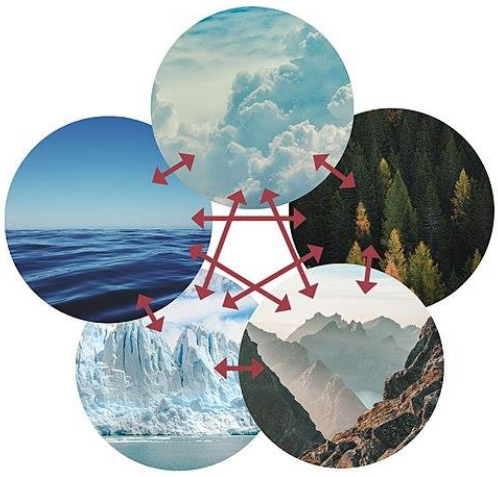
تعرّف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) تغيّر المناخ على أنّه تغيير في حالة المناخ الذي يمكن تحديده بالتغييرات الحاصلة في متوسطها و/ أو تباينها (على سبيل المثال ، باستخدام الاختبارات الإحصائية)، والتي تستمر لفترة طويلة عادةً لعقود أو أطول.

يتأثر المناخ العالمي بالعديد من العوامل المتفاعلة التي تشكّل نظام المناخ، الذي يعتبر في حدّ ذاته معقّداً للغاية، يتألف نظام المناخ من خمسة مكونات رئيسة هي:

- **الغلاف الجوي (Atmosphere) :** عبارة عن طبقة من الغاز، أو طبقات من الغازات التي تغلّف كوكب الأرض، ويتم تثبيتها في مكانها بفعل الجاذبية.
- **الغلاف المائي أو المحيط (Ocean):** يشمل كل المياه السطحية، والجوفية السائلة، والعذبة والمالحة، التي تشمل الأنهار، والمحيطات، والبحيرات، وطبقات المياه الجوفية والبحار. حيث أن ما يقارب 70 في المائة من سطح الأرض تغطّيه المحيطات.
- **الغلاف الجليدي (Cryosphere):** يمثل تلك الأجزاء من سطح الأرض المغطاة بالثلوج والجليد في الغالب، يلعب هذا الغلاف دوراً مهماً في نظام المناخ، بسبب الانعكاس عالي البياض الوارد من الإشعاع الشمسي.
- **الغلاف الصخري (Lithosphere or land surface):** يشمل سطح الأرض أو الغطاء النباتي السطحي، والتربة التي تلعب أدواراً مهمة في تدفق الهواء فوقها، وامتصاص الطاقة الشمسية والدورة المائية.
- **المحيط الحيوي (Biosphere)** : يمثل الجزء الذي يشمل الحياة البرية والبحرية، ويلعب دوراً أساسياً في دورة الكربون العالمية بشكل رئيسي من خلال التمثيل الضوئي للنباتات، الذي يساهم بصفة كبيرة في امتصاص الكربون (Thompson, 2021).

يمكن تلخيص المكونات الخمس لنظام المناخ في الشكل التالي:

الشكل (01): مكونات النظام المناخي الخمسة وكيفية تتفاعلها.



المصدر: (2022/06/17) https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_system

ينشأ مناخ الأرض من تفاعل المكونات الخمسة للنظام المناخي المذكورة أعلاه، ويعتبر المناخ متوسط الطقس عادة على مدى 30 عاماً، ويُحدّد من خلال مجموعة من العمليات في النظام المناخي، مثل تيارات المحيط وأنماط الرياح، الدوران في الغلاف الجوي والمحيطات، حيث تسبّب هذه العوامل في المقام الأول حركة الإشعاع الشمسي، وتنقل الحرارة من المناطق الاستوائية إلى المناطق التي تتلقى طاقة أقل من الشمس. كما أن الدورة المائية تنقل الطاقة لنظام المناخ. بالإضافة إلى ذلك يتم إعادة تدوير العناصر الكيميائية المختلفة الضرورية للحياة باستمرار بين المكونات الخمسة المختلفة.

3.2.غازات الاحتباس الحراري وآلية تأثيرها على المناخ

تعتبر الطاقة المستمدة من الشمس بمثابة المحرك الأساسي لمناخ الأرض، حيث تنعكس معظم طاقة الشمس التي تصل إلى الأرض في الفضاء، ولكن بعضها مُحاصر من قبل الغازات الموجودة في الغلاف الجوي لأنها تشع عائدة من سطح الأرض، وهو مايعرف بتأثير غازات الاحتباس الحراري، الذي يسخّن الأرض كونها محيطة بالغلاف الجوّي، مما يرفع من متوسط درجة الحرارة العالمية بحوالي 14 درجة مئوية، وهي أكثر دفئاً بنحو 30 درجة مئوية مما يمكن أن تكون عليه. يعمل النشاط البشري، خاصة ما تعلّق بتراجع الغابات، والصناعات الملوثة، والوقود الأحفوري وتغيير استخدام الأراضي منذ الثورة الصناعية على تغيير التوازن الطبيعي لغازات الاحتباس الحراري، مما يؤدي إلى زيادة تركيزها في الغلاف الجوي وزيادة تأثير الاحتباس الحراري، مما يؤدي إلى زيادة درجة الحرارة العالمية، والتغيرات الأخرى في المناخ (Thompson, 2021). وفي ما يلي عرض لغازات الاحتباس الحراري الرئيسة التي تحدث بشكل طبيعي، أو غير طبيعي وهي:

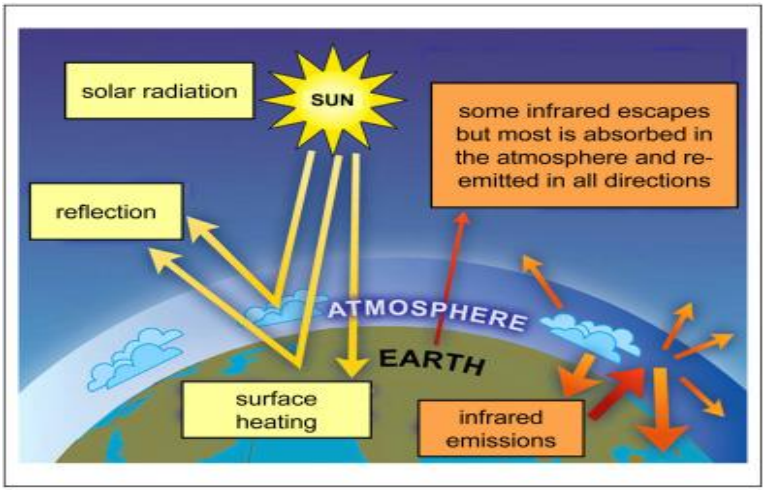
- **غاز ثاني أكسيد الكربون (CO2):** يعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون المسؤول الرئيس عن ظاهرة الاحتباس الحراري، ويبلغ عمره في الغلاف الجوي ما بين 50 و 200 سنة أو أكثر. زادت مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنحو **45** في المائة مما كانت عليه قبل الثورة الصناعية، تُظهر الأدلّة المستمدة من عينات اللُب الجليدي[2]، والتي تعطي نظرة ثاقبة لمستويات ثاني أكسيد الكربون التي تعود إلى مئات الآلاف من السنين، أن التركيزات الآن هي أعلى مما كانت عليه في أي نقطة في آخر 800000 عام (Thompson, 2021). يدخل ثاني أكسيد الكربون الغلاف الجوي إلى حد كبير من خلال تراجع الغابات، التلوث الصناعي، وحرق الوقود الأحفوري بما في ذلك الفحم والغاز الطبيعي والنفط.
- **غاز الميثان (CH4):** يمثل غاز الميثان أحد الغازات الدفيئة، وينشأ بشكل طبيعي أو غير طبيعي. يبلغ متوسط عمره في الغلاف الجوي حوالي 12 عامًا. تتجاوز التركيزات في الغلاف الجوي الآن مستويات ما قبل الثورة الصناعية بنحو 150 في المائة. تأتي انبعاثات غاز الميثان من صنع الإنسان بشكل أساسي من خلال أنشطة استخراج الغاز الطبيعي، ومصادر رئيسة أخرى، بما في ذلك مكبات النفايات، والثروة الحيوانية، والممارسات الزراعية غير المسؤولة. يعتبر غاز الميثان أكثر فعالية في حبس الحرارة بما يقارب 25 مرة من ثاني أكسيد الكربون، مما يجعله من غازات الدفيئة شديدة التأثير على التغيّرات المناخية.
- **غاز أكسيد النيتروز (N2O):** يعرف أيضا بأكسيد النيتروجين الثنائي أو أحادي أكسيد ثنائي النيتروجين، زادت تركيزات أكسيد النيتروز في الغلاف الجوي بنحو 20 في المائة عن مستوياته في 1750م. تنبع انبعاثات أكسيد النيتروز إلى حد كبير من الزراعة، ومصادر التربة، وأنشطة الوقود الأحفوري. يمكن أن يؤدي التحلل الضوئي لأكسيد النيتروز في الغلاف الجوي إلى استنفاد أوزون الستراتوسفير[3] (Stratosphere)، ويبلغ متوسط العمر الافتراضي له في الغلاف الجوي 120 عاماً.

يتكون حوالي 0.1 في المائة فقط من الغلاف الجوي من غازات الاحتباس الحراري هذه، ويتكون الباقي بشكل رئيس من النيتروجين (حوالي 78 في المائة)، والأكسجين حوالي (21 في المائة)، والأرجون (حوالي 0.9 في المائة). على الرغم من الندرة النسبية لهذه الغازات في الغلاف الجوي، إلا أن غازات الاحتباس الحراري لها تأثير كبير على نظام المناخ، وتوازن طاقة الأرض من خلال حبس الحرارة داخل الغلاف

[2] اللب الجليدي أو نوى الجليد هو عينة أساسية يتم إزالتها من جبل جليدي مرتفع بسبب تراكم الثلوج وله أهمية بالغة في دراسة التغير المناخي.
[3] طبقة الستراتوسفير أو المتكور الطبقي أو الغلاف الجوي الطبقي هي إحدى طبقات الجو العليا التي تعلو طبقة التروبوسفير، وتمتد من ارتفاع 18 كيلومتر إلى نحو 50 كم فوق سطح البحر، وهي طبقة من الهواء الرقيق تجتاحها الرياح العاتية (الموسوعة الحرّة).

الجوي. نعرض فيما يلي الشكل (02) الذي يوضّح كيفية تأثيرغازات الاحتباس الحراري على كوكب الأرض (Thompson, 2021).

الشكل (02): كيفية تأثير غازات الاحتباس الحراري على كوكب الأرض



المصدر: (2022/09/07)https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160932716300308

يبدو من الشكل (02) أن زيادة غازات الاحتباس الحراري تعتبر بمثابة طبقة عازلة لأشعة الشمس (جهة اليمين)، في حين أنه في ظل الحجم الطبيعي لغازات الاحتباس الحراري تصل أشعة الشمس بطريقة طبيعة لسطح الأرض (جهة اليسار)، على عكس الحالة الأولى. يوجد جانبين للجدل في علاقة الاحتباس الحراري بالانبعاثات الكربونية، يجادل الجانب الأول في أنّه لا توجد علاقة بين الاحتباس الحراري وثاني أكسيد الكربون، يعتقد رواد هذا التوجّه بأن قياس تأثير النشاط البشري على المناخ صعب ومعقد ولا يمكن التوفيق بينهما مع فكرة أن ثاني أكسيد الكربون هو المساهم الأساسي في ظاهرة الاحتباس الحراري[4]. يجادل الجانب الآخر بأن ثاني أكسيد الكربون هو السبب الرئيسي الاحتباس الحراري العالمي.

4.2.آثار مخاطر التغيّرات المناخية ذات الطابع البيئي، والاجتماعي والاقتصادي

تمت ملاحظة آثار تغير المناخ على كل من النظم الطبيعية والبشرية في العقود الأخيرة، تمثّلت في تغيّرات التنوع البيولوجي، أنماط الهجرة والأنشطة الموسمية، والتغيرات في الدورات الهيدرولوجية والكيميائية، وكذلك التغييرات في مكونات النظام المناخي (مثل الغلاف الجوي، المحيط والغلاف الجليدي). تقدر الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن متوسط ارتفاع درجة الحرارة بحوالي 1.5 درجة مئوية على المستوى العالمي، قد تضع درجة الحرارة مابين 20-30 في المائة كوكب الأرض في مخاطر بيئية عالية (Thompson, 2021).

يؤثر تغيّر المناخ أيضاً على النظم البشرية والمجتمع، سواء بشكل مباشر أو من خلال تأثيره على النظم الطبيعية التي تساعد دعم واستدامة حياة الإنسان. على الرغم من أنّ تغير المناخ سوف يصيب الجميع، وقد يشعر الكثير بآثاره بشكل غير متناسب خاصة في الدول النامية. هذه الأخيرة ربما هي الأكثر تضرّراً من تغير المناخ كونها الأقل مسؤولية. تشير تقديرات تقرير منظمة أوكسفام (Oxfam) بشأن عدم المساواة الشديدة في الكربون، أن أغنى 10 في المائة من سكان العالم هم المسؤولون عن حوالي 51 في المائة من

[4] Environmental Protection Agency Administrator Scott Pruitt said : "**I think that measuring with precision human activity on the climate is something very challenging to do and there's tremendous disagreement about the degree of impact, so no, I would not agree that it's a primary contributor to the global warming that we see**," he told CNBC's " EPA chief Scott Pruitt says CO2 not a primary contributor to warming (cnbc.com) visited 19/09/2022".

غازات الاحتباس الحراري، وعلى النقيض من ذلك، فإن أفقر نصف سكان العالم مسؤولون عن حوالي 10 في المائة من الانبعاثات، لكنهم الأكثر عرضة للمخاطر من قبل الظواهر الجوية غير الطبيعية، والآثار الأخرى لتغير المناخ. تشمل هذه الآثار، على سبيل المثال لا الحصر، ما يلي.

- **الآثار على الزراعة:** تتوقع الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ زيادة في تأثير الظواهر الجوية المتطرفة، وزيادة موجات الجفاف، والحرارة المؤدية إلى تدهور التربة وتراجع المياه، وانخفاض غلاّت المحاصيل، والثروة الحيوانية، وآثارها على نظم الري. كما تتوقع أن يتأثر إنتاج المحاصيل الرئيسية بشكل كبير (مثل القمح ، الأرز، والذرة في كل من المناطق الاستوائية والمعتدلة)، على الرغم من أن البعض المواقع الفردية قد تستفيد من هذه التغيرات.
- **الآثار على تربية الأحياء المائية:** وفقًا للصندوق العالمي للطبيعة والمحيطات والحياة البحرية (WWF)، يشهد المناخ بالفعل تغييرات واسعة النطاق تتجسد في احتباس حراري قدره 1 درجة مئوية، مع توقع حدوث عتبات حرجة قد تصل إلى 1.5 درجة مئوية أو أكثر. تشهد الشعاب المرجانية انخفاضاً بالفعل، ومن المتوقع أن تنخفض بنسبة ما بين 70 و90 في المائة على هذا المستوى من الاحتباس الحراري. مع ارتفاع درجة حرارة الأرض بمقدار 2 درجة مئوية ، سوف تتراجع الشعاب المرجانية، التي يعتمد ما يقرب من نصف مليار شخص على أسماكها كمصدر غذاء رئيس، وفق ما تشير له التقديرات في هذا الشأن وفق نفس المصدر.
- **الآثار على الحصول على الماء:** تشير التقديرات إلى أن ما يقرب من 2 مليار شخص يعيشون في الوقت الحالي في مناطق من العالم ذات ندرة في المياه النظيفة والعذبة، ومن المتوقع أن يرتفع هذا العدد إلى ما يقارب 3 مليار شخص بحلول 2025. يؤدي تغير المناخ والاحتباس الحراري إلى تقليل فرص الحصول على المنتجات الطازجة بسبب ندرة المياه وزيادة الجفاف، وتراجع منسوب البحيرات وغيرها من المسطّحات المائية العذبة (Thompson, 2021).
- **الآثار على النزوح والهجرة:** تقدر الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أنه بحلول عام 2050، سوف يصل عدد الأفراد الراغبين في الهجرة إلى 150 مليون فرد بسبب آثار تغير المناخ على المناطق والبلدان والمناطق التي يعيشون فيها حاليًا.
- **الآثار على الصحة:** يمكن أن يكون للاحتباس الحراري تأثيراً مباشراً أوغير مباشر على معدلات الوفيات سواءً من خلال تراجع المحاصيل والثروة الحيوانية، وانخفاض الوصول إلى المياه النظيفة، أو من خلال الزيادات في معدلات انتقال الأمراض المعدية، والتي قد تصبح أكثر انتشاراً مع زيادة الاحتباس الحراري على المستوى العالمي.
- **الممتلكات والبنية التحتية:** قد يكون لارتفاع مستوى سطح البحر تأثيراً كبيراً على السواحل في كل من الدول النامية والمتقدمة، مما يؤثر على أصحاب المباني الصغيرة للفقراء، وعلى الممتلكات والمستثمرين في القطاع العقاري والمستأجرين في نهاية المطاف. قد تؤثر الأحداث غير العادية على الممتلكات والبنية التحتية بطرق أخرى؛ فقد تحتاج المباني إلى تشييدها، وتعديلها أو إصلاحها لتحمّل العواصف الشديدة، والأمطار الغزيرة، وأنواع أخرى من الطقس القاسي.
- **الآثار على الأمان والاستقرار الاجتماعي:** يمكن أن يكون لتغير المناخ تأثيراً كبيراً على الكثير من الجوانب الهامة للنظم البشرية والمجتمع، وكذلك الحصول على الغذاء، والماء، والصحة والممتلكات. في ظل هذه الظروف غير الطبيعية، وندرة الاحتياجات الأساسية للمجتمع، تتنافس المجتمعات على ندرة الموارد، يمكن أن ينشأ الصراع أو يتفاقم داخل أو بين النظم البشرية والمجتمع. تكون هذه التغيرات

مهمة بشكل خاص عندما يؤدي تغير المناخ أيضاً إلى نتائج جوهرية خاصة ما تعلق بالنزوح والهجرة داخل أو بين البلدان، والمناطق وما لهما من آثار (Thompson, 2021).

5.2.المخاطر المتوقعة لنظام المناخ وفق (IPCC)

تهدف تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) إلى توفير المعلومات العلمية للحكومات العالمية، وغيرها من الجهات التي تحتاج إلى تطوير سياسات مناخية قائمة على الأدلّة، فضلاً عن دعم مفاوضات المناخ الدولية. تشمل المخرجات تقارير التقييم (التي تُنشر على فترات تتراوح من خمس إلى ثماني سنوات) ، بالإضافة إلى تقارير خاصة حول مواضيع محددة تتعلق بتغير المناخ. أكملت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ منذ تشكيلها خمس دورات تقييم وهي حاليًا في الدورة السادسة.

1.5.2. مخاطر التغيرات المناخية المتوقعة على المدى القريب (2021-2040)

قدمت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تقريراً نُشر في 27 فبراير 2022 (التقييم السادس (AR6))، يحتوي التقرير على العديد من التوقعات المناخية بناءً على مسارات تركيز محددّة (RCPs)، وسيناريوهات مستقبلية بديلة على المدى القصير، والمتوسط، والطويل إلى غاية عام 2100، تشمل السيناريوهات سيناريو انبعاثات منخفضة (ذو الرمز RCP2.6)، يتميز هذا السيناريو بتخفيضات كبيرة في الانبعاثات، ويهدف السيناريو إلى الحد من الاحتباس الحراري، وافتراض أن متوسط انبعاثات غازات الاحتباس الحراري يبلغ ذروته في الفترة 2010-2020 وينخفض بعد ذلك بشكل كبير(IPCC, 2022).

يشير تقرير التقييم السادس، أن الاحتباس الحراري على المستوى العالمي، الذي يصل إلى 1.5 درجة مئوية على المدى القريب، وهذا من شأنه أن يتسبب في زيادات لا مفر منها في المخاطر المناخية المتعددة، ويشكّل هذا التغيّر مخاطراً متعددة في النظم الإيكولوجية والبشرية[5]. يعتمد مستوى المخاطر على الاتجاهات قريبة المدى، والتأثيرات على مستوى التنمية الاجتماعية والاقتصادية والتكيّف. كما أنه من شأن الإجراءات قصيرة المدى التي تحد من زيادة الاحتباس الحراري إلى ما يقارب من 1.5 درجة مئوية أن تقلّل بشكل كبير من الخسائر والأضرار المتوقعة المتعلقة بتغير المناخ في النظم البشرية، والنظم البيئية، مقارنة بمستويات الاحتباس الحراري الأعلى، ولكنه من الممكن القضاء عليها. كما أنه من المتوقع أن يزيد الاحتباس الحراري على المدى القريب، وشدة، ومدة الظواهر غير الطبيعية، مما يضع العديد من النظم الإيكولوجية الأرضية، والمياه العذبة، والساحلية والبحرية في مخاطر عالية، لدرجة فقدان التنوع البيولوجي. تشير توقعات المخاطر على المدى القريب إلى فقدان التنوع البيولوجي من احتمال متوسط إلى عالي في النظم الإيكولوجية للغابات، وعشب البحر، والنظم الإيكولوجية للأعشاب البحرية، ومن احتمال مرتفع إلى مرتفع جدًا في الجليد البحري في القطب الشمالي، والنظم الإيكولوجية الأرضية والشعاب المرجانية في المياه الدافئة. في ظل هذا السيناريو سوف يتعدى ارتفاع مستوى سطح البحر المستمر والمتسارع على المستوطنات الساحلية والبنية التحتية باحتمالات عالية. سيزداد تدريجياً عدد الأشخاص المعرضين لمخطر تغير المناخ، وما يرتبط به من فقدان للتنوع البيولوجي، إضافة إلى نشوب الصراع العنيف، وزيادة أنماط الهجرة، وعلى المدى القريب، ستكون المخاطر المرتبطة بالظروف الاجتماعية والاقتصادية، والحوكمة أكثر من تغير المناخ (IPCC, 2022).

2.5.2. مخاطر التغيرات المناخية على المدى المتوسط والطويل (2041 - 2100)

يرى خبراء الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أنه بعد عام 2040، في ظل زيادة مستوى الاحتباس الحراري، سيؤدي تغير المناخ إلى مخاطر عديدة على النظم الطبيعية والبشرية، تم حصر المخاطر الرئيسة

[5] النقطة (B-3).

في 127 مخطراً، أما التأثيرات متوسطة وطويلة المدى التي تم تقييمها قد تصل إلى عدة أضعاف أعلى مما تم ملاحظته حالياً. يعتمد حجم ومعدل تغير المناخ، والمخاطر المرتبطة به بصورة كبيرة على إجراءات التخفيف، والتكيف على المدى القريب، وتتصاعد الآثار السلبية المتوقعة، والخسائر والأضرار ذات الصلة مع زيادة الاحتباس الحراري.

ورد في التقرير في الجزء الخاص **بفقدان التنوع البيولوجي**[6]، أن تدهور النظم البيئية وأضرارها وتحوّلها هي بالفعل مخاطر رئيسة لكل منطقة بسبب الاحتباس الحراري العالمي السابق، وستستمر في الارتفاع مع كل زيادة في ظاهرة الاحتباس الحراري. مخاطر الانقراض عالية جدا من المتوقع أن تتضاعف مخاطر الأنواع المستوطنة في النقاط الساخنة للتنوع البيولوجي على الأقل من 2 في المائة بين 1.5 درجة مئوية و2 درجة مئوية لمستويات الاحتباس الحراري العالمي، وبزيادة عشرة أضعاف على الأقل إذا زاد الاحتباس الحراري من 1.5 درجة مئوية إلى 3 درجات مئوية (IPCC, 2022).

يشير التقرير إلى **المخاطر المتعلقة بالمياه وتوافرها**، ومن المحتمل أن تستمر هذه المخاطر في الزيادة على المدى المتوسط والطويل في جميع المناطق التي شملها التقييم، مع وجود مخاطر أكبر عند ارتفاع مستويات الاحتباس الحراري. من المتوقع أن ينخفض توافر المياه الناجمة عن الذوبان للري في بعض أحواض الأنهار المعتمدة على ذوبان الجليد بنسبة تصل إلى 20 في المائة، ومن المتوقع أن يؤدي فقدان كتلة الأنهار الجليدية العالمية بنسبة ما بين 13 و18 في المائة إلى تقليل توافر المياه للزراعة والطاقة المائية، والمياه للمناطق البشرية على المدى المتوسط والطويل وذلك عند ما يقارب 2 في المائة درجة مئوية من الاحتباس الحراري[7]. سوف تتفاقم تحديات إدارة المياه على المدى القريب، والمتوسط، والطويل، اعتماداً على حجم، ومعدل، وتفاصيل المنطقة، وتغير المناخ في المستقبل، وسيشكل مخطر توافر المياه تحدياً كبيراً (IPCC, 2022).

وفق ما ورد في التقرير، سيؤدي تغيّر المناخ إلى **زيادة الضغط على إنتاج الغذاء والوصول إليه**[8]، لا سيما في المناطق المعرضة للمخاطر، التي ستشهد تراجعاً في الأمن الغذائي وجودة التغذية. ستكون مخاطر الأمن الغذائي بسبب تغير المناخ أكثر حدة من سوء التغذية. يتركّز خطر نقص الغذاء في أفريقيا، وجنوب الصحراء الكبرى، وجنوب آسيا، وأمريكا الوسطى والجنوبية، والجزر الصغيرة. سيؤدي الاحتباس الحراري العالمي إلى إضعاف جودة التربة، وخدمات النظم الإيكولوجية مثل التلقيح، وزيادة الآفات، والأمراض، وتراجع الثروة الحيوية للحيوانات البحرية، وتراجع إنتاجية الغذاء في العديد من المناطق، كما ستتوسع المناطق المعرضة للمخاطر المرتبطة بالمناخ تفاقماً لمخاطر الأمن الغذائي في ظل ارتفاع الاحتباس الحراري بدرجة أكثر من درجتين مئويتين مع تفاوت في المناطق.

أشار التقرير أن تغير المناخ سيؤدي **إلى زيادة كبيرة في تدهور القطاع الصحي**، وما ينجم عنه من زيادة في عدد الوفيات على المدى المتوسط والطويل. من المتوقع أن يؤدي تعرض السكّان لموجات حرّ ناجمة عن زيادة الاحتباس الحراري الإضافي، إلى زيادة في عدد الوفيات المرتبطة بالحرارة، مع بعض الاختلافات في المناطق الجغرافية. كما أنه من المتوقع أن تزداد مخاطر الأمراض الناجمة عن الأغذية التي تنقلها المياه، أو عوامل أخرى، في ظل مستويات الاحتباس الحراري العالية. على وجه الخصوص، ستزداد المخاطر مع المواسم الأطول، والتوزيع الجغرافي الأوسع في آسيا، وأوروبا، وأمريكا الوسطى والجنوبية وأفريقيا جنوب الصحراء، ومن المحتمل أن تضع هذه المخاطر أعداداً إضافية كبيرة من الأشخاص عرضة للمخاطر بحلول نهاية القرن. من ناحية أخرى تحديات الصحة العقلية، بما في ذلك القلق والإجهاد ، من

[6] القسم (SPM.B.4.1).
[7] القسم (SPM.B.4.2).
[8] القسم (SPM.B.4.3).

المتوقع أن تزداد تحديات الصحة العقلية خاصة بالنسبة للأطفال، المراهقين وكبار السن، والذين يعانون من ظروف صحية صعبة في ظل زيادة معدّلات الاحتباس الحراري في جميع المناطق التي تم تقييمها (IPCC, 2022).

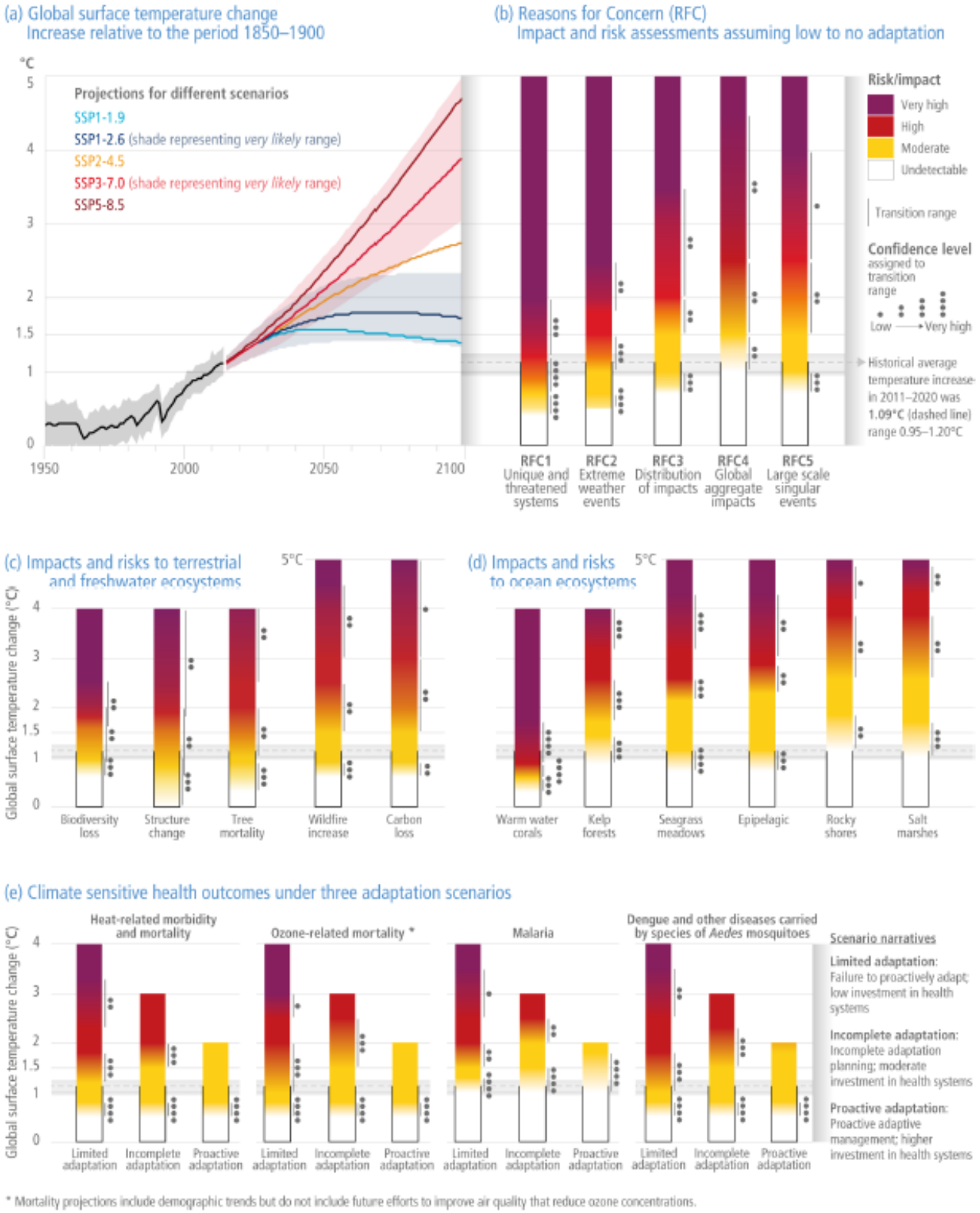
ورد في التقرير أن مخاطر **تغير المناخ على المدن، والمستوطنات والبنية التحتية** سترتفع بسرعة على المدى المتوسط والطويل في ظل زيادة الاحتباس الحراري، هذا الأخير من الممكن أنه سيؤدي إلى تعرّض ما يقرب من مليار شخص لمخاطر المناخ الساحلي المحدد الأخطار على المدى المتوسط، في ظل جميع السيناريوهات، خاصة في الأماكن المعرّضة بالفعل لدرجات حرارة عالية، والمناطق الساحلية، أو التي بها نقاط ضعف عالية على الصعيد العالمي. يُحتمل أن يتعرض السكان لفيضان ساحلي نتيجة الزيادة المتوقعة بنحو 20 في المائة لمستوى سطح البحر، إذا كان هذا الأخير يرتفع بمقدار 0.15 متر مقارنة بمستويات عام 2020 ؛ يتضاعف هذا العدد عند ارتفاع 0.75 متر في متوسط مستوى سطح البحر، ويتضاعف ثلاث مرات عند 1.4 متر دون تغير في العدد السكاني وأنشطة تكيّف إضافية. يعتبر ارتفاع مستوى سطح البحر تهديداً وجودياً لبعض الجزر الصغيرة، وبعض السواحل المنخفضة بحلول عام 2100، ومن المتوقع أن تتراوح قيمة الأصول العالمية في السهول الفيضية الساحلية المستقبلية ما بين 7.9 و 12.7 تريليون دولار أمريكي في إطار السيناريو (RCP4.5)، من المتوقع أن يرتفع هذا الرقم إلى ما بين 8.8 و 14.2 تريليون دولار أمريكي وفق السيناريو (RCP8.5). ستزداد تكاليف صيانة، وإعادة بناء البنية التحتية الحضرية، بما في ذلك البناء، النقل والطاقة مع الاحتباس الحراري العالمي، ومن المتوقع أن تكون الاضطرابات الوظيفية كبيرة، ولا سيما في المدن، والمناطق الساحلية، والبنية التحتية التي تقع في التربة الصقيعية في المناطق الباردة وعلى السواحل (IPCC, 2022).

تشير التقديرات المتوقعة **لصافي الأضرار على المؤشرات الاقتصادية الكلية العالمية الناجمة عن مخاطر التغيّر في المناخ** أنها بشكل عام تزيد بشكل غير خطي مع مستويات الاحتباس الحراري المرتفعة. على نطاق واسع للتقديرات العالمية، في ظل نقص المقارنة بين المنهجيات، لايمكن تحديد مجموعة قوية من التقديرات. يشير وجود تقديرات أعلى مما تم تقييمه في تقرير التقييم الخامس الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (AR5)، إلى أن إجمالي الاقتصاد العالمي قد تأثّر بصفة أعلى من التقديرات السابقة، مع تباين إقليمي كبير في مجموع الأضرار الاقتصادية من مخاطر تغير المناخ المتوقعة، كما أن تقدير الأضرار الاقتصادية غالباً ما يكون بصورة أعلى من نصيب البلدان النامية (IPCC, 2022).

يتوقع التقرير أن مستوى الهجرة والنزوح **مع كثافة هطول الأمطار الغزيرة والفيضانات، والأعاصير المدارية، والجفاف، وارتفاع مستوى سطح البحر** سيزداد على المدى المتوسط إلى الطويل[9]، قد تحدث مستويات تدريجية من الاحتباس الحراري والهجرة غير الطوعية من المناطق التي تتعرض بصفة عالية للمخاطر وذات القدرة القليلة على التكيف. مقارنة بالعوامل الاجتماعية والاقتصادية الأخرى تأثير المناخ على النزاع ضعيف نسبيًا، وعلى المدى الطويل المسارات الاجتماعية والاقتصادية ذات الدوافع غير المناخية قليلة، وسينخفض خطر نشوب نزاع عنيف. أما على المستوى العالمي في ظل مستويات الاحتباس الحراري العالية، وتأثيرات الطقس والمناخ، ولا سيما الجفاف، ستؤثر مخاطر التغيرات المناخية بشكل متزايد على الصراع العنيف داخل الدول (IPCC, 2022). يمكن تلخيص مخاطر التغيرات المناخية وفق السيناريوهات سالفة الذكر في الشكل التالي:

[9] أنظر القسم SPM.B.4.7 في تقرير التقييم السادس.

الشكل (03): المخاطر الإقليمية والعالمية لارتفاع مستويات الاحتباس الحراري وفق (IPCC)



المصدر: (IPCC, 2022, P35)

3. المخاطر المالية الناجمة عن التغيرات في المناخ وقنوات انتقالها

يحظى القطاع المالي بتأثير كبير على البيئة، سواءً بصفة مباشر من خلال عمليات البنوك، وشركات الاستثمار، وشركات التأمين، وشركات الخدمات المالية الأخرى، أو بشكل غير مباشر من خلال خيارات الاستثمار، عن طريق تمويل الأنشطة عالية الانبعاث الكربوني، والأنشطة منخفضة الانبعاث كالطاقة المتجددة والنقل النظيف. من ناحية أخرى يمكن أن يتعرّض القطاع المالي أيضًا لتأثيرات بيئية، ناجمة عن تغير المناخ، والتي يمكن أن تخلق ليس مخاطراً كبيرة، بل وفرصاً كبيرةً أيضاً. تشمل المخاطر الرئيسة تلك الأصول المتعثرة وتلف الموجودات، في حين يمكن أن تنشأ الفرص من دعم الانتقال إلى عالم مستدام ومنخفض الكربون، مثل الاستثمار في أصول المناخ، أو ابتكار منتجات لإدارة مخاطر تغيّر المناخ الذي هو موضوع هذه الورقة.

تؤثر المخاطر الناجمة عن التغيّر في المناخ بشكل مباشر و/أو غير مباشر على المؤسسات المالية والمصرفية، وعلى القطاع المالي بصفة عامة، سواء من خلال قنوات انتقال تنشأ في الغالب من نوعين مختلفين من العوامل الدافعة لمخاطر التغيّر في المناخ. قد يتحمّل القطاع المالي التكاليف الاقتصادية والخسائر المالية الناتجة عن زيادة شدة وتواتر العوامل المؤدية إلى مخاطر التغيّر في المناخ، وهو مايعرف بالعوامل الدافعة للمخاطر المادية، كما قد يتحمل القطاع المالي مخاطر انتقالية أو غير مادية تكون في العادة ناجمة عن سياسات وممارسات مثل الإجراءات الهادفة إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تمثل أحد أهم انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، تولّد هذه الممارسات العوامل الدافعة لمخاطر التحول، والتي قد تنشأ كذلك من خلال التغيّر في السياسات الحكومية أو التطورات التقنية أو معنويات المستثمرين والمستهلكين. كما أنها قد تولّد تكاليفاً وخسائر كبيرة للبنوك، وللنظام المصرفي ككل. يعتبر تأثير العوامل الدافعة للمخاطر المادية للمناخ على المخاطر المالية للبنوك معقّد، وهو محل اهتمام الأبحاث الحالية لكيفية دراستها، من قبل المؤسسات المالية الدولية والأبحاث الأكاديمية (بنك التسويات الدولية). تركّز أغلب الأبحاث الحالية إلى حد كبير على تأثير تغير المناخ على الاقتصادات بدلاً من القطاع المالي والبنكي. في إطار البحث الذي يركز على البنوك، سعت العديد من الدراسات إلى تحليل كيف تؤدي العوامل الدافعة لمخاطر المناخ إلى مخاطر مالية[10]. ليبقى السؤال المطروح كيف يمكن للتغيرات المتعلقة بالمناخ أن تنقل المخاطر المالية إلى القطاع المالي والبنكي؟

1.3.أنواع المخاطر المالية الناجمة عن التغيرات المناخيّة

تشترك أغلب الدراسات (BIS، NGFS, TCFD، معهد ماكنيزي) في تصنيفها للمخاطر المالية الناجمة عن التغيرات المناخية إلى مخاطر مادية ومخاطر انتقالية.

1.1.3. المخاطر المادية

تنشأ هذه المخاطر عن التغيرات في الطقس والمناخ، ومن شأنها أن تؤثر على الاقتصاد، ومن ثمة على القطاع المالي.

[10] في عام 2006 ، أصدر الاقتصادي نيكولاس ستيرن 700 صفحة استعراض تقييم المخاطر الاقتصادية لتغير المناخ على المملكة المتحدة. قدر ستيرن أن اتباع نهج العمل كالمعتاد (دون اتخاذ مزيد من الإجراءات للتخفيف من تغير المناخ) من شأنه أن يؤدي إلى انخفاض لا يقل عن 5 في المائة في الإجمالي الناتج المحلي الإجمالي ، والذي يمكن أن يرتفع إلى 20 في المائة أو أكثر. جادل ستيرن بأن تكاليف العمل المبكر بشأن المناخ كانت هذه السلبية المحتملة ترجح على التغيير بكثير التأثيرات ، التي قارنها بتأثير عالم القرن العشرين الحروب.

2.1.3. مخاطر التحول

تنشأ هذه المخاطر عن التحول إلى اقتصاد منخفض الكربون، وما ينجم عنه من تشريعات وسلوكيات للمستثمرين والمستهلكين، وكذلك التحوّل الرقمي وما له من آثار.

2.3.العوامل الدافعة للمخاطر المادية الناجمة عن التغيرات المناخيّة

تتمثل العوامل الدافعة للمخاطر المادية في التغيرات الحاصلة في كل من الطقس والمناخ، التي تؤثر على الاقتصادات، سواءً بصورة حادّة واستثنائية أو بصورة دورية. ترتبط المخاطر الحادّة بتغيرات الطقس والمناخ غير العادية[11]، أما المخاطر المتكررة فترتبط بالتحولات التدريجية في المناخ. تظهر هذه الدوافع في الفاصل الزمني الكبير، وقد تختلف أيضًا في التكرار والشدة (Basel, 2021b)، كما أنه من الصعب التنبؤ بها في حين أن النشاط البشري والقرارات تؤثر على التعرض لمخاطر المناخ المادية يمكن التحكم في موقع وتوقيت وحجم الأحداث المادية المحددة[12].

1.2.3. العوامل الدافعة للمخاطر المادية الحادة

تتكون المخاطر المادية الحادة بشكل عام من موجات الحر الحادّة، والفيضانات، وحرائق الغابات والعواصف، بما في ذلك الأعاصير، فضلاً عن هطول الأمطار الشديد. يتسبب هذا النوع من المخاطر في خسائر مالية كبيرة، ومتكررة للقطاع المالي، وفي بعض الحالات قد ينتج عنها افلاس لشركات التأمين، والمصارف مما ينعكس على استقرار النظام المالي ككل (Basel, 2021b).

2.2.3. العوامل الدافعة للمخاطر المادية الدورية

تشمل المخاطر المادية الدورية ارتفاع متوسط درجات الحرارة، وارتفاع مستوى سطح البحر، وتلوث المحيطات. قد تؤدي درجات الحرارة المرتفعة في الفترات الطويلة إلى زيادة تطور الأحداث المناخية الدورية، وبالتالي تؤثر على النظام الإيكولوجي، والزراعة على وجه الخصوص، وارتفاع مستويات الهجرة[13] وزيادة مخاطر الأزمات الإنسانية، مما ينعكس على الاقتصادات ومن ثمة على القطاع المالي.

يعتبر تغيّر المناخ ظاهرة عالمية، والمخاطر المادية غير متجانسة جغرافيّاً بين الدول والمناطق، لكن الطريقة التي تؤثر بها المخاطر المادية على الاقتصادات ستختلف اعتماداً على الموقع الجغرافي، حيث تظهر المناطق المختلفة أنماطاً مناخية متميزة ومستويات تنمية كذلك. لذلك يُتوقع أن تتأثر بعض المناطق بشدة أكثر من غيرها لأنها أكثر تعرضاً لأنواع معينة من كوارث التغيّرات المناخية.

نعرض فيما يلي عرض بعض الأمثلة عن المخاطر المادية وكيفية انتقالها (Basel, 2021b).

---

[11] أسفرت الكوارث الطبيعية العالمية ، التي كان 60٪ منها تقريبًا عن أرصاد جوية ومناخية ، عن خسائر بلغت حوالي 5.2 تريليون دولار بين عامي 1980 و 2018 ، وتتجه أرقام الخسائر هذه نحو الارتفاع

[12] تم تحديد أمثلة على محركات المخاطر المادية الحادة والمزمنة التي من المتوقع أن تؤثر أو تؤثر حاليًا (انظر معهد ماكينزي العالمي (2020)) ، والاقتصادات والأسواق في الأصول المالية أقل.

[13] يقدر البنك الدولي (2018) أنه بحلول عام 2050 ، في أمريكا اللاتينية وجنوب آسيا وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى ، يمكن أن يهاجر حوالي 140 مليون شخص داخل بلدانهم من مناطق تقل فيها المياه المتوفرة وتقل غلات المحاصيل.

الجدول رقم (01): أمثلة عن المخاطر المادية الحادّة والدورية وآثارها المالية

طبيعة المخطرالمادي	مثال على المخاطر المادية	مثال على الآثار المالية المحتملة للمخاطر المادية
شديد	انخفاض الإيرادات بسبب تراجع الطاقة الإنتاجية (مثل النقل، وانقطاعات سلسلة التوريد)	انخفاض الإيرادات الناجم عن انخفاض الطاقة الإنتاجية (مثل صعوبات النقل وانقطاع سلسلة التوريد)
دوري	- تغييرات في أنماط هطول الأمطار. - تقلب غير طبيعي في أنماط الطقس. - ارتفاع منسوب مياه البحر.	- زيادة تكلفة رأس المال . - تكلفة استبدال الأصول عالية المخاطر. - توافر التأمين. - زيادة أقساط التأمين وإمكانية خفضها.

المصدر: (Basel, 2021b)

3.3.العوامل الدافعة لمخاطر التحول

تشمل العوامل الدافعة لمخاطر التحوّل، التغيرات المجتمعية الناشئة عن التحول إلى اقتصاد منخفض الكربون. يمكن أن ينشأ هذا النوع من المخاطر عن التغيرات في سياسات القطاع العام، والابتكار والتغييرات في القدرة على تحمل تكاليف التقنيات الحالية؛ أو معنويات المستثمرين والمستهلكين، نحو بيئة أكثر اخضراراً واستدامةً. تتأثر البنوك بهذه التغييرات، كما أن النطاق المتوقع والطبيعة المتزامنة للتغييرات المرتبطة بالانتقال لديها القدرة على جعل التأثير أكبر بكثير مما كان متوقعًا في السابق. قد تختلف الطبيعة المحددة للعوامل الدافعة لهذه المخاطر حسب طبيعة الاقتصاد (Basel, 2021b). نعرض فيما يلي أمثلة عن العوامل الدافعة لمخاطر التحول:

1.3.3. سياسات المناخ

تنص المادة الثانية من اتفاقية باريس لمؤتمر الأطراف (COP 26[14]) أنه ينبغي على الموقعين مواءمة تدفقاتهم المالية مع مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والاحتباس الحراري العالمي، وفقًا لاتفاقية الأمم المتحدة بشأن تغير المناخ. كما اتفقت الأطراف الموقعة على الاتفاقية على اتخاذ تدابير للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من خلال سياسات انتقال الطاقة، وتنظيم مكافحة التلوث، وسياسات الحفاظ على الموارد. وبالتالي أنشأت العديد من الدول عددًا من المبادرات[15]، واقترحت بعضها سياسات متعلقة بالمناخ للحد من انبعاثات غازات الدفيئة (Basel, 2021b)، وهو ما يمثل تحديّا للعديد من الصناعات والدول.

2.3.3. التطورات التقنية

تمثل التقنيات الحديثة محركاً مهماً للنشاط الاقتصادي، فقد تعمل على توفير الطاقة، والنقل منخفض الكربون وزيادة استخدام الوقود غير الأحفوري، أو التقنيات الأخرى التي تساعد في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري لتحقيق أهداف سياسات التوجه الحديث، الذي يمسّ النشاط الاقتصادي بصورة مباشرة أو غير مباشرة، مما ينعكس حتماً على القطاع المالي (Basel, 2021b).

[14] Conference of the Parties, United Nations Climate Change Conference 2021.

[15] في دولنا العربية هنا العديد من المبادرات مثل: مبادرة الشرق الأوسط الأخضر، مبادرة السعودية الخضراء وغيرها من المبادرات، التي سيتم عرضها لاحقا.

3.3.3. معنويات المستثمر

يدمج العديد من المستثمرين القضايا البيئية والمجتمعية والحوكمة، بما فيها مخاطر تغيّر المناخ في قراراتهم الاستثمارية، سواءً إرادياً من خلال الشعور بالمسؤولية البيئية أو بسبب الضغط المتزايد من الجمعيات غير الحكومية، والجمعيات البيئية. هذا التوجّه يؤثر على متغيرات المخاطر، وتقييم الديون، والاستثمارات في الأسهم للشركات المعرضة لتغير المناخ، حيث يقوم المستثمرون بإعادة تقييم قراراتهم الاستثمارية، وفق هذا التوجه الحديث (Basel, 2021b).

4.3.3. التحول في تفضيلات المستهلك والتغيّر في تقييمات السوق

يدفع التحول في السلوك الاستهلاكي إلى الاستهلاك الصديق للبيئة، والوعي المتزايد والطلب الصريح على المنتجات المالية، والاستثمارات الصديقة للمناخ بالشركات والبنوك إلى تعديل استراتيجيات أعمالها وفق هذا التوجّه الحديث، مما يمثل فرصاً استثمارية، ومالية، وحافزاً محتملاً. من جهة ثانية يمثل هذا التوجّه دافعاً لمخاطر التحوّل من خلال التخلي على بعض المنتجات غير الصديقة للبيئة، مما ينعكس على القطاع المالي. كما قد تطلب المؤسسات المالية والمصرفية من العملاء توجيه مدخراتهم أو استثماراتهم نحو المؤسسات ذات السياسات أو المشاريع الأكثر ملاءمة للمناخ ذات الأثر البيئي الإيجابي (Basel, 2021b).

نعرض فيما يلي بعض الأمثلة عن مخاطر التحول وكيفية الانتقال إلى القطاع المالي.

الجدول رقم (02): أمثلة عن مخاطر التحوّل وآثارها المالية

نوع المخطر	مثال على المخاطر	مثال على الآثار المالية المحتملة
السياسة والقانونية	- زيادة تسعير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. - التعرض للتقاضي المناخي.	- زيادة تكاليف التشغيل. - زيادة التكاليف و/ أو انخفاض الطلب على المنتجات والخدمات الناتجة عن الغرامات والأحكام (في الحالات القصوى ، قد يتم حظر بعض المنتجات والخدمات).
التقنية	- استبدال المنتجات والخدمات الحالية بخيارات انبعاثات أقل. - تكاليف الانتقال إلى تقنية ذات انبعاثات أقل.	- عمليات الشطب والتوقف المبكر للأصول القائمة. - تكاليف اعتماد / نشر ممارسات وعمليات جديدة.
السوق	- التحول في تفضيلات المستهلك. - التغيّر في تقييمات السوق.	- انخفاض الطلب على السلع والخدمات بسبب التحول في تفضيلات المستهلك. - إعادة تسعير الأصول .
السمعة	- سمعة القطاعات عالية الكربون. - زيادة اهتمام المساهمين بالاستثمار في القطاعات عالية الكربون.	- انخفاض الإيرادات وارتفاع التكاليف من مزيج من انخفاض طلب العملاء والتأثيرات السلبية على إدارة القوى العاملة والتخطيط (مثل جذب الموظفين والاحتفاظ بهم). - انخفاض في توافر رأس المال.

المصدر: (Basel, 2021b)

تمتاز العوامل الدافعة لمخاطر المناخ ببعض الميزات التي تجعل تطوّرها غير مؤكد إلى حد كبير. فالتغيرات المتعلقة بالمناخ، والسرعة التي تتطور بها، غير مسبوقة لدرجة أنه لا يمكن الاعتماد كثيراً على الخبرة التاريخية لتقييم حجمها أو لتحديد الأنماط. كما يؤدي ذلك إلى ارتفاع مستوى عدم اليقين عند محاولة تقييم

حجم وتوقيت العوامل الدافعة لمخاطر المناخ. كما أنّه من الممكن أيضًا أن تخضع العوامل الدافعة لمخاطر المناخ إلى التنوع الجغرافي بين الدول والمناطق داخل الدولة، لذلك ينبغي أن تأخذ تقييمات المخاطر المناخية في الحسبان المستويات المرتفعة من عدم اليقين، الناجمة عن الافتراضات حول مسارات الانبعاثات المستقبلية، وتأثيرها على المخاطر المادية، والتفاعلات بين الأنظمة الطبيعية، والمسارات المستقبلية للسياسات، والتقدم التكنولوجي ومعنويات المستهلك والسوق.

4.3.قنوات إنتقال المخاطر الناجمة عن التغيرات المناخيّة إلى القطاع المالي والمصرفي

تمثل قنوات إنتقال المخاطر الناجمة عن التغيرات المناخيّة إلى القطاع المالي والمصرفي سلاسل سببية تربط العوامل الدافعة لمخاطر المناخ بالمخاطر المالية التي تواجه البنوك، والقطاع المالي والمصرفي، كما يمكن اعتبارها الطريقة التي من خلالها أن ينتقل مخطر تغير المناخ كمصدر للمخاطر المالية. وفقا لتقرير بنك التسويات الدولية (Basel, 2021b) يمكن تقسيم قنوات الإنتقال إلى قنوات على مستوى الاقتصاد الجزئي قنوات على مستوى الاقتصاد الكلي.

1.4.3. قنوات الإنتقال على مستوى الاقتصاد الجزئي

تشمل قنوات انتقال الاقتصاد الجزئي العوامل السببية التي تؤثر بواسطتها عوامل مخاطر المناخ على الأطراف المقابلة للبنوك، مما قد يؤدي إلى مخاطر مالية متعلقة بالمناخ على البنوك والنظام المالي. كما تشمل كذلك الآثار المباشرة على البنوك نفسها، والناشئة عن التأثيرات على عملياتها وقدرتها على تمويل نفسها. تشمل قنوات انتقال الاقتصاد الجزئي التأثيرات غير المباشرة على الأصول المالية التي يحتفظ بها البنوك كالسندات ومقايضات الائتمان. تشير التقارير الصادرة من مجموعة من السلطات الإشرافية إلى أنه يمكن استخدام فئات مخاطر بازل الحالية لتعكس المخاطر المتعلقة بالمناخ، وفيمايلي عرض لهذه العناصر(Basel, 2021b).

1.1.4.3. مخاطر الائتمان

يمكن أن تؤثر العوامل الدافعة لمخاطر المناخ على الأسرة أو الشركات أو الدخل و/أو الثروة السيادية، فقد تزيد من مخاطر الائتمان للبنك بمجرد أن يكون لها تأثير سلبي على المقترض، والقدرة على سداد إلتزامته بما فيها الديون والفوائد التي تؤثر على الدخل، أو على قدرة البنك على استرداد قيمة القرض في حالة التخلف عن السداد بسبب قيمة أي ضمان مرهون مما يؤثر على الثروة (Basel, 2021b).

2.1.4.3. مخاطر السوق

يمكن أن يكون للعوامل الدافعة لمخاطر المناخ تأثيراً كبيراً على قيمة الأصول المالية، حيث يمكن للمخاطر المادية ومخاطر التحوّل أن تكشف عن معلومات جديدة حول الظروف الاقتصادية المستقبلية، أو قيمة الأصول الحقيقية أو المالية، مما ينعكس على تراجع الأسعار وزيادة تقلبات السوق. كما يمكن للعوامل الدافعة لمخاطر تغيّر المناخ أن تؤدي أيضاً إلى تراجع العلاقات المتبادلة بين أسعار الأصول، ممّا يقلل من فعالية التحوّط، ويقلّل من قدرة البنوك على إدارة مخاطرها بفعالية. وفي هذا المجال يقلّل احتساب مخاطر المناخ بالفعل احتمالية حدوث تحركات أسعار غير متوقعة، مما يساهم في عدم استقرار الأسوق المالية (Basel, 2021b).

3.1.4.3. مخاطر السيولة

تشير العديد من الأدلة التجريبية أنه من الممكن أن تؤثر العوامل الدافعة لمخاطر المناخ على مخاطر السيولة لدى البنوك بشكل مباشر، من خلال قدرتها على جمع الأموال أو تصفية الأصول، أو بشكل غير مباشر من خلال طلبات العملاء للسيولة. هذه التأثيرات قد تؤثر على قدرة البنك على تمويل الزيادات في أصوله والوفاء بالتزاماته عند استحقاقها (Basel, 2021b). يوصي بنك التسويات الدولية في هذا المجال بإجراء

مزيد من البحوث حول تأثيرات العوامل الدافعة لمخاطر المناخ على مخاطر السيولة لدى البنوك، حيث أن هناك القليل من الأبحاث حول التأثير المباشر لدوافع مخاطر المناخ على سيولة البنوك. حيث تشير بعض الأدلة إلى أن الإقراض بعد وقوع الكارثة له تأثير كبير وسلبي على السيولة. يمكن أن تؤدي الكوارث الطبيعية الشديدة إلى زيادة حادة في الطلب الاحترازي على السيولة من قبل المؤسسات المالية، والعائلات، والشركات، وقد يتعين على البنك المركزي التدخل من أجل الحفاظ على الاستقرار المالي[16].

4.1.4.3. مخاطر التشغيل والسمعة

تتمثل المخاطر التشغيلية وفقاً للجنة بازل في مخاطر الخسارة الناتجة عن عدم كفاية أو فشل العمليات الداخلية، و عن الأفراد و عن الأنظمة أو عن الأحداث الخارجية، بما فيها المخاطر القانونية، دون المخاطر الاستراتيجية والمتعلقة بالسمعة. ينبغي على إدارة المخاطر التشغيلية للبنوك الاهتمام بالمخاطر الاستراتيجية ومخاطر السمعة. يمكن أن تؤثر المخاطر المادية الناجمة عن التغيرات المناخيّة على البنوك بشكل مباشر كمخاطر تشغيلية، فإذا أدت المخاطر المادية الناجمة عن التغيرات المناخيّة إلى تعطيل شبكة الاتصالات أو المواصلات فسوف تتأثر القدرة التشغيلية للبنوك، كما يمكن للقوانين المتعلقة بالمناخ أن تستهدف الشركات، والبنوك، بسبب السلوك البيئي السابق أثناء السعي إلى توجيه السلوك المستقبلي في مجال التغيّرات المناخية[17].

2.4.3. قنوات الإنتقال على مستوى الاقتصاد الكلي

تمثل قنوات الانتقال على مستوى الاقتصاد الكلي تلك الآليات التي تؤثر من خلالها العوامل الدافعة لمخاطر المناخ على عوامل الاقتصاد الكلي، وكيف لهذه المخاطر أن تنتقل إلى البنوك من خلال التأثير على بيئة الاقتصاد الكلي التي تعمل فيها البنوك. كما تصف قنوات نقل الاقتصاد الكلي التأثيرات على متغيرات الاقتصاد الكلي مثل: إنتاجية العمل، والنمو الاقتصادي، أسعار الفائدة الخالية من المخاطر، والتضخم، والسلع ، وأسعار الصرف الأجنبي، البطالة وغيرها من العوامل (Basel, 2021b).

تركزالبحوث إلى حد كبير على الائتمان ومخاطر السوق باعتبارهما قناتين لنقل المخاطر المناخية إلى القطاع المالي، على الرغم من أن تأثيرات الاقتصاد الكلي أكبر لتشمل السيولة والمخاطر التشغيلية، لكن البحوث محدودة في هذا المجال، لاسيما الآثار غير المباشرة لتخفيض التصنيفات السيادية المتعلقة بالمناخ على التصنيفات الائتمانية للدول و/أوالبنوك.

1.2.5. قنوات الإنتقال لمخاطر الائتمان

تنتقل مخاطر الاقتصاد الكلي إلى مخاطر الائتمان، من خلال دوافع المخاطر المادية، ودوافع مخاطر التحوّل. بخصوص دوافع المخاطر المادية، يمكن أن تكون من خلال التراجع في الإنتاج الناجم عن تراجع إنتاجية العمل أو زيادة معدل الوفيات بسبب مخاطر التغيّر في في المناخ. تبحث بعض الدراسات في إيجاد أدلة على أن الزيادات في درجات الحرارة تؤثر سلبًا على الوفيات، والمرض، والغلات الزراعية، وإمدادات العمالة، والإنتاجية. أما بخصوص دوافع مخاطر التحول، من المتوقع أن يؤدي التحول العالمي بعيداً عن

---

[16] بعد زلزال شرق اليابان الكبير في مارس 2011، قام بنك اليابان المركزي بعرض كميات قياسية من السيولة للبنوك اليابانية لضمان الاستقرار في الأسواق. في أول يوم عمل بعد الزلزال ، قدم بنك اليابان أموالاً بلغ مجموعها 21.8 تريليون ين، وهو رقم قياسي من حيث القيمة من العرض اليومي يعادل ما يقرب من ثلاثة أضعاف الحد الأقصى للسيولة اليومية خلال الأزمة المالية 2007-09. واصل بنك اليابان توفير سيولة وفيرة بعد الزلزال وفي غضون شهر واحد وصل الرصيد القائم للحسابات الجارية في بنك اليابان إلى مستوى قياسي بلغ 42.6 تريليون ين.

[17] مثلا، تسببت التغيرات المناخية في فترات جفاف مطولة في كاليفورنيا زادت من مخاطر اندلاع الحرائق من عمليات شركة PG&E. قدرت الشركة تكلفة التسويات للمطالبين بما يزيد عن 13 مليار دولار .29 وقد تنشأ أيضًا مخاطر غير مباشرة تتعلق بالسمعة للبنوك التي تقدم التمويل للشركات أو الأنشطة التي تعتبر مسؤولة عن سلبية التأثيرات المناخية(Basel, 2021b).

الوقود الأحفوري لتلبية أهداف اتفاقيات باريس المناخية إلى ترك آثاراً كبيرة على الإيرادات الحكومية، والإنفاق في بعض البلدان التي تعتمد على عائدات الوقود الأحفوري. يمكن لآثار الدخل المرتبطة بالمناخ على الحكومات أن تعرقل قدرتها على سداد خدمة ديونها، مما يؤثر بدوره على قيمة سنداتها، وتصنيفاتها الائتمانية، والتصنيفات الائتمانية لتلك المؤسسات المرتبطة بالحكومة. ومن المتوقع أن يؤدي ذلك بدوره إلى زيادة مخاطر الائتمان للبنوك. قد يؤثر تراجع الجدارة الائتمانية للدولة على البنوك المحلية من خلال الخسائر في الممتلكات من الدين الحكومي، و/أو من خلال تقليل قيمة الضمانات التي يمكن للبنوك استخدامها لتأمين التمويل، وتوفير السيولة، أو عن طريق خفض التصنيف، وبالتالي زيادة تكاليف التمويل للبنوك (Basel, 2021b).

2.2.5. قنوات الإنتقال لمخاطر السوق

يعتبر التمييز بين قنوات الانتقال على مستوى الاقتصاد الجزئي، وعلى مستوى الاقتصاد الكلي أقل وضوحاً عند تحليل قنوات الانتقال لمخاطر السوق، وذلك كون مخاطر الانتقال على مستوى الاقتصاد الجزئي تتعلق بقنوات الانتقال على مستوى الاقتصاد الكلي. فمثلا، قد تكون التغييرات في قيم الأصول مدفوعة بتغيير السياسات الذي يؤثر على المقترض الفردي، أو من خلال التأثير الذي قد يحدثه تغيير في السياسات على الاقتصاد الكلي. توجد بعض الأبحاث المحددة وفقا لبنك التسويات الدولية، فعلى سبيل المثال التحليل الذي يشير إلى أن الحكومات المعرضة لدوافع المخاطر المادية قد تجد وصولها إلى أسواق الديون مقيدًا أو أن تكاليف الاقتراض قد تزداد. ركزّت بعض الدراسات على المدى الذي يمكن أن تؤثر فيه محركات المخاطر المادية على الوضع المالي للبلد، وربما تؤدي إلى حالات تخلف عن السداد السيادي (Basel, 2021b)[18].

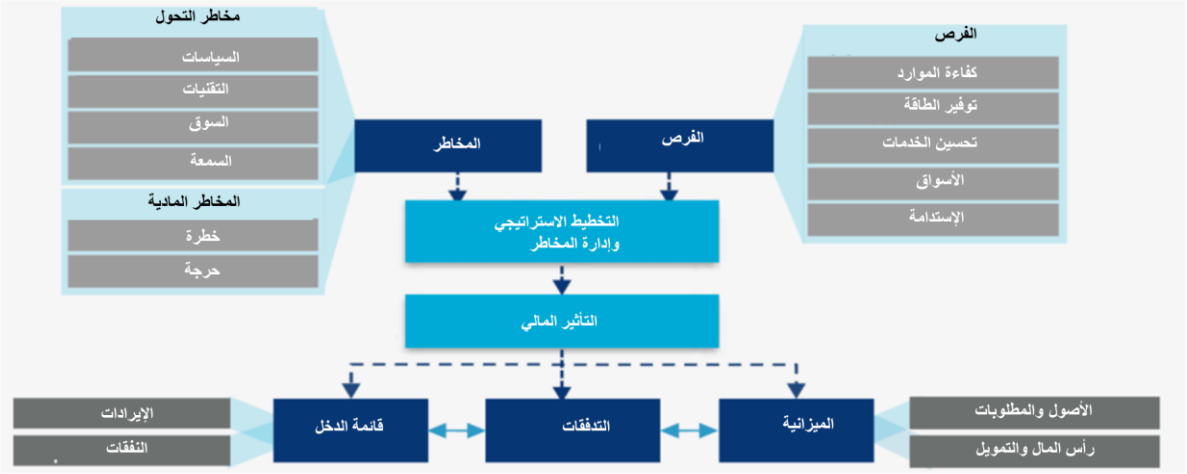
تشير العديد من الدراسات على الاختلاف في نتائج المخاطر وفقاً للبلدان والقطاعات ومابين القطاعات، حيث يمكن أن تكون هذه الاختلافات ناجمة عن مجموعة واسعة من العوامل الجغرافية، خاصة الاختلاف في أنماط الطقس، والاختلاف في النظم السياسية، إضافة إلى الاختلافات في هيكل الاقتصادات المحلية والنظم المالية التي تحدّد حجم وطبيعة القنوات التي تنتقل من خلالها محركات مخاطر المناخ إلى النظام المصرفي. كما يعتبر استخدام البنوك أيضاً لإجراءات تخفيفية لتقليل المخاطر المالية، كما هناك مجموعة واسعة من العوامل المخففة التي تشمل التغييرات في سلوك البنك[19]، ونماذج الأعمال ؛ توافر وسعر التأمين وعمق ونضج أسواق رأس المال، بما في ذلك فرص التوريق، واستخدام المشتقات المالية كآلية للتحوط من مخاطر تغيّر المناخ الذي هي محور اهتمام هذه الورقة.

نعرض الشكل التالي لإبرازملخص لآلية لمخاطر وفرص التغيرات المناخية ، وأثرها المالي.

[18] يحلل مالوتشي (2020) عينة من سبع دول كاريبية تتعرض بشكل متكرر للأعاصير ويظهر أن الظواهر الجوية المتطرفة والمزمنة تقيد المخاطر المادية وصول الحكومات إلى الأسواق المالية. ارتفاع المخاطر السيادية والمحرك المتصور لمخاطر المناخ: مخاطر التحول انتقال الاقتصاد الكلي القناة: الديون الحكومية، الناتج المحلي الإجمالي والعمالة التغييرات والتغيرات الاجتماعية والاقتصادية الأثر المالي.

[19] لمزيد من التفصيل أنظر (TCFD, 2017).

الشكل (04): فرص ومخاطر التغيرات المتعلقة بالمناخ، وأثرها المالي



Source: (TCFD, 2017)

تعتبر الآثار المالية للقضايا المتعلقة بالمناخ على البنوك والشركات ذات مخاطر وفرص في آن واحد، ويرجع ذلك إلى القرارات الإستراتيجية وإدارة المخاطر (أي التخفيف ، النقل ، القبول ، أو السيطرة) واغتنام تلك الفرص. حدد فريق العمل المعني بالافصاح عن مخاطر تغيّر المناخ (TCFD) أربع فئات رئيسة، والتي من خلالها قد تؤثر المخاطر والفرص المتعلقة بالمناخ على الوضعية المالية الحالية والمستقبلية للبنك أو الشركة. الآثار المالية للقضايا المتعلقة بالمناخ على المنظمات ليست دائماً واضحة أو مباشرة، بالنسبة للعديد من المنظمات، ويرجع ذلك للأسباب الرئيسية التالية: (1) المعرفة المحدودة بالقضايا المتعلقة بالمناخ داخل المنظمات، (2) الميل للتركيز بشكل أساسي على المخاطر قصيرة الأجل دون إيلاء الاهتمام الكافي للمخاطر على المدى الطويل، و(3) صعوبة قياس الآثار المالية للقضايا المتعلقة بالمناخ لتحديد القضايا المتعلقة بالمناخ وتأثيراتها.

5.3.طرق قياس المخاطر المالية الناجمة عن التغيرات المناخية

طبقا لما ورد في تقرير بنك التسويات الدولية (BIS) الخاص بمنهجيات القياس للمخاطر المالية المتعلقة بالمناخ، فإنه هناك أربع طرق أساسية لقياس المخاطر المالية الناجمة عن التغيرات المناخية، التي يتم تطبيقها حالياً من قبل البنوك والمشرفين، حيث تتضمن أغلب الممارسات: التصنيف (Rating) لمخاطر المناخ، وتحليل السيناريوهات، واختبارات الضغط (Stress)، وتحليل الحساسية، بالإضافة إلى طريقتين حديثتين هما: تحليل رأس المال الطبيعي، والقيمة المعرضة للمخطر (VaR) المناخية (Basel, 2021a).

1.3.5. تصنيف مخاطر المناخ

يتم وفق هذه الطريقة تقييم درجات مخاطر المناخ من خلال تقييم درجة تعرض الأصول، أو الشركات، أو المحافظ، أو حتى البلدان للمخاطر المناخية. تجمع هذه الطريقة بين مخطط تصنيف المخاطر، ومجموعة من المعايير لتحديد درجة التعرض للمخاطر وفقًا لتصنيف محدد. يمكن أن تستند المعايير المستخدمة في هذه الطريقة على عوامل نوعية أو/و كمية. تساعد درجات التعرض لمخاطر المناخ البنوك والمشرفين على الوقوف على درجة التعرض المناخي النسبي للوساطة الائتمانية الحالية والمتوقعة. تعتمد منهجيات ومعايير تصنيف المخاطر المناخية على مجموعة من الأساليب التي يتم تطويرها باستمرار باستخدام بيانات دقيقة جداً. ما يعاب على هذه الطريقة أنها قد تكون متحيزة في بعض الحالات مقارنة بالطرق الأخرى، في ظل عدم توفر البيانات.

2.3.5. تحليل السيناريو

يتم تحليل سيناريو المناخ عن طريق إسقاط استشرافي لنتائج المخاطر، حيث تمرعملية التحليل بأربع خطوات هي:

- تحديد سيناريوهات المخاطر المادية والانتقالية.
- ربط تأثيرات السيناريوهات بالمخاطر المالية.
- تقييم الطرف المقابل و/أو حساسية القطاع تجاه تلك المخاطر.
- استقراء تأثيرات تلك الحساسيات لحساب مقياس إجمالي للتعرض والخسائر المحتملة.

يمكن إجراء تحليل السيناريو على مستويات مختلفة لتحديد التأثيرات على المستوى الفردي أو على مستوى المحافظ. يمكن أن يساعد تحليل السيناريو أيضاً في تحديد مخاطر الحجم، ويمكن أن يبرز أوجه عدم اليقين الملازمة للمخاطر المتعلقة بالمناخ، من خلال دراسة تأثير مجموعة واسعة من السيناريوهات الممكنة. تمتاز تحليلات السيناريوهات بأنها تكون طويلة المدى من حيث النطاق، وتستخدم لتقييم الآثار المحتملة لدوافع مخاطر المناخ على القطاع المالي (Basel, 2021a).

3.3.5. اختبار الضغط (Stress)

تعتبر اختبارات الضغط مجموعة فرعية محددة من طريقة تحليل السيناريوهات، يستخدم هذا الأسلوب عادة لتقييم مرونة المؤسسة المالية على المدى القصير للصدمات الاقتصادية، للوقوف على مدى كفاية رأس المال. لتحليل الملاءة المالية باستخدام اختبارات الضغط، يتم الاعتماد على اختبارات الضغط الكلية، والجزئية. تقيس اختبارات الضغط الكلية كيفية تأثير الصدمات المالية على النظام المالي، وقد تؤدي إلى مخاطر نظامية، أما اختبارات الضغط الجزئية فتهدف إلى تقييم ملاءة مؤسسة مالية فردية على مخاطر محفظتها. في مجال المخاطر المناخية تم تمديد اختبارات الضغط من قبل بعض البنوك والمشرفين لتشمل المخاطر والسيناريوهات المتعلقة بالمناخ. تُقيِّم اختبار الضغط المناخي تأثيرات السيناريوهات المناخية الشديدة، والمعقولة على مرونة المؤسسات المالية أو الأنظمة المالية. تجعل صفة عدم اليقين المتأصل في التقييمات طويلة الأجل، والقدرة التنبؤية المحدودة هذه الطريقة محدودة الاستعمال من قبل المشرفين والمؤسسات المالية (Basel, 2021a).

4.4.1.تحليل الحساسية

تمثل هذه الطريقة مجموعة فرعية من تحليل السيناريوهات، تستخدم لتقييم تأثير متغير معين على النتائج الاقتصادية. وفق هذا النوع من التحليل، يتم تغيير متغير واحد عبر سيناريوهات مختلفة لمراقبة مخرجات السيناريو الناجمة عن تغيير ذلك المتغير. في بعض الحالات، يمكن تغيير العديد من المتغيرات في آن واحد لمراقبة التفاعل بين المتغيرات. يستخدم تحليل الحساسية في الغالب في تقييم مخاطر الانتقال لتقييم الآثار المحتملة لسياسة معينة متعلقة بالمناخ على النتائج الاقتصادية، لا سيما في إعداد البحوث لتقييم نطاق الآثار الاقتصادية لتنفيذ ضريبة الكربون (Basel, 2021a).

تعمل العديد من الجهات على تطوير مناهج جديدة لتقييم المخاطرالمالية الناجمة عن التغيرات المناخية، إضافة إلى الطرق المذكروة، من بين الطرق المستحدثة نذكر:

5.4.1. تحليل رأس المال الطبيعي

يَعتبر هذا التحليل أن الطبيعة بمثابة مخزون رأسمالي، وبالتالي يتم تقييم كيف يؤثر التدهور في الطبيعة سلباً على مؤسسة مالية ما. يساعد هذا التحليل المؤسسات المالية على تحديد آثار أصول رأس المال الطبيعي على مستوى المحفظة. وعادة ما يتم هذا التحليل في أربع خطوات، هي:

- تحديد المناطق الجغرافية والقطاعات والمقترضين و/أو الأصول ذات الصلة.
- حصر أصول رأس المال الطبيعي ذات الصلة (مثل المياه والهواء النقي والغابات).
- الوقوف على الاضطرابات الطبيعية المحتملة.
- تحديد المناطق الجغرافية، والقطاعات، والمقترضين و/أو الأصول الأكثر تعرضاً للمخاطرة.

يتم إجراء تحليل رأس المال الطبيعي عادةً على مستوى المحفظة، ويمكن تكييفه للتحليل على مستوى العميل أو المعاملة. والأهم من ذلك، أن هذا التحليل يؤكد ويعزز فكرة أن رأس المال الطبيعي محدود لأن الموارد الطبيعية محدودة، وأن تكلفتها تزداد كلما أصبحت أكثر ندرة، لا سيما إذاً أدى التغير في المناخ إلى تسريع ندرتها

6.4.1. القيمة المعرضة للخطر (VaR) المناخية

تعتمد طريقة القيمة المعرضة للمخاطر (VaR) المناخيّة على طريقة القيمة المعرضة للمخاطر التقليدية لقياس آثار تغير المناخ على ميزانيات المؤسسات المالية. تحدد هذه الطريقة تأثيرات تغيّر المناخ على قيمة الأصول المالية على مدى فترة زمنية محددّة، وباحتمال معين بموجب لسيناريوهات مناخية محتملة (لمزيد من التفصيل أنظر (Dietz et al. (2016)).

4. المشتقات المالية الخاصة بالطقس ودورها في إدارة مخاطر الطقس والتغيّر في المناخ

تؤدي المشتقات المالية الخاصة بتغيرات المناخ دوراً بالغ الأهمية في إدارة مخاطر الطقس والتغيرات المناخية. نهدف من هذا القسم إلى تعريف هذا النوع من المشتقات المالية، وإبراز الغرض منه، وتقديم أهم المؤشرات المرجعية، وأبرز الأنواع، مع إبراز القطاعات التي تتعرض لمخاطر التغيرات المناخية وآثارها المالية.

1.4. ماهية المشتقات المالية الخاصة بالطقس وأهم تصنيفاتها

تعتبر المشتقات المالية عقوداً مالية تشتق قيمتها من الأصول محل التعاقد، وتجعل من الممكن تأجيل معاملة (شراء أو بيع أصل) تم إبرام شروطها (سعر وكمية الأصل) في تاريخ اليوم بين طرفين. تعتبر هذه االعقود أداة تحوّط ضد المخاطر الناتجة عن التقلبات في أسعار الفائدة أو أسعار الصرف أو حتى سعر الورقة المالية، أو مؤشر الأسهم، أو مؤشر طقس وتغيّر في المناخ، وذلك من خلال السماح لمشتري المشتق بتحديد سعر الأصل في تاريخ اليوم الذي سيشتريه أو يبيعه فيه مستقبلاً.

1.1.4. أنواع المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية حسب الطبيعة

يمكن تمييز المشتقات بين الأدوات المشروطة (الخيارات) والأدوات غير المشروطة أو محددة الأجل (العقود الآجلة، والمستقبليات). لا تسمح الأداة غير المشروطة للمشتري بإلغاء بيع أو شراء الأصل في تاريخ الاستحقاق، بينما تخوّله الأداة المشروطة عدم تنفيذ المعاملة إذا كانت غير مواتية. تتصف العقود الآجلة والمستقبلية بصفة الإلزام على خلاف عقد الخيار الذي يعتبر عقداً بين طرفين، مشتري ومحرر، حيث يعطي المحرر للمشتري الحق وليس الالتزام بأن يشتري أو أن يبيع من/إلى المحرر عدداً من وحدات الأصل الحقيقي أو المالي، بسعر يتفق عليه مسبقاً لحظة توقيع العقد، على أن يتم التنفيذ في تاريخ لاحق

مقابل عمولة يدفعها مشتري العقد تسمى بعلاوة الخيار. يمنح حامل العقد الحق في إتمام العقد أو التخلي عنه أي غياب خاصية الإلزام للقيام بعملية البيع أو الشراء لأصل معين. كما يمكن لهذه العقود أن تضاعف من حجم المخاطر أو تنقصها تبعا لكل وضعية. نركز في هذه الورقة على عقود الخيارات والمستقبليات، باعتبارها عقوداً خاصة بالطقس والتغيرات المناخية حيث يتم تدوالها في بورصة شيكاغو.

- **العقود الآجلة**

تعني العقود الآجلة في المجال المالي عقوداً غير متداولة في السوق المالي، وغير موحدة وغير نمطية بين طرفين لشراء أو بيع أصل ما في وقت محدد في المستقبل بسعر يتفق عليه عند تحرير العقد. يتخذ الطرف الذي يوافق على شراء الأصل محل التعاقد (underlying asset) في المستقبل موقفاً طويلاً، ويتخذ الطرف الذي يوافق على بيع الأصل في المستقبل موقفا قصيراً، كما يسمى السعر المتفق عليه سعر التسليم أو التنفيذ الذي يرمز له في الغالب بالرمز (K)، يساوي السعر السوقي أو الفوري وقت الدخول في العقد. يتم دفع ثمن الأصل محل التعاقد تبعا لتغيرات سعر الأصل محل التعاقد، ويمكن استخدام العقود الآجلة، كبقية المشتقات المالية الأخرى، للتحوط من المخاطر (عادة مخاطر العملة أو سعر الصرف أو الطقس والتغير في المناخ)، أو كوسيلة للمضاربة (بن الضب، 2020).

- **خصائص العقد الآجل**

تتصف العقود الآجلة بجملة من الخصائص يمكن ايجاز أهمها في النقاط التالية :

- المرونة : يعني أن كلاً من البائع والمشتري يتفاوضان على شروط العقد، لذلك فهما يمتلكان حرية التصرف وإضافة أي شروط يرونها لأي سلعة؛
- لا تتمتع بالسيولة مقارنة بالمشتقات الأخرى، فإذا رغب البائع أو المشتري الخروج من الاتفاق الآجل فإنه يحتاج إلى طرف آخر يحل محله، ويقبل بيع العقد له؛
- يتحدد الربح و الخسارة من العقد الآجل مباشرة من خلال العلاقة بين سعر السوق الفعلي للأصل محل التعاقد وسعر التنفيذ الذي يتضمنه العقد من خلال الاتفاق بين الطرفين.
- تتحقق قيمة العقد الآجل فقط في تاريخ انتهاء صلاحية العقد، ولا توجد مدفوعات عند بداية العقد، وكذلك لا توجد أي نقود يتم تحويلها من طرف إلى آخر قبل تاريخ انتهاء صلاحية العقد (بن الضب، 2020).

- **التعامل بالعقود الآجلة وقيمة العقد الآجل (Payoff)**

عملياً، إذا كان سعر الأصل المتفق عليه (سعر التنفيذ) بين طرفي العقد أقل من السعر السائد في تاريخ التسليم فإن المشتري سيحقق مكاسباً أو أرباحاً مساوية لقيمة الفرق بين السعر الجاري (السائد) في تاريخ التسليم وسعر التنفيذ، أمّا إذا كان هذا الأخير أعلى من السعر السائد للأصل عند استحقاق العقد فعندئذ سيحقق البائع أرباحاً على حساب المشتري.

- **تحديد قيمة العقد الآجل (Payoff)**

تعد قيمة العقد (Payoff) الطريقة المناسبة لفهم تقنيات استعمال العقود الآجلة؛ وهي قيمة العقد في تاريخ تنفيذه، والتي يمكن أن تكون موجبة أو سالبة؛ تبعا لطبيعة الفرق بين سعر التنفيذ والسعر السوقي حيث نجد نوعين من الوضعيات، الوضع الطويل (عقد شراء) والوضع القصير (عقد بيع). فيما يلي الصيغة الرياضية لتحديد قيمة العقد :

$$P_{Long}=S-K \qquad (01)$$

$$P_{Short}=K-S \qquad (02)$$

حيث :

P_{Long} : قيمة العقد الآجل للوضع الطويل/القصير ؛

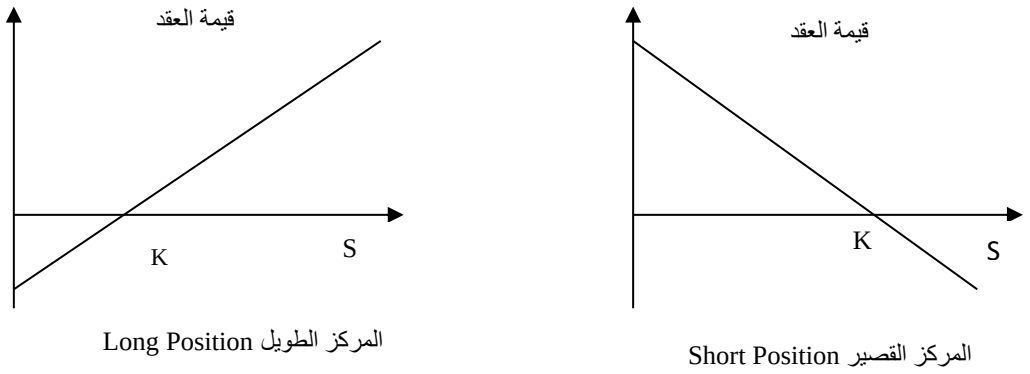
P_{Short}: قيمة العقد الآجل للوضع الطويل/القصير ؛

S : السعر السوقي للأصل محل التعاقد؛

K : سعر التنفيذ أو الممارسة الذي تم تحديده مسبقا في العقد.

لتوضيح العلاقة نستعين بالمثال التالي:

الشكل (05): قيمة العقد الآجل (Payoff) للمركزين القصير والطويل



المصدر : (بن الضب، 2020).

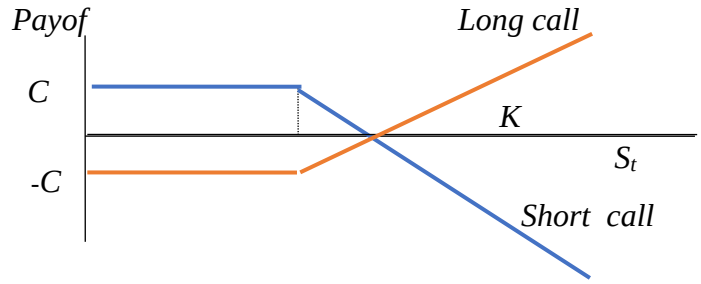
- **العقود المستقبلية**

يوجد ارتباط وثيق الصّلة بين العقود الآجلة والعقود المستقبلية، كما أنها تختلف عنها في بعض النواحي. فالعقود الآجلة هي مشابهة جداً للعقود المستقبلية، إلا أنه لا يتم تداولها في البورصة، وليست ذات كميات موحدة أو نمطية، كما أن العقود الآجلة لا تتضمن عادة أي تسويات جزئية مؤقتة في متطلبات الهامش مثل العقود المستقبلية، بحيث لا يتبادل الطرفان أموالاً إضافية تؤمّن الطرف بالحصول على الأرباح أو الخسائر غير المحققة بأكملها ما دام العقد مفتوحاً (بن الضب، 2020).

- **عقود الخيارات**

تعتبر عقود الخيارات أحد عقود المشتقات المالية التي تقوم بين طرفين أحدهما يقوم بتحرير عقد الخيار يسمى (بائع الخيار) وهو المركز القصير لطرف آخر يسمى (مشتري الخيار) وهو صاحب المركز الطويل. حيث يمنح هذا العقد الحق دون إلزام المشتري في شراء أو بيع الأصل محل التعاقد الذي يمكن أن يكون سلعة أو أصلا مالياً أو حتى مشتقاً مالياً أو مؤشر بورصة، او مؤشر طقس مقابل تحرير العقد، بسعر معين يسمى سعر التنفيذ، خلال فترة معينة تسمى تاريخ التنفيذ أو الممارسة، وذلك مقابل مبلغ يحصل عليه البائع يسمى علاوة الخيار (بن الضب، 2020).

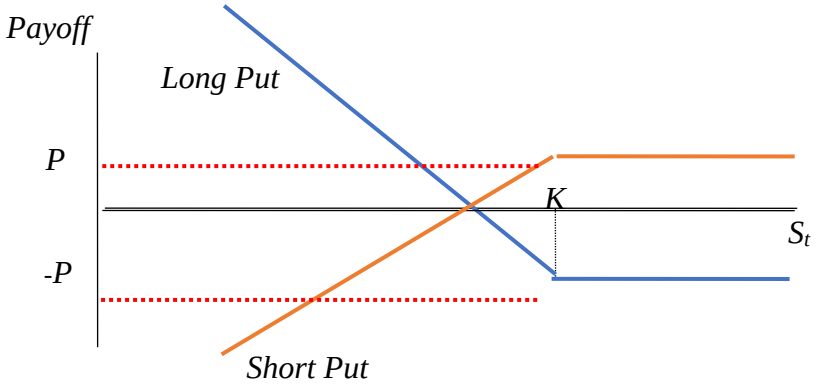
الشكل (06):: قيمة خيار الشراء بالنسبة للوضعين الطويل والقصير



المصدر : (بن الضب، 2020).

يمكن توضيح قيمة خيار البيع بالنسبة للمركزين الطويل والقصير على النحو التالي :

الشكل (07): قيمة خيار البيع للوضعين الطويل والقصير



المصدر : (بن الضب، 2020).

- **القيمة النظرية لعقد الخيار (Payoff)**

تعد قيمة العقد أو الربح النظري الناجم عن عقد الخيار(Payoff) الطريقة المناسبة لفهم تقنيات استعمال عقود الخيارات؛ قيمة العقد في تاريخ تنفيذه يمكن أن تكون موجبة أو معدومة؛ تبعا لطبيعة الفرق بين سعر التنفيذ والسعر السوقي؛ حيث نجد نوعين من الأوضاع؛ الوضع الطويل (في حالة الشراء)، والوضع القصير (في حالة البيع) بالنسبة لخيار الشراء، والعكس بالنسبة لخيار البيع (بن الضب، 2020).

وفيما يلي الصيغة الرياضية لتحديد قيمة خيار الشراء للوضع الطويل والقصير :

$$Payoff_{Long} = \max(S - K, 0) - C$$

$$Payoff_{Short} = \min(K - S\ , 0) + C \quad (03)$$

و فيما يلي الصيغة الرياضية لتحديد قيمة خيار البيع للوضع الطويل والقصير :

$$Payoff_{long} = \max(K - S\ , 0) - P$$

$$Payoff_{Short} = -[\max(K - S\ , 0) - P] = \min(S - K, 0) + P \quad (04)$$

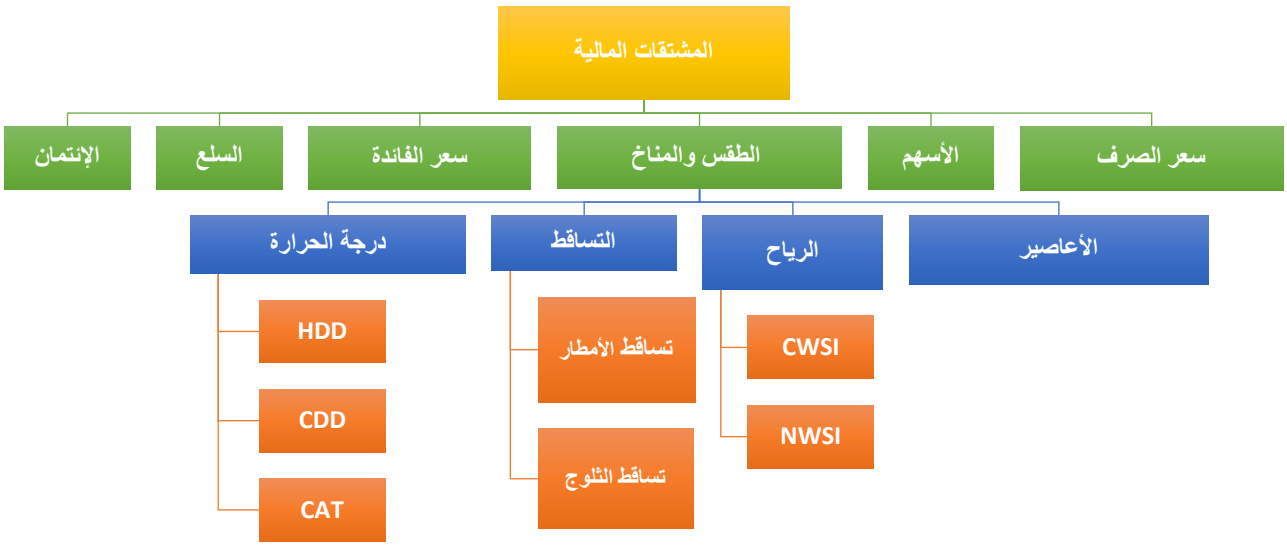
تشير المعادلة (3)، إلى أن قيمة العقد للمركز الطويل، تتحدد بالفرق بين سعر الممارسة وسعر السوق، إذا كان الفرق أكبر من الصفر أم لا، مع طرح علاوة الخيار، والعكس للمركز القصير، يتم إضافة علاوة الخيار إذا كان الفرق سالباً (K-S).

2.1.4. أنواع المشتقات المالية حسب طبيعة المخطر

تنقسم المشتقات المالية حسب نوع المخطر إلى ستة أصناف هي: (1) مشتقات الائتمان أو التخلف عن السداد، وتشمل في الغالب مبادلات التخلف عن السداد، و(2) مشتقات السلع، وتتعلق بمخاطر التقلبات في السلع والبضائع، كالبترول، الذهب، المعادن وغيرها، و(3) مشتقات سعر الفائدة، وتتعلق بمخاطر التقلبات في معدل الفائدة في السوق، وتمثل أكبر المشتقات تداولاً على المستوى الدولي، و(4) مشتقات سعر الصرف، وتهدف لإدارة مخاطر التقلبات في سعر الصرف الأجنبي، وما له من أهمية خاصة للشركات دولية النشاط. و(5) مشتقات الأسهم، التي تتعلق بتقلبات أسعار الأسهم في البورصات، وأخيراً (6) المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية، وترتبط بمخاطر التقلبات في الطقس وتغيرات المناخ.

يحتوي صنف المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات في المناخ أربعة أنواع رئيسة هي: مشتقات درجة الحرارة، ومشتقات الهطول أو التساقط (Precipitation)، ومشتقات الرياح (Wind)، ومشتقات الأعاصير(Hurricane). تعتمد مشتقات درجة الحرارة على مؤشرات مرجعية رئيسة هي: (1) مؤشر درجة التدفئة، و(2) مؤشر درجة التبريد، في حين تعتمد مشتقات الهطول على مؤشري (3) تساقط الأمطار، و(4) مؤشر تساقط الثلوج. تعتمد مشتقات الرياح على (5) مؤشر سرعة الرياح ومؤشر أيام الريح الحرجة. نعرض الشكل التالي الذي يبرز الأصناف الأساسية للمشتقات المالية الخاصة بالطقس (Alexandridis & Zapranis, 2013).

الشكل (08): أصناف المشتقات المالية حسب نوع المخطر



المصدر: (Alexandridis & Zapranis, 2013, P3)

يبدو من الشكل (08) أن المشتقات المالية تنقسم إلى ستة أصناف حسب نوع المخاطر، بما في ذلك المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغير في المناخ التي تعتمد بشكل أساسي على المؤشرات التي يتم احتسابها بشكل دوري، من أجل التسعير، وتنفيذ العقود. نناقش في القسم الموالي أهم المؤشرات المستخدمة في عقود المشتقات المالية الخاصة بمخاطر الطقس والتغير في المناخ.

2.4.المؤشرات المناخية المرجعية للمشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيّرات المناخية

يعتمد سوق المشتقات المالية الخاصة بمخاطر الطقس والتغير في المناخ على العديد من المؤشرات التي تعتبر أساساً مرجعياً لتسعير هذه المشتقات (بمثابة الأصل محل التعاقد في الأصناف الأخرى من المشتقات)،

تمثل المؤشرات القائمة على درجة الحرارة ما نسبته 95 في المائة من المعاملات التي يتم إجراؤها في أسواق المشتقات المالية الخاصة بالطقس على المستوى العالمي، وبالتالي نعتقد أنه من الضروري الوقوف على طرق حساب هذه المؤشرات، التي تستخدم بشكل واسع في الأسواق المنظمة الخاصة بالمشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغير في المناخ (Alexandridis & Zapranis, 2013).

1.2.4. مؤشر أيام درجة التدفئة (HDD)

يُعتبر مؤشر أيام درجة التدفئة (Heating Degree Days) قيّماً محسوبة تستخدم كمؤشرات مرجعية خلال الموسم البارد، تمتد في العادة من شهر أكتوبر إلى نهاية شهر أبريل من كل سنة؛ تمثل هذه المؤشرات طلبًا على الحرارة من المستهلكين أو الراغبين في التحوّط من مخاطر انخفاض درجة الحرارة، حيث سيكون هناك استهلاك أكبر للكهرباء عندما تكون درجة الحرارة منخفضة. للحصول على قيم هذا المؤشر(HDD)، يتم حساب الفرق بين متوسط درجة الحرارة لليوم ودرجة الحرارة المرجعية لكل يوم من الفترة المتفق عليها، وسيتم دفع مبلغ مالي محدد لكل درجة أقل من درجة الحرارة المرجعية هذه. حيث يتم الاحتفاظ فقط بالأيام التي تكون فيها درجة الحرارة أقل من درجة الحرارة المرجعية، لذلك كلما كان الشتاء أكثر برودة، ارتفعت قيمة مؤشر (HDD)، مما يدل بوضوح على الطلب على الحرارة. تكون صيغة الحساب على مدى عدد أيام محدد، على النحو التالي:

$$HDDk = \sum_{k=1}^{n} Max(\text{Tref} - Tk; 0) \quad (05)$$

حيث:

T_{ref}: درجة الحرارة المرجعية.
T_k: متوسط درجة الحرارة لليوم k.

يتم حساب درجة الحرارة هذه بأخذ المتوسط بين درجة الحرارة القصوى ودرجة الحرارة الدنيا لليوم، حيث نلاحظ أن قيمة هذا المؤشر تكون أعلى حتى من الشتاء القاسي. تبلغ درجة الحرارة المرجعية في بورصة شيكاغو للتداول 65 درجة فهرنهايت أو 18.3 درجة مئوية. في الواقع ، كما أن درجة الحرارة المرجعية أقل من درجة الحرارة التي تبدأ الأسر فيها باستخدام التدفئة (Bartkowiak, 2009) ، يتم حساب المؤشر على النحو التالي:

$$HDD = Max(0; 65°F - daily\ average\ temperature)$$

2.2.4. مؤشر أيام درجة التبريد (CDD)

يتم استخدام أيام مؤشر درجة التبريد (**Cooling Degree Days**) على أنها "طلب على التبريد" من المستهلكين، وهي مؤشرات محسوبة خلال الموسم الحار (من أبريل إلى نهاية أكتوبر) على العكس المؤشر السابق. في حالة العقود محددة المدة، سيتم دفع مبلغ لكل درجة أعلى من درجة الحرارة المرجعية. وبالتالي، تكون صيغة حساب مؤشر أيام التبريد على مدى عدد أيام محدد على النحو التالي:

$$CDDk = \sum_{k=1}^{n} Max(0; Tk - \text{T}b) \quad (06)$$

حيث:

T_b: درجة الحرلرة المرجعية.

T_k: متوسط درجة الحرارة لليوم k.

$$CDD = Max(0; \text{daily average temperature} - 65°\text{F})$$

3.2.4. مؤشرات أيام درجة الطاقة (EDD)

يعتبر هذا المؤشر (Energy Degree Days) مزيجاً بين المؤشرين السابقين (Bartkowiak, 2009) ويتم حساب (EDD) كقيم مطلقة للاختلافات بين متوسط درجة الحرارة ودرجة حرارة الأساس:

$$DailyEDD = |T - Tb| \quad (07)$$

(EDD): هو ببساطة الانحراف غير الواضح في متوسط درجة الحرارة عن خط الأساس.

4.2.4. مؤشر متوسط درجة الحرارة التراكمي (CAT)

يتم تعريف متوسط درجة الحرارة التراكمي (Cumulative Average Temperature) على أنه مجموع متوسط درجة الحرارة اليومية خلال فترة محددة:

$$CAT = \sum_{i=1}^{Nd} Ti \quad (08)$$

5.2.4. مؤشر يوم درجة الحرارة الحرج (CTD)

يعتمد مؤشر يوم درجة الحرارة الحرج (Critical Temperature Day) على عدد الأيام التي تقل فيها درجات الحرارة عن (أو أعلى) من العتبة المحددة، يتم إنشاء مؤشر آخر من مؤشرات (EDD) أو(CDD). بدءً من مؤشر (HDD)، بدلاً من أخذ الفرق بين متوسط درجة الحرارة لليوم ودرجة الحرارة المرجعية، سيتم ببساطة إعطاء المؤشر قيمة 1 إذا انخفض متوسط درجة الحرارة لليوم عن درجة الحرارة المرجعية و القيمة (0) بخلاف ذلك. من خلال جمع هذه الفترة، سنجد عدد الأيام التي كان متوسط درجة الحرارة فيها أقل من درجة الحرارة المرجعية. يسمى هذا النوع من المؤشر بمؤشر يوم الحدث الحرج للتدفئة (Bartkowiak, 2009).

6.2.4. مؤشر ساعة درجة التبريد (CDH)

يحسب مؤشر ساعة درجة التبريد (Chilling Degree Hour) عدد الساعات مع الحالة المثلى لنمو النبات. تم إنشاء هذا المؤشر بشكل أساسي للاحتياجات الزراعية.

7.2.4. مؤشرات هطول الأمطار

تشمل مؤشرات هطول الأمطار العديد من المؤشرات، لكن المؤشرات الأكثر استخداماً هي:

- يوم تساقط الأمطار / تساقط الثلوج الحرج (CRD / CSD) ، يحسب هذا المؤشر عدد الأيام التي يكون فيها هطول الأمطار أو تساقط الثلوج أقل (أعلى) من المستوى المحدد.
- مؤشر هطول الأمطار/ تساقط الثلوج (RFI / SFI)، يقيس هذا المؤشر هطول الأمطار/تساقط الثلوج خلال فترة معينة.

8.2.4. مؤشرات الرياح

من بين مؤشرات الرياح المعتمدة في سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس هي:

- **مؤشر سرعة الرياح (wind speed indicator (WSI))**

يوفر هذا المؤشر لمتوسط سرعة الرياح لفترة تاريخية بالنسبة إلى فترة محددة طويلة الأجل، بمتوسط منطقة معينة.

- **يوم الرياح الحرج Critical wind Day (CWD)**

يحسب هذا المؤشر عدد الأيام التي يكون فيها متوسط سرعة الرياح أقل (أعلى) من القيمة المحددة (Bartkowiak, 2009).

9.2.4. مؤشرات الرطوبة (CH)

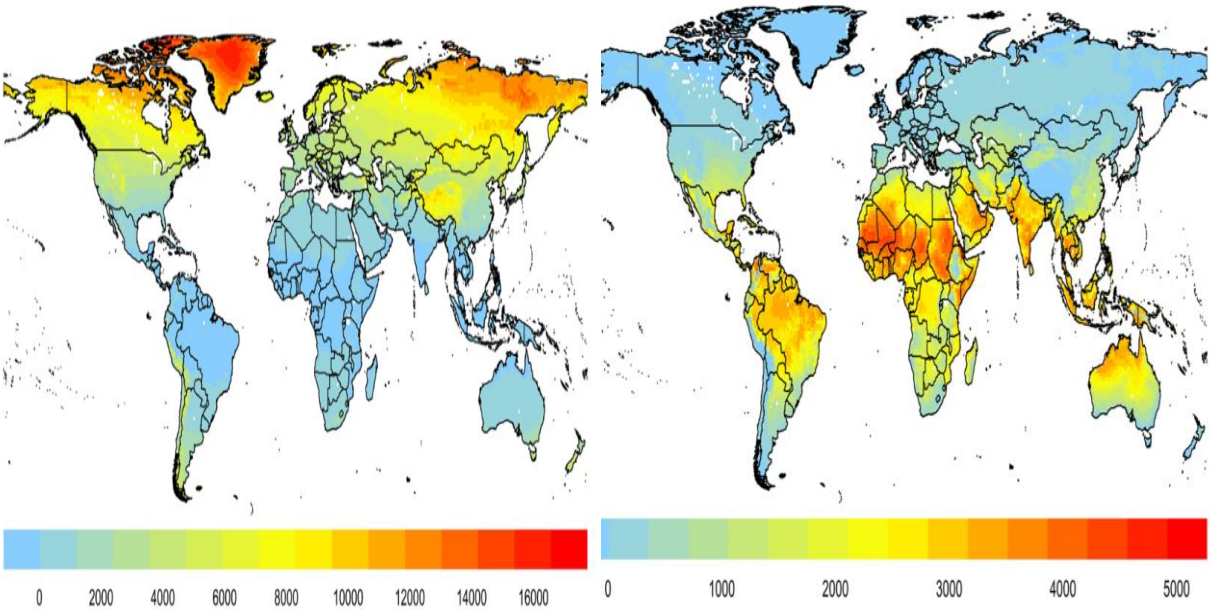
نادرًا ما يتم استخدام المؤشرات المتعلقة بالرطوبة، على سبيل المثال: يوم الرطوبة الحرج (CHD) (Critical humidity Day)، عدد الأيام المحسوبة عندما تتجاوز الرطوبة (أو لا) القيمة المحددة.

10.2.4.واقع مؤشرات درجة التبريد والتدفئة على المستوى العالمي

يبرز الشكل التالي متوسط أيام درجة التبريد، والتدفئة في مختلف دول العالم، حيث تم استخدام مجموعة من العتبات المستخدمة على نطاق واسع، والتي تم تكييفها في الأدبيات، وتتراوح من 15 إلى 23 درجة مئوية، حيث أن استخدام درجة حرارة أساسية مرجعية ثابتة عبر العالم أمر غير معقول، وقليل التطبيق في الواقع العملي.

الشكل (09): مؤشرات أيام درجة التبريد وأيام التدفئة خلال الفترة 1986-2016

متوسط أيام درجة التبريد(CDD) 1986-2016 متوسط أيام درجة التدفئة (HDD) 1986-2016



المصدر: http://www.energy-a.eu/cooling-degree-days-and-heating-degree-days/

3.4.الغرض من المشتقات المالية الخاصة بالطقس

تعتبر المشتقات المالية الخاصة بالطقس أدوات مالية تعتمد مكاسبها على قيمة بعض مؤشرات الطقس الأساسية، يمكن أن يكون مؤشر الطقس الأساسي هو هطول الأمطار، درجة الحرارة أو الرطوبة أو تساقط الثلوج أو أي متغير مناخي آخر. يتم استخدام المشتقات المالية الخاصة بالطقس من قبل المؤسسات أو الأفراد كجزء من استراتيجية إدارة المخاطر للحد من المخاطر المرتبطة بالظروف الجوية المعاكسة أو غير المتوقعة. وبصفة عامة، تم تصميم المشتقات المالية الخاصة بالطقس لتغطية مخاطر الطقس، كفترات المطر أو الجفاف، والدافئة أو الباردة التي يتوقع حدوثها في كثير من الأحيان، مما يسبب في تقلبات كبيرة في إيرادات شركة معينة أو بنك ما. يمكن للشركات التي تستخدم المشتقات المالية الخاصة بالطقس كجزء من استراتيجيتها التحوطية إدارة المخاطر المتعلقة بالطقس والتقليل من آثارها، مما يجعلها تقلل من التقلبات في الإيرادات والنفقات، الأمر الذي يسمح بتقليل مخاطر الخسائر ومخاطر الإفلاس. يمكن للمنظمات

الحكومية أيضًا استخدام المشتقات المالية الخاصة بالطقس، على المستوى المحلي أو الوطني، من أجل إدارة تكاليف التشغيل والمخاطر الناجمة عن التغير في الطقس (Alexandridis & Zapranis, 2013).

4.4.الصناعات المعرّضة لمخاطر الطقس والتغيرات المناخية والمخاطر التي تواجهها

تتأثر العديد من القطاعات الاقتصادية بتقلبات الطقس، والتغيرات المناخية، لكن بدرجات متفاوتة، طبعا لحساسية النشاط للتغيرات المناخية، ففي قطاع الطاقة مثلا يزداد الطلب على الكهرباء في أيام الصيف الحارة، وأيام الشتاء شديدة البرودة. علاوة على ذلك، تعمل درجات الحرارة المرتفعة على تقليل الطاقة المتاحة لمحطة الطاقة بنظام التبريد الخارجي، أما بالنسبة للقطاع الزراعي، فالغطاء النباتي يعتمد بشكل كبيرعلى حالة الطقس، وتحتاج الأنواع المختلفة من المحاصيل إلى درجة حرارة مناسبة، ونسبة سطوع الشمس، وكمية هطول الأمطارلمنطقة معينة (Alexandridis & Zapranis, 2013). قد يؤدي عدم وجود الظروف المناسبة إلى انخفاض المحاصيل. كما قد تؤدي درجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة للغاية إلى زيادة معدل وفيات الحيوانات، علاوة على ذلك، قد تساهم كمية الأمطار غير المناسبة في نقص العلف، مما يؤثر على إيرادات المزارعين أو الشركات الناشطة في هذا المجال. توجد العديد من القطاعات التي تتأثر بمخاطر الطقس والتغيرات المناخية، حيث نوجز أهمها في الجدول التالي:

الجدول رقم (03): الصناعات المعرضة للطقس ونوع المخاطر التي تواجهها

جهات التحوّط	تغيّر المناخ أوالطقس	نوع المخطر
قطاع الطاقة	درجة الحرارة	○ ارتفاع تكاليف التدفئة / التبريد خلال فصول الشتاء الباردة والصيف الحار. ○ انخفاض المبيعات خلال فصول الشتاء الدافئة أو الصيف البارد.
قطاع النقل والطيران /المطارات	أيام الصقيع، و تساقط الثلوج	○ ارتفاع تكاليف التشغيل ○ إلغاء الرحلات الجوية خلال الأيام العاصفة ○ إلغاء خدمات السفن بسبب الرياح أو الحافلات بسبب الطرق المغلقة.
القطاع الزراعي	درجة الحرارة / هطول الأمطار	○ خسائر كبيرة في المحاصيل بسبب درجات الحرارة القصوى أو هطول الأمطار
القطاع الحكومي	تساقط الثلوج	○ ارتفاع تكاليف إزالة الثلوج خلال فصول الشتاء مع تساقط الثلوج فوق المتوسط
قطاع المتنزهات	درجة الحرارة،	○ قلة عدد الزوار خلال الأيام الباردة أو الممطرة
قطاع المشروبات	درجة حرارة	○ انخفاض المبيعات خلال فصول الصيف الباردة
قطاع البناء	درجة حرارة/ تساقط الثلوج / هطول الأمطار	○ انخفاض المبيعات خلال فصول الشتاء القارس بسبب التوقف عن البناء. ○ التأخير في مواعيد تسليم المشاريع.
قطاع الفندقة	درجة حرارة / تساقط	○ قلة عدد الزوار خلال فترات الأمطار أو البرد
قطاع الطاقة الشمسية	سطوع الشمس/الغيوم	تراجع الإنتاج والمبيعات خلال أيام الغيوم
القطاع الصحي	أيام الصقيع/و البرد الشديد/ الحر الشديد	قد تؤدي الظروف الجوية إلى ارتفاع معدل الإصابة (للأنفلونزا) ، وإصابات الحوادث (على سبيل المثال بسبب الجليد والصقيع) أو ضربة الشمس (في الصيف الحار)
قطاع التأمين	الفياضانات، الزلازل	إفلاس وخسائر كبيرة لشركات التامين، تعثّر عملاءالمصارف، وعدم الاستقرار المالي.

المصدر : المؤلف بالاعتماد على الدراسات السابقة.

توجد أمثلة مختلفة لمخاطر الطقس، وكيف يمكن التحوط منها، فقد يؤثر الطقس على العوائد بشكل مباشر من خلال حجم المبيعات، أو على الأطراف ذات العلاقة. كما تختلف استراتيجيات التداول من شركة (أو بنك) إلى أخرى، حيث يمكن للمشتقات المالية الخاصة بالطقس أن تستخدم لإنشاء محافظ استثمارية مربحة بعدة طرق؛ كما يمكن الحصول على عوائد محتملة عالية مع إبقاء المخاطر منخفضة للغاية من خلال المحفظة التي تحتوي على المشتقات المالية الخاصة بالطقس، وتجارة السلع بسبب الارتباط بين الطقس وأسعار السلع. إضافة لذلك، تعمل إضافة المشتقات المالية الخاصة بالطقس إلى محفظة الأوراق المالية على تقليل مخاطرالمحفظة بسبب نقص الارتباط بين المشتقات المالية الخاصة بالطقس والأسواق المالية. كما يمكن أن توفر محفظة متنوعة من المشتقات المالية الخاصة بالطقس عائداً جيداً لمخاطر منخفضة بسبب العديد من مؤشرات الطقس المختلفة، وغير المرتبطة بأي نوع من المشتقات المالية الخاصة بالطقس.

5.4.نشأة وحجم تطور سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغير في المناخ

نهدف من هذا القسم إلى مناقشة الجوانب الأساسية لسوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس، من خلال الوقوف على تاريخ ظهور هذا النوع الخاص من المشتقات المالية، والمستثمرين المشاركين في نشاط في هذا السوق.

1.5.4. تاريخ سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس وحجم النمو العالمي

أدت أهمية المنتجات المالية الخاصة بمخاطر الطقس إلى إنشاء سوق خاصة بتداول المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغير المناخي، والتي عرفت تطوراً بسرعة كبيرة. منذ إنشائها في عام 1996، كما عرفت المشتقات المالية الخاصة بالطقس نمواً كبيراً منذ الإصدار الأوّل للمشتقات المالية الخاصة بالطقس في عام 1996، حيث كانت شركات الطاقة هي الأكثر اهتماماً بهذه المنتجات، بعد ان تعرضت لمخاطر الطقس.

تمت أول صفقة في سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس بين عام 1996 و 1997. تم تنفيذ صفقة الطقس من قبل شركة الطاقة (Aquila Energy)، الصفقة كانت كخيار طقس على الطاقة. أما أول معاملة لمشتقات طقس تمت بين (Koch Energy) و (Enron) في ميلووكي في ولاية ويسكنسن الأمريكية عام 1997 من أجل نقل مخاطر الأحوال الجوية غير الجيدة. كانت الصفقة تتعلق بمؤشر درجة الحرارة في شتاء 1997-1998. منذ ذلك الحين، توسّع سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس بصورة كبيرة في السنوات الأخيرة، وتم التعامل في عدة أماكن مختلفة على مستوى العالم، في أوروبا، وآسيا، وأستراليا (Alexandridis & Zapranis, 2013).

في سبتمبر 1999، أطلقت بورصة شيكاغو التجارية (CME) أول مشتقات طقس متداولة في البورصة، والتي تعتمد على درجات الحرارة (Cao 2004). عرضت بورصة شيكاغو مشتقات جديدة للطقس في مدن مختلفة في الولايات المتحدة الأمريكية، وازداد عدد المشاركين في السوق. في البداية، تم عرض المشتقات المالية الخاصة بالطقس في 10 مدن تم اختيارهم بناءً على عدد السكان، والتباين في درجات الحرارة الموسمية، والأنشطة التي تتم مشاهدتها في خارج الأسواق (OTC). قدمت بورصة شيكاغو التجارية نظاماً ساعد السوق على التطور والنمو، وتمت زيادة الشفافية على المعاملات من حيث الإعلان عن أسعار العقود، مما ساهم في جذب العديد المشاركين الجدد لسوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس (Alexandridis & Zapranis, 2013).

في عام 2004، بلغت القيمة المشتقات المالية الخاصة بالطقس في التجارية 2.2 مليار دولار أمريكي، ونمت إلى عشرة أضعاف بمبلغ 22 مليار دولار أمريكي في سبتمبر 2005، كما تم تداول 300.000

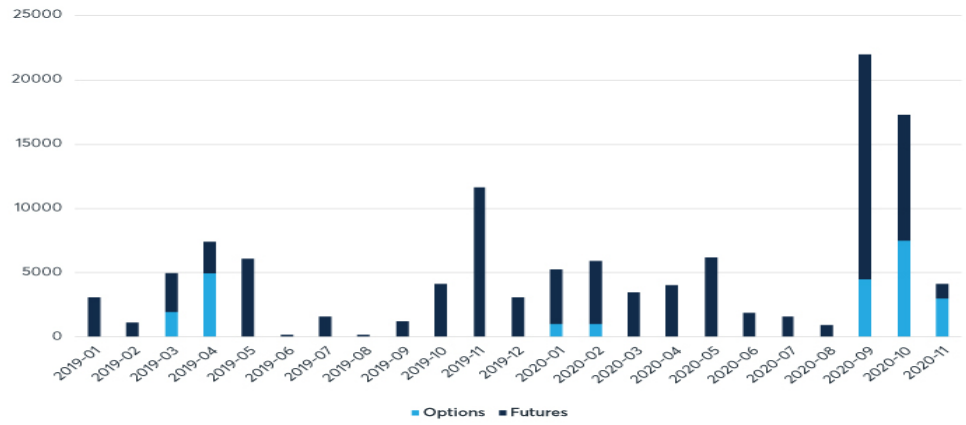
عقداً، وحجم تجاوز 630.000 عقد تداول. ومع ذلك ، فإن سوق العمليات خارج البورصة (OTC) لا يزال أكثر نشاطًا من البورصة ، لذلك كانت فروق الأسعار بين العرض والطلب كبيرة جدًا.

وفقًا للمسح السنوي الذي أجرته جمعية إدارة مخاطر الطقس (WRMA 2009)، بلغت قيمة المشتقات المالية الخاصة بالطقس المتداولة في البورصة بين عامي 2008 و 2009، ما قيمته 15 مليار دولار أمريكي، مقارنة بـ 32 مليار دولار أمريكي في العام السابق، و 45 مليار دولار أمريكي في الفترة 2005-2006. ومع ذلك، كان هناك نمواً كبيراً مقارنة بعامي 2005 و 2004 (Ceniceros 2006). وفقًا لـ (CME)، فإن الانخفاض الأخير شهد تحولاً من العقود الموسمية إلى العقود الشهرية.

على الرغم من انخفاض العدد الإجمالي للعقود، بعد التراجع العام في الأسواق المالية، استمر سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس في التطور والتوسع في نطاقه، من حيث الجغرافيا وقاعدة العملاء والعلاقة المتبادلة مع الآخرين خاصة الأسواق المالية والتأمين. في آسيا، ارتفع عدد العقود في عام 2009 إلى 250 في المائة مقارنة بفترة 2007-2008. في أوروبا ، كان هناك 34068 عقدًا متداولاً في عامي 2008-2009 مقارنة مع 25290 في العام السابق (WRMA 2010).

في عام 2020 ، زادت أحجام العقود الآجلة بنسبة 60 في المائة منذ بداية العام، بقيمة اسمية قدرها 750 مليون دولار أمركي، في حين زادت أحجام الخيارات بنسبة 143 في المائة منذ بداية العام بقيمة تبلغ 480 مليون دولار أمريكي. شهد سبتمبر 2020 أعلى نسبة تداول خلال أكثر من عامين، بمتوسط حجم يومي (ADV) يزيد عن 1000 عقد. اعتباراً من ديسمبر 2020 ، تجاوزت العقود المفتوحة ما مقدراه 29000 عقداً، بزيادة قدرها 175 بالمائة على أساس سنوي. يتزامن هذا الظهور في نمو الخيارات والعقود الآجلة لمجموعة (CME) مع تحرك هذه الأخيرة لإدراج جميع المنتجات المالية الخاصة بمخاطر الطقس، بما في ذلك الخيارات، والتداول على (CME Globex) التي تمثل منصة للتداول الإلكتروني في البورصة. نعرض الشكل التالي الذي يبرز تطور حجم العقود المستقبلية، والخيارات ببورصة شيكاغو التجارية.

الشكل (10): التطور الشهري لحجم عقود الخيارات والمستقبليات في بورصة شيكاغو التجارية للفترة 2020-2019



Source: https://www.cmegroup.com/education/articles-and-reports/managing-climate-risk-with-cme-group-weather-futures-and-options.html (09/06/2022)

يتم تنظيم سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس مثل أي سوق مالي آخر، حيث يدخل المتحوّطون والمضاربون في المعاملات، وتتم الصفقة بينهما في السوق الأولية، أما التدول فيما بينهم فيتم في السوق الثانوية.

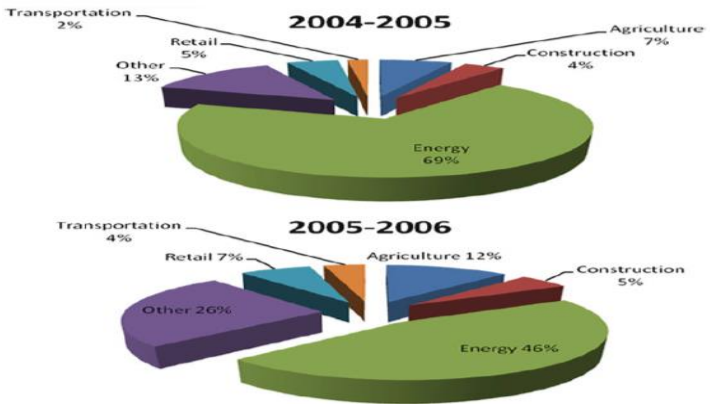
2.5.4. المشاركون في السوق

يوجد هناك فئتين أساسيتين في أسواق المشتقات المالية للطقس والتغيّرات في المناخ، كما هو الحال في الأسواق المالية الأخرى، تتمثل الفئتين في المتحوطين والمضاربين. تتكون فئة المتحوطين من شركات تشتري المشتقات المالية الخاصة بالطقس بغرض التحوط من مخاطر الطقس في أعمالها، بينما تتكون فئة المضاربين من البنوك، وشركات التأمين، وشركات إعادة التأمين، وصناديق التحوط. يشارك المضاربون في تداول المشتقات المالية الخاصة بالطقس من أجل تحقيق ربحاً مقابل تحملهم لمخاطر التحوّط. وفي الوقت الحالي، أصبح من الممكن هيكلة المشتقات المالية الخاصة بالطقس لتغطية أي متغير الطقس تقريبًا، ولفترات مختلفة تتراوح من أسبوع إلى عدة سنوات.

وفقًا لدراسة (Challis, 1999) ، فإن ما يقرب من 1 تريليون دولار من الاقتصاد الأمريكي معرض بشكل مباشر لمخاطر الطقس. كما تشير التقديرات إلى أن ما يقرب من 30 في المائة من الاقتصاد الأمريكي، و70 في المائة من الشركات الأمريكية تتأثر بمخاطر الطقس (CME 2005).

يعتبر قطاع الكهرباء حسّاس بشكل خاص لدرجة الحرارة. تُعد هذه الأخيرة أهم عامل مناخي يفسر الطلب على الكهرباء، والغاز في الولايات المتحدة. تمت دراسة تأثير درجة الحرارة في كل من الطلب على الكهرباء والسعر في العديد من الأوراق، مثل: دراسة (Gabbi and Zanotti, 2005) ، ودراسة (Zanotti, et al2003) ودراسة (Pirrong and Jermakyan, 2008) ، ومن ثم، فمن المنطقي أن تكون شركات الطاقة هي المستثمر الرئيس في سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس. في عام 2004 ، كان 69 في المائة من سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس يتألف من شركات الطاقة. مع دخول المزيد من المشاركين إلى السوق، أصبحت شركات الطاقة تمثل 46 في المائة من سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس في 2005. والشكل التالي يبرز هذا التحوّل، حتى وإن كانت الإحصائيات قديمة نوعاً ما، إلى أن الشركات الزراعية تتأثر بشكل كبير بالتغيرات المناخية كذلك، حيث دخلت شركات القطاع الزراعي في سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس.

الشكل (11): المشاركون في السوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس وفق القطاعات الاقتصادية



Source: (Alexandridis & Zapranis, 2013, P7).

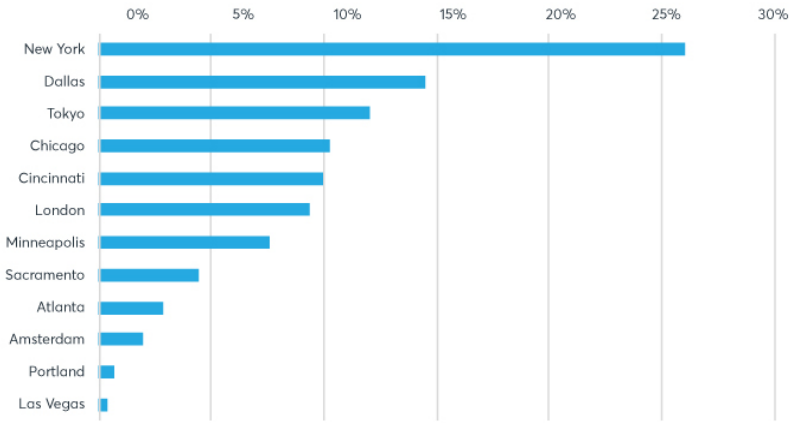
يوضح الشكل (11) أنه حتى عام 2005، كانت أسواق المشتقات المالية الخاصة بالطقس تهيمن عليها شركات الطاقة. لكن مع اكتساب المشتقات المالية الخاصة بالطقس شعبية جديدة دخل المتعاملون إلى السوق، خاصة من قطاعي الزراعة والتجزئة. كما أن قطاعات النقل، والمرافق العامة، ومبيعات التجزئة، وخدمات التسلية والترفيه، والبناء شديدة الحساسية لتغيرات الطقس، لذلك أصبحت من القطاعات المشاركة في سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس.

يؤدي تطوير سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس إلى جذب أعضاء جدد لا تعتمد أرباحهم على التغيرات المناخية، مثل شركات التأمين، وشركات إعادة التأمين، والبنوك الاستثمارية وصناديق التحوّط. حيث أدركت البنوك الاستثمارية إمكانية استخدام المشتقات المتعلقة بالطقس كمنتج لإدارة المخاطر المالية، ويمكن بيعها جنباً إلى جنب مع المنتجات المالية الأخرى، للتحوط من مخاطر التقلب في سعر الفائدة أو مخاطر العملة، أو للاستفادة من فرص المراجحة المتعلقة بالطاقة أو السلع الزراعية الأخرى (Alexandridis & Zapranis, 2013).

3.5.4. واقع منتجات المالية المشتقة الخاصة بالطقس والتوزيع الجغرافي لها في (CME)

تعتبر قائمة العقود المتداولة في سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس واسعة النطاق، وتتطور باستمرار حيث تقدم بورصة شيكاغو التجارية العديد من العقود الآجلة وعقود الخيرات، وتمثل هذه الأخيرة منتجات قائمة على مؤشرات تتعلق بمتوسط الطقس الموسمي، والشهري في 46 مدينة حول العالم، منها 24 في الولايات المتحدة ، و10 في أوروبا ، و 6 في كندا ، و 3 في أستراليا ، و 3 في اليابان[20]. يبيّن الشكل التالي التوزيع الجغرافي لحجم التداول المشتقات المالية الخاصة بالطقس في بورصة شيكاغو التجارية لعام 2020.

الشكل (12): التوزيع الجغرافي لحجم التداول المشتقات المالية الخاصة بالطقس في بورصة شيكاغو لعام 2020



Source: https://www.cmegroup.com/education/articles-and-reports/managing-climate-risk-with-cme-group-weather-futures-and-options.html (09/06/2022)

تسيطر العقود القائمة على مؤشرات درجة الحرارة ((HDD) ، (CDD) ، (CAT))، على أكثر من 95 في المائة من المشتقات المالية الخاصة بالطقس، ففي أوروبا ، تعتمد عقود الطقس في بورصة شيكاغو التجارية لأشهر الصيف على مؤشر (CAT). في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وأستراليا ، تعتمد تعتمد عقود الطقس في بورصة شيكاغو التجارية على مؤشر (HDD) أو (HDD, CDD). عادة ما تكون درجة الحرارة الأساسية 65 درجة فهرنهايت في الولايات المتحدة و 18 درجة مئوية في أوروبا

[20] في نهاية عام 2009 ، تداولت (CME) منتجات الطقس المحررة على المدن الأوروبية العشر التالية: أمستردام وبرشلونة وبرلين وإيسن ولندن ومدريد وأوسلو وباريس وروما وستوكهولم. في الولايات المتحدة ، هناك عقود للمدن الـــ 24 التالية: أتلانتا، بالتيمور ، بوسطن ، شيكاغو ، سينسيناتي ، كولورادو سبرينغز ، دالاس ، دي موين ، ديترويت ، هيوستن ، جاكسونفيل ، كانساس سيتي ، لاس فيجاس ، ليتل روك ، لوس أنجلوس ، مينيابوليس -شارع. بول ونيويورك وفيلادلفيا وبورتلاند ورالي وساكرامنتو وسالت ليك سيتي وتوكسون وواشنطن العاصمة أيضًا ، هناك 6 مدن كندية ، كالغاري ، إدمونتون ، مونتريال ، تورنتو وفانكوفر وونيبيغ ؛ 3 مدن أسترالية هي بريسبان وملبورن وسيدني ؛ وأخيرًا ، هناك ثلاث مدن يابانية هي هيروشيما وطوكيو وأوساكا.

واليابان. كما تتداول بورصة شيكاغو التجارية أيضًا عقود (HDD) للمدن الأوروبية. بالنسبة للمدن اليابانية الثلاثة، تعتمد المشتقات المالية الخاصة بالطقس على على مؤشرات درجة الحرارة ((HDD) ، (CDD) ، (CAT)).

5. تسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس وتحدياته في ظل غياب نموذج مرجعي

يشهد سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس تطوراً سريعاً، من حيث الأدوات وتنوعها، ومشاركة المزيد المستثمرين والممتعاملين، لكن لا تزال هناك بعض التحديّات التي تعيق تطوّر هذا السوق بشكل أكبر، ومن بين أبرز التحديات غيّاب نموذج تسعير مقبول بشكل عام، مثل نموذج (Black Scholes) لتسعير المشتقات المالية الأخرى. كما أن العديد من الشركات يتحتم عليها التعامل مع مخاطر مكانية محدّدة، وذات نوع محدّد. كما أن سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس لا يزال قليل السيولة نسبياً، في الوقت الذي يحتفظ الممارسون، وشركات إدارة المخاطر ببيانات سوق الطقس، ولا ينشرون النماذج المعتمدة في التقييم.

يجذب تجاوز هذه التحديّات مشاركين جدد في السوق، ويساهم في رفع سيولة السوق. فمن خلال توسيع القائمة الحالية لمؤشرات الطقس، ستكون الشركات قادرة على ربط تأثيرات الطقس مع تراجع الإيرادات، كما أن توسيع قائمة المدن التي تشملها المشتقات المالية الخاصة بالطقس في بورصة شيكاغو سيقلّل من المخاطر المكانية.

يركّز الواقع العملي في مجال المشتقات المالية الخاصة بالطقس على المشتقات المالية لدرجات الحرارة، والرياح، وهطول الأمطار. ولا يوجد إطار عمل مقبول بشكل عام أو نموذج مرجعي لتسعير المشتقات المالية لدرجات الحرارة أو المشتقات المالية الخاصة بالطقس بشكل عام. يستخدم معظم المستثمرين منهجية التحليل التاريخي (HBA) للتسعير، والتي ستتم مناقشتها في القسم الموالي، حيث تمتاز بسهولة نوعا ما في التطبيق، لكنها عادة ما تكون متحيّزة وغير دقيقة (Dorfleitner and Wimmer 2010)، كما تعتبر من أبسط طرق التسعير في الممارسات العملية من حيث التنفيذ، والأكثر عرضة لأخطاء التسعير الكبيرة (Jewson et al.2005).

تستخدم الدراسات الحديثة النماذج الديناميكية التي تحاكي بشكل مباشر السلوك المستقبلي لدرجة الحرارة. يمكن استخدام النماذج الديناميكية المقدرة لاشتقاق المؤشرات الرئيسة، وتسعير المشتقات المالية لدرجات الحرارة. يمكن أن يؤدي استخدام النماذج لدرجات الحرارة اليومية، من حيث المبدأ، إلى تسعير أكثر دقة من البدائل الأخرى. غالبًا ما تُظهر النماذج اليومية دقة كبيرة محتملة لأنها تستخدم البيانات التاريخية المتاحة بشكل كامل، ومن السهل دمج تنبؤات الأرصاد الجوية في عملية التسعير. لكن اشتقاق نموذج دقيق لدرجة الحرارة اليومية ليس عملية مباشرة. تتمثل مخاطر النمذجة اليومية في أن المواصفات الصغيرة غير الصائبة في النماذج يمكن أن تؤدي إلى أخطاء كبيرة في تسعير العقود، ومن ثمة إلى زيادة المخاطرة بدلاً من التحوّط منها.

يتطلب بناء نموذج ديناميكي لدرجة الحرارة في الزمن المستمر اختيار معادلة تفاضلية عشوائية توضّح درجة الحرارة الموسمية في المتوسط والتباين، لذلك ينبغي تصميم المكونات الموسمية بدقة. من المهم الحصول على تقدير دقيق لسرعة متوسط الارتداد، واختيار التوزيع الاحتمالي، ودرجة التباطوء بشكل صحيح. كما أن طول الفترة الزمنية ينبغي أن يكون مناسباً، واختيار البيانات التاريخية من أجل تقدير المعلمات المختلفة للنسخة التقديرية للنموذج العشوائي. فقد يؤدي بناء خوارزمية تحدّد السمات الأساسية

لدرجة الحرارة بشكل صحيح إلى تسعير دقيق للمشتقات المالية الخاصة بالطقس، والمساهمة في تحسين فعّالية التحوّط.

1.5.العوامل المحددة لقيمة علاوة المشتقات المالية الخاصة بالطقس

تتحدّد قيمة المشتقات المالية الخاصة بالطقس بالعديد من المتغيرات، هي:

- نوع العقد،
- السعر المستقبلي أو قيمة المؤشر المستقبلية،
- حجم العقد (الكمية)،
- الحد الأقصى للدفع،
- مدة العقد،
- المؤشر المرجعي (CDD، HDD ، هطول الأمطار ، تساقط الثلوج ... إلخ)،
- محطة الطقس التي يتم منها الحصول على البيانات المتغيرة الأساسية،
- قسط يدفع من المشتري للبائع (قابل للتفاوض)،
- معدل العائد بدون مخاطرة.

تعتمد المشتقات المالية الخاصة بالطقس والمتداولة داخل البورصة على كميات معيارية، كما تتمثل العقود في عدة أنواع، كما هو الحال في المشتقات المالية الكلاسيكية كعقود الخيارات، المستقبليات والمبادلات. تتم التسوية عن طريق غرف المقاصة، حيث تعتمد تسوية وضعية هذه العقود بناءً على الفرق بين سعر الممارسة والسعر السوقي، كما تتم إضافة حد أقصى للدفع من أجل حماية الطرفين من الظروف الجوية القاسية. تحتوي جميع العقود على تاريخ بدء وتاريخ انتهاء محددين مما يقيّد الفترة التي يتم خلالها حساب المؤشر الأساسي. يمكن أن تتراوح فترة العقد من أسبوع واحد إلى عدة سنوات. في بورصة شيكاغو التجارية يتم تداول العقود الشهرية، والموسمية. بعض العقود لها فترات أكثر تحديداً، مثل ارتفاعات المؤشر الأساسي، التي يتم النظر فيها فقط في أيام العمل، وليس في عطلات نهاية الأسبوع، كما يتم تحديد المؤشر الأساسي في العقد الذي يعتبر المتغير الأساسي لحساب قيمة العقد. تستند جميع عقود الطقس على المشاهدات الفعلية لمتغيرات الطقس في محطة أرصاد جوية محددة، ويتم استخدام محطة احتياطية في حالة تعطّل المحطة الرئيسية. تعتمد معظم المعاملات على محطة واحدة، على الرغم من أن بعض العقود تستند إلى مجموعة مرجحة من البيانات من محطات متعددة، والبعض الآخر على اختلاف البيانات بين محطتين مختلفتين.

تستند عمليات تسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس على معدل العائد بدون مخاطرة لخصم التدفقات النقدية المتوقعة، وبالتالي يعتبر معدل العائد بدون مخاطرة من بين العوامل الأساسية المحددة لقيمة المشتق المالي الخاصة بالطقس (Alexandridis & Zapranis, 2013).

يمتاز سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية بانخفاض في السيولة، وبالتالي يمكن تسعيرها كعقود تأمين. وبالتالي علاوة المشتق في هذه الحالة تنقسم إلى عنصرين: العلاوة الأصلية وعلاوة المخاطرة، ونكتب :

$$P(t) = P + RP(t) \quad (09)$$

حيث:

$P(t)$: علاوة المشتق.

(P): العلاوة الأصلية.
RP(t) :علاوة المخاطرة.
تعبّرالعلاوة الأصلية $P(t)$ عن المبلغ واجب السداد المتوقع في نهاية العقد، في حين علاوة المخاطرة هي مبلغ يقابل المكافأة التي يطلبها البائع لتحمل المخاطر ضمن محفظته، حيث من خلال التحوّط، يقوم المشتري بتحويل المخاطر إلى البائع، وتعتمد علاوة المخاطر على عدة عوامل هي: المخاطر المرتبطة بالتحوّط على المنتج المتداول، ومخاطر السيولة ومخاطر النمذجة. تشمل المخاطر المرتبطة بالتحوّط على المنتج المتداول المخاطر التي يتعرض لها البائع من خلال ممارسة الخيار أو تنفيذ العقد من قبل المشتري، وبالتالي إلزامه بدفع مبلغ للمشتري. تتوافق مخاطر السيولة مع مخاطرعدم وجود سيولة في السوق إلى حد ما، أي لا يمكن للمستثمر تسوية مركزه عن طريق إعادة شراء العقد. هذا المخطر مرتفع للغاية حاليًا في سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس. مخاطر النموذج هي مخاطر تتعلّق بالنموذج الذي يتم اختياره لتحديد قسط التأمين وانحرافه عن الواقع، حيث أن القسط المحسوب على هذا النحو لا يمثّل في الحقيقة المبلغ المتوقع.

2.5.طرق تسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية

يحتاج المشاركون في سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس إلى القيمة المناسبة لعقود المشتقات المالية الخاصة بالطقس، حيث أن التسعير معقّد وذو تحدّيات كثيرة، بسبب عدم إمكانية استخدام طرق تسعير المشتقات التقليدية، وما تمتاز به متغيرات ومؤشرات الأرصاد الجوية من خصوصية، والتي تعتبر أصلاً محل التعاقد لمؤشرات الطقس. تعتبر مؤشرات الطقس غير قابلة للتداول كبقية الأصول محل التعاقد في أسواق المشتقات المالية، إضافة إلى أن سلسلة متغيرات الطقس تمتاز باحتوائها على اتجاه طويل الأجل، ومتوسط ارتداد وموسمية. لذلك يُعد سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس مثالاً نموذجياً عن السوق غير المكتمل. من منظور النمذجة، يمكن تصنيف طرق تسعير عقود المشتقات المالية الخاصة بالطقس الحالية إلى ثلاث فئات: (1) التسعير الاكتواري الذي يعتمد على تقييم احتمالات جميع النتائج المستقبلية للعقد، (2) والتحليل الإحصائي للبيانات التاريخية، والتسعير التاريخي الذي يعتمد على الأسعار الملاحظة في السوق، قد يعتمد التسعير المستند إلى السوق على استخدام سعر السوق للعقد جنباً إلى جنب مع نموذج مناسب لاشتقاق السعر الذي يحقق فرضية عدم المراجحة، حيث لا ينطبق التقييم التقليدي من خلال عدم المراجحة بناءً على المخطر المحايد. ومع ذلك، إذا كان هناك عقدان مختلفان محددان على نفس المؤشر، فعندئذٍ، وفقاً لافتراضات معينة، يكون التسعير بالاعتماد على المراجحة ممكنًا. (3) التسعير باستخدام نمذجة المؤشرأو نمذجة متغيرات الطقس (Alexandridis & Zapranis, 2013).

يتم استخدام عدة طرق لتسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس، مثل الطريقة الاكتوارية أو التحليل التاريخي (HBA)، لاشتقاق سعر مشتق درجة الحرارة القائم على مؤشر درجة الحرارة دون نمذجة فعلية لمتغيّر درجة الحرارة. تقيس كلتا الطريقتين كيفية أداء مشتق درجة الحرارة في السنوات السابقة، حيث يعتبر متوسط العائد (المخصوم) الذي تم اشتقاقه من السنوات السابقة بمثابة علاوة للمشتق المالي الخاص بمخاطر الطقس والتغيّر في المناخ.

بدلاً من ذلك، يمكن وضع نموذجاً مباشراً للمؤشرمحل التعاقد، أي "نمذجة المؤشر"، مثل مؤشر (HDD) أو مؤشر (CDD) أو مؤشر (CAT) أو مؤشر (AccHDDs) أو مؤشر (AccDDDs). ينبغي تطوير نموذج مختلف لكل مؤشر. في الدراسات السابقة، تشير بعض الأوراق إلى أن نمذجة مؤشر درجة الحرارة (HDD أو CDD) قد تكون أكثر ملاءمة للنمذجة بهدف تسعير المشتق المالي الخاص بالطقس ومخاطر تغيّرالمناخ (Jewson et al.2005, Geman and Leonardi 2005).

توجد هناك طريقة أخرى لتقدير درجة الحرارة، وهي استخدام النماذج بناءً على درجات الحرارة اليومية، يمكن أن تؤدي النمذجة اليومية، من حيث المبدأ، إلى تسعير أكثر دقة من نمذجة مؤشرات درجة الحرارة،

(Jewson et al. 2005) ، حيث يتم فقدان الكثير من المعلومات بسبب الحدود الحالية لحساب مؤشرات درجة الحرارة، لأن مؤشر (HDD) يحده صفر. من ناحية أخرى، اشتقاق نموذج دقيق لدرجة الحرارة اليومية ليس عملية مباشرة. تظهر درجات الحرارة المرصودة الموسمية في المتوسط ، والتباين ، والتوزيع، والارتباط الذاتي، وهناك دليل على وجود ذاكرة طويلة. تتمثل مخاطر النمذجة اليومية في أن المواصفات الصغيرة في النماذج يمكن أن تؤدي إلى سوء تسعير كبير لعقود المشتقات المالية الخاصة بدرجة الحرارة (Jewson et al.2005).

1.2.5. التحليل التاريخي (HBA)

تمثّل هذه الطريقة نهجاً كلاسيكياً لتسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس، وهو إجراء عمليات محاكاة بناءً على البيانات التاريخية، حيث يتم حساب متوسط عائد المشتقات المالية الخاصة بالطقس في السنوات الماضية. تقوم هذه الطريقة على افتراض رئيس، وهو أن المشاهدات التاريخية لعلاوة عقد الطقس تعطي وصفاً دقيقاً لتوزيع المكاسب المحتملة، وهي تفترض أن التاريخ سيعيد نفسه بنفس الاحتمال(Hamisultane, 2008)، حيث أن هذا الافتراض قد لايكون دقيقا في مجال التغيرات المناخية، مما يجعل هذا الافتراض أهم انتقاد لهذه الطريقة. يتم حساب مخاطر الطقس بالاعتماد على الانحراف المعياري للمكافآت، ويكون التسعير وفق النموذج التالي:

$$P(t) = D(t,T) * (\mu \pm \alpha\sigma) \quad (10)$$

حيث:

P (t): سعر العقد في التاريخ (t)، و(D (t ،T هو معامل الخصم من تاريخ استحقاق العقد (T) إلى تاريخ التسعير (t)، و(μ) هو متوسط العائد التاريخي، و(σ) هو الانحراف المعياري التاريخي للمكافآت ، و(α) رقم موجب يشير إلى علاوة المخاطر.

تعتبر هذه الطريقة من بين الطرق البسيطة لتقييم المشتقات المالية الخاصة بالطقس بصفة عامة، تتكون هذه الطريقة من حساب مكاسب تجريبية متوقعة، يضاف إليها علاوة مخاطرة، تكون هذه الأخيرة دالة تابعة للانحراف المعياري المحسوب من البيانات التاريخية. لذلك من الضروري أن نحسب لكل سنة المبلغ الذي يمكن أن يكون الدفعة التي تم الحصول عليها بموجب العقد الذي نسعى إلى تسعيره.

غالبًا ما يتم استخدام سلاسل زمنية يتراوح طولها بين 10 و 30 عامًا (Cao et al. 2004)، حيث لا توجد حاجة لملاءمة توزيع درجة الحرارة أو لحل أي معادلات تفاضلية عشوائية. علاوة على ذلك، تعتبر طريقة (HBA) قائمة على افتراضات قليلة جدًا. أولاً ، يُفترض أن تكون السلسلة الزمنية لدرجة الحرارة مستقرة. بعد ذلك ، يُفترض أن تكون بيانات السنوات المختلفة مستقلة وموزعة بشكل متماثل (طبيعياً). يظهر الفحص الدقيق للسلسلة الزمنية لدرجة الحرارة أن أيّاً من هذه الافتراضات غير محققة على أرض الواقع. من الواضح أن السلاسل الزمنية لدرجة الحرارة تحتوي على مشاهدات موسمية، وقفزات، واتجاه عام (Zapranis and Alexandridis 2009). الافتراض الأساسي لهذه الطريقة هو أن الماضي يعكس المستقبل دائماً في المتوسط. لكي نكون أكثر دقة، تفترض الطريقة أن توزيع المكاسب السابقة يصور توزيع المكاسب المستقبلية بشكل صحيح. تعتبر هذه الطريقة هي الأبسط من حيث التنفيذ، ونتيجة لذلك، هي الأكثر احتمالية للتسبب في أخطاء تسعير كبيرة (Alexandridis & Zapranis, 2013).

2.2.5. الطريقة الاكتوارية (Actuarial)

تُستخدم الطريقة الاكتوارية على نطاق واسع في مجال التأمين، حيث تعتمد على مجموعات البيانات المناسبة لبيانات وتوقعات الأرصاد الجوية من أجل اشتقاق التوزيع الاحتمالي لجميع النتائج المحتملة للمؤشر محل التعاقد، كما تُستخدم البيانات التاريخية لحساب العائد المتوقع. يتم خصم العائد المتوقع بسعر خالٍ من المخاطرة للحصول على سعر المشتق المالي قيد التسعير. كما تعتمد هذه الطريقة على التحليل الإحصائي والتوزيعات الاحتمالية، وهي أقل قابلية للتطبيق في العقود ذات المتغيرات محل التعاقد التي تتبع أنماطاً متكررة يمكن التنبؤ بها. ونظراً لأن هذه خاصية تمتاز بها معظم عقود المشتقات المالية الخاصة بالطقس، من المرجح أن لا يعتبر التحليل الاكتواري نهجاً مناسباً للتسعير، ما لم يكن العقد قائماً على أحداث جوية نادرة مثل البرودة الشديدة أو الحرارة الشديدة.

تستند هذه الطريقة على تقدير التوزيع الاحتمالي للمؤشرات الخاصة بالطقس (HDD، CDD ، إلخ) واستخدامه لحساب العائد المتوقع. لنفترض أن g (.) هي دالة كثافة احتمال المؤشر محل التعاقد. وكما لاحظنا في الأقسام السابقة أن العائد هو دالة تابعة لقيمة المؤشر عند الاستحقاق، فإذا كان المتغير العشوائي (X) الذي يساوي قيمة المؤشر عند الاستحقاق. يمكن كتابة العائد كدالة تابعة لهذا المتغير العشوائي f (X).
وبالتالي نسعى لحساب القيمة المتوقعة للعائد $E[f(X)]$. بالرجوع إلى نظرية التحويل:
إذا كان المتغير العشوائي (X) ينتمي لفضاء معيّن، وذو دالة كثافة احتمالية g(.)، والدالة $f(\beta(R) \geq B(R))$ قابلة للقياس فيمكن أن نكتب:

$$X(\Omega, F, P)GR \in (R, B(R)) \qquad (11)$$

إذا كانت الدالة موجبة $f \geq 0$ فنكتب:

$$\mathbb{E}[f(X)] = \mathbb{E}_X[f] = \int_{\mathbb{R}} f dP_X \qquad (12)$$

وبصفة عامة:

$$f(X) \in L^1(\Omega, F, P) \Leftrightarrow f \in L^1(\mathbb{R}, \mathcal{B}(\mathbb{R}), P_X)$$

حيث تدل هذه المعادلة على أن الدالة التابعة للمتغير العشوائي f (X) تنتمي إلى الفضاء الاحتمالي $L^1(\Omega, F, P)$ مكافئة، للدالة بدون المتغير العشوائي، التي تنتمي إلى الفضاء الاحتمالي $L^1(\mathrm{R}, \mathrm{B}(\mathrm{R}), P_X)$ ، الذي بدوره يحتوي على المتغير العشوائي (X).
علاوة على ذلك ، عندما يتم استيفاء أحد هذه الشروط ، يكون لدينا:

$$E[f(X) = E_X[f] \qquad (13)$$

يمكننا كتابة صيغة حساب القيمة المتوقعة لعائد المؤشر وفقًا لنظرية التحويل، كما يلي:

$$E[f(X) = E_X[f] = \int f(x)g(x)dx \qquad (14)$$

يبرز من المعادلة (14) أن القيمة المتوقعة للعائد مرتبطة بالتوزيع الاحتمالي المعتمد، وبالتالي المخاطر المرتبطة بهذه الطريقة هي مخاطر النمذجة، أي أن السعر الذي تم الحصول عليه سيعتمد بشكل كبير على التوزيع الاحتمالي المستخدم. سيؤدي الخطأ في اختيار التوزيع الاحتمالي بالضرورة إلى سعر متحيّز أو غير صائب (Alexandridis & Zapranis, 2013).

- **حالة النموذج ذو التوزيع الطبيعي**

سوف ندرس بشكل أكثر تحديدًا تقييم علاوة المشتق المالي الخاص بالطقس والتغيّر في المناخ عندما يكون التوزيع الاحتمالي يتبع التوزيع الطبيعي، في هذه الحالة تأخذ دالة الكثافة الإحتمالية الصيغة التالية:

$$g(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (15)$$

إذا كان متوسط التوزيع الطبيعي يساوي الصفر، والانحراف المعياري يساوي واحد، فإن دالة الكثافة للتوزيع الطبيعي المركّز والمختصر تكتب على الشكل التالي:

$$\forall x,\ \Phi(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (16)$$

حاولت بعض الدراسات (Agliardi, & Gagliardi, 2021) تصميم نماذج مختلفة لمؤشرات درجات الحرارة (مثل (HDD) أو (CDD) أو(CAT))، ناقش (Geman and Leonardi, 2005) الخصائص الإحصائية لمؤشرات درجات الحرارة، تشير نتائج دراستهم التي شملت سلسلة مكونة من 55 عاماً من البيانات إلى أنّه في حالة (HDD) شهر ديسمبر في باريس، تم رفض فرضية التوزيع الطبيعي، بينما في حالة (AccHDD) لشهر ديسمبر، تم قبول فرضية التوزيع الطبيعي. وخلصوا إلى أن النمذجة المباشرة لمؤشرات (HDD) غير مناسبة (Alexandridis & Zapranis, 2013).

تقترح بعض الدراسات السابقة أنه يمكن نمذجة المؤشرات المرجعية لمخاطر الطقس، أو حتى المتغيرات ذاتها (كدرجة الحرارة)، إما باستخدام سيرورات زمنية منفصلة كتحليل السلاسل الزمنية أو سيرورات مستمرة كالمعادلات التفاضلية العشوائية، نعرض فيما يلي تقديم مختصر للسيرورات (processes) في الزمن المتقطع وفي الزمن المستمر.

3.2.5. طريقة النمذجة للمؤشر أو للمتغيرات في الزمن المتقطع

تمتاز قيم درجة الحرارة بالشكل المنفصل عبر الزمن؛ وبالتالي يمكن استخدام السيرورات في الزمن المنفصل. تمت في دراسات سابقة (Carmona, 1999) مقارنة سيرورات الزمن المنفصل ذات عائد متوسط، ونموذج الانحدار الذاتي AR (p). تمت نمذجة درجة الحرارة من خلال نموذج الانحدار الذاتي، والأساليب المستخدمة لم تأخذ في الاعتبار موسمية البيانات أو اتجاهها. يمكن أخذ هذه العناصر في الاعتبار من خلال استخدام السلاسل الزمنية (Alexandridis & Zapranis, 2013).

1.3.2.5. السلاسل الزمنية العشوائية المستقرة وغير المستقرة

يهدف تحليل السلاسل الزمنية إلى نمذجة سلسلة من الملاحظات (x_1 , ::: x_n) من خلال عملية عشوائية زمنية منفصلة، أي تسلسل (Xn) من المتغيرات العشوائية المحددة على مساحة الاحتمال (؛ F ؛ P).

تحتاج دراسة أي ظاهرة أو سلسلة زمنية إلى دراسة الخصائص الإحصائية لتحليل سلوك السلسلة الزمنية، من بين هذه الخصائص دراسة الاستقرارية أو السكون، والتوزيع الاحتمالي الذي يعطي فكرة مبدئية على طبيعة، وبنية السلسلة الزمنية المدروسة، مما يساعدنا على النمذجة والتنبؤ بفعالية (بن الضب، 2020).

تشترط العديد من النماذج الخطية استقرارية السلاسل الزمنية، حيث نميز بين سلاسل زمنية مستقرة (Stationary)، وسلاسل زمنية غير مستقرة وذات اتجاه (Non stationary).

نقصد بالسلسلة الزمنية المستقرة تلك السلسلة الزمنية التي تتغير مستوياتها مع الزمن دون أن يتغير فيها المتوسط، وذلك خلال فترة زمنية طويلة نسبياً، أي أن السلسلة تلتف حول متوسط ثابت، ولا يوجد فيها اتجاه لا نحو الزيادة، ولا نحو النقصان، أما السلسلة الزمنية غير المستقرة فإن المستوى المتوسط فيها يتغير باستمرار سواء نحو الزيادة أو النقصان. نقول على سلسلة زمنية ما أنها مستقرة بالمعنى الضعيف (Wide sense stationarity)، إذا كانت توقعها، وتباينها وتبايناتها المشتركة ثابتة عبر الزمن ونكتب:

- تذبذبت حول متوسط حسابي ثابت عبر الزمن:

$$E(Y_t) = E(Y_{t+k}) = \mu \qquad (17)$$

- ثبات التباين عبر الزمن:

$$\text{var}(Y_t) = E[Y_t - E(Y_t)]^2 = \text{var}(Y_{t+k}) = E[Y_{t+k} - E(Y_{t+k})]^2 = \gamma(0) = \sigma^2 < \infty \ , \ \forall t \qquad (18)$$

- ثبات التباين المشترك: ينبغي أن يكون التباين المشترك بين أي قيمتين لنفس المتغير معتمدا على الفجوة الزمنية بين القيمتين، وليس على القيمة الفعلية للزمن الذي يحسب عند التباين المشترك، أي على الفرق بين فترتين زمنيتين، ونكتب:

$$\text{cov}(Y_t, Y_{t+k}) = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] = \text{cov}(Y_{t+k}, Y_{t+k+s}) \quad (19)$$

من بين النماذج المستخدمة في تحليل السلاسل الزمنية، تحليل الانحدار الذاتي، والمتوسطات المتحركة، والنماذج التي تمزج بينهما (بن الضب، 2020).

2.3.2.5. نماذج الانحدار الذاتي [Autoregressive Model AR(p)]

يُستخدم نموذج الانحدار الذاتي للسلسلة الزمنية (Yt) الملاحظة للتنبؤ بالقيم المستقبلية لها، يطلق على هذا النموذج نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة الأولى، وغالبًا ما يختصر AR (1)، ونكتب:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (20)$$

يمثل هذا النموذج نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة الأولى AR (1) لسلسلة زمنية (Yt)، حيث, " β_0 " β_1 هي معلمات النموذج و ε_t هو الحد العشوائي (IID)، وبصفة عامة يمكن كتابة نموذج الانحدار الذاتي إلى الدرجة p كما يلي :

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \beta_3 y_{t-3} \ldots\ldots\ldots \beta_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

ويمكن اعادة كتابة النموذج على النحو التالي :

$$y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p} \beta_i y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (21)$$

3.3.2.5. نماذج المتوسطات المتحركة (MA)

تعتبر نماذج المتوسطات المتحركة (Moving Average) MA(q) فئة أخرى من النماذج الخطية، وفق هذه النماذج يتم كتابة المتغير المدروس كدالة تابعة للحد العشوائي المبطأ زمنياً، فمثلا نموذج MA(1) يكتب كما يلي :

$$y_t = \phi_0 + \phi_1 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t \quad (22)$$

هذا النموذج هو نموذج المتوسطات المتحركة MA (1) لسلسلة زمنية Yt، حيث ϕ_1 " , " ϕ_0 " هي معلمات النموذج و ε_t هو الحد العشوائي (IID).
ويمكن اعادة كتابة النموذج على النحو التالي :

$$y_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^{q} \phi_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t$$

4.3.2.5. النماذج المختلطة ARMA(p,q)

تتمثل النماذج المختلطة في مزيج بين النوعين السابقين؛ نماذج الانحدار الذاتي (AR) ونماذج المتوسطات المتحركة (MA)، وتسمى بنماذج ARMA(p,q)، حيث يمكن كتابة النموذج المختلط من الدرجة الأولى ARMA(1,1) كما يلي :

$$\text{ARMA(1.1)}: y_t = C_0 + \beta_1 y_{t-1} + \phi_1 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

يمكن كتابة النموذج المختلط ARMA(p,q) بصفة عامة إلى درجة التباطؤ أو التأخير p و q كما يلي :

$$y_t = C_0 + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} \ldots + \beta_p y_{t-p} + \phi_1 \varepsilon_{t-1} + \phi_2 \varepsilon_{t-2} \ldots\ldots \phi_p \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t$$

يمكن اعادة كتابة النموذج على النحو التالي :

$$y_t = C_0 + \sum_{i=1}^{p} \beta_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^{q} \phi_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t \quad (24)$$

4.2.5. النمذجة باستخدام السيرورات في الزمن المستمر

تعتمد النمذجة باستخدام السلاسل الزمنية على الزمن المتقطع، في حين أن النمذجة في الزمن المستمر تقوم على أن المتغيرات المدروسة لها قيّم مستمرة عبر الزمن، ويتم استخدام المعادلات التفاضلية العشوائية، وحساب التكامل العشوائي (Li, et al. 2020). إضافة إلى استخدام محاكاة مونتي كارلو (MC)، التي تنطوي عادة على توليد عدد كبير من السيناريوهات لمحاكاة مؤشرات الطقس لتحديد المكاسب المحتملة لمشتق الطقس، تكون قيمة المشتق هي متوسط جميع مكافآت المحاكاة مخصومة وفق القيمة الزمنية للنقود. تكمن أهمية طريقة مونتي كارلو كونها تعتمد على الاختيار الصحيح لمؤشر درجة الحرارة باستخدام البيانات التاريخية، إضافة إلى الحركة البراونية التي تعتبر أهم السيرورات العشوائية في الزمن المستمر، وسيرورة وينر(Agliardi, & Gagliardi, 2021)، وسيرورة "Lemma" إيتو (Ito) (Alexandridis & Zapranis, 2013).

1.4.2.5. سيرورة وينر (Processes Wiener)

يتم تمثيل حركة أسعار الأصول أو مؤشرات الطقس في الغالب كدالة تتبع سيرورة وينر (Wiener)، أو ما يعرف أيضًا باسم الحركة البراونية الحسابية (Agliardi, & Gagliardi, 2021). تتميز هذه الأخيرة ببعض الخصائص المثيرة للاهتمام، ويمكن تقديمها فيما يتعلق بالتغيير في المتغير (W) خلال فترة زمنية (t). نضع (W) للتعبير على متغير يتبع سيرورة وينر و(ΔW) تعبّر عن التغير في قيمته خلال فترة زمنية قصيرة جداً (Δt). تُكتب العلاقة بين (ΔW) و (Δt) وفق المعادلة التالية:

$$\Delta w = \xi \sqrt{\Delta t} \quad (25)$$

حيث يشير (ξ) إلى متغير عشوائي ذو توزيع طبيعي ممركز ومختصر، أي له متوسط صفر وانحراف معياري يساوي واحد، إذا كان التغيّر بين فترتين قصيرتين من الوقت بشكل معقول، فإن قيم (ΔW) تكون مستقلة عن هذه الخصائص، يكون من الواضح أن (ΔW) لها أيضا توزيع طبيعي بمتوسط صفر وانحراف معياري يساوي $\sqrt{\Delta t}$، وتباين Δt (بن الضب، 2020).

إذا أخذنا بعين الاعتبار التغيير في (ΔW) خلال فترة زمنية أطول [0 ، T] ، تتألف من فترات N طولها Δt ، أي = T NΔt، ثم التغيير في W ، من W(0) إلى W(T)، أو (W (T) − W(0)) ، خلال هذه الفترة الزمنية تساوي مجموع التغييرات على فترات أقصر. وبالتالي، يمكن أن نكتب:

$$W(t) - W(0) = \sum_{i=1}^{N} \xi\sqrt{\Delta t} \qquad (25)$$

باستخدام خاصية الاستقلالية، نستنتج من هذه المعادلة الأخيرة أن التغير (W (T) − W(0)) ، يتم توزيعه عادة بمتوسط صفر و تباين NΔt = T ، وانحراف معياري يساوي$\sqrt{T}$. هذه هي سيرورة (Wiener) الأساسية بمعدل صفر أو معدل انحراف ومعدل تباين واحد. يعني متوسط أو معدل انجراف صفر أن التغيير في المستقبل يساوي التغيير الحالي، معدل التباين واحد يعني أن التغيير في وقت T هو 1 × T.

2.4.2.5. خاصية مارتينجال والحركة البراونية

تعتبر فكرة مارتينجال (martingale) مفيدة للغاية في النمذجة المالية، على وجه الخصوص عند تحليل مفهوم المراجحة، يمكن تعريف مارتينجال على النحو التالي:

من خلال النظر في مساحة الاحتمال (Ω، F، P) والقيمة الموجبة $(F_t)_t \geq 0$. الدالة المتكيَّفة موجبة $(M_t)_t \geq 0$ من المتغيرات العشوائية القابلة للتكامل، والتي لها معنى محدد هو (martingale) عندما يكون لجميع المتغيرات هذه الخاصية:

$$E\,(Mt \mid Fs) = Ms \qquad (26)$$

حيث تشير (.) E إلى التوقع الشرطي الرياضي (بن الضب، 2020).

فكرة مارتينجال تؤكد أن أفضل تقريب (Mt)، بالنظر إلى جميع المعلومات المتاحة (Fs)، هي (M_s) فيما يتعلق بالأسواق المالية، وهذا يعني أن أفضل طريقة للتنبؤ بأسعار العقود الآجلة هي استخدام الأسعار الحالية. وبالتالي، فإن استخدام المعلومات الحالية يكافئ استخدام جميع المعلومات التاريخية، حيث أن المعلومات الحديثة فقط هي ذات الأهمية. باستخدام هذا التعريف يكون واضحا أنه عندما يكون التقريب موجباً $(M_t)_t \geq 0$ يشكّل مارتينجال، فإن E (Mt) = E (M_0). إذا كانت $(M_t)_t \geq 0$ عبارة عن حركة براونية معيارية لـ $(F_t)_t$ ، $e^{Wt-0.5\sigma^2 t}$ هي $(F_t)_t$ مارتينجال.

الخصائص الأولى والثانية تميز بأنها سيرورة براونية. الخاصية الثالثة مفيدة عند دراسة ديناميكية أسعار الأصول المالية. في الواقع، غالبا ما يكتب سعر الأصل محل التعاقد على النحو التالي:

$$S_t = S_0 e^{(\sigma Wt - 0.5\sigma^2 t)} \qquad (27)$$

3.4.2.5. سيرورة وينر المعممة

بالنسبة للمتغير (X)، يمكن التعبير عن سيرورة (Wiener) المعممة أو سيرورة براون الهندسية على النحو التالي:

$$\Delta X = \mathrm{adt} + \mathrm{bdW} \qquad (28)$$

حيث a و b ثوابت.

تظهر هذه السيرورة ديناميكية المتغير (X) من حيث الزمن و(dW). يعني الجزء الأول (adt)، الذي يطلق عليه مصطلح الحتمية، أن معدل الانحراف المتوقع لـ (X) هو "a" لكل وحدة زمنية. يظهر الجزء

الثاني (bdW)، المسمى بالمكوّن العشوائي للتباين أو التشويش الأبيض المضافة إلى ديناميكيات (X). وتعطى هذه الضوضاء (Noise) وفق سيرورة (Wiener). عندما يكون المكون العشوائي صفراً، يكون dX = adt أو dX/ dt = a. هذا يعادل $X = X_0 + at$، وبالتالي ، يتم إعطاء قيمة (X) في أي وقت من قبل قيمة الأولية (X_0) بالإضافة إلى الانحراف مضروبا في طول الفترة الزمنية. ويمكن أن نكتب:

$$\Delta X = a\Delta t + b\xi\sqrt{dt} \qquad (29)$$

وبالتالي، كما لاحظنا من قبل، وبما أن (ΔX) لها توزيع طبيعي، فإن متوسطها هو (aΔt)، والانحراف المعياري لها هو $b\sqrt{\Delta t}$ ، وتباينها هو $b^2\Delta t$.

4.4.2.5. حركة أسعار الأصول وفق سيرورة (Ito)

يمكن كتابة سيرورة (Ito) لمتغير (X) على النحو التالي:

$$dX = a(X, t)dt + b(X, t)dW \quad (30)$$

الفرق بين معدّل الانحراف المتوقع، ومعدل التباين على X والوقت t، هو الفرق الرئيسي عن عملية (Wiener) المعممة. وقد استخدمت هذه العملية على نطاق واسع في الأدب المالي، وخاصة لنمذجة ديناميكيات أسعار الأسهم، وتقييم الخيارات من قبل بلاك سكولز (Black & Schools).

نقدم الآن التعريف الرياضي لعملية (Ito). بالنظر إلى مساحة الاحتمال (Ω، Ftt≥0، P) مع الترشيح $(Mt)t\geq T$ والحركة البراونية (F)t.

سيرورة (Ito) هي سيرورة $0\leq t \leq T$ (Mt) لها قيمها في مجموعة الأعداد الحقيقية (R) لكل t ≤ T :

$$Xt = X0 + \int_0^t K_s\, ds + \int_0^t H_s\, dW_s \quad (31)$$

حيث (Kt) و(Ht) هي سيرورات عشوائية تتكيف مع (Ft). سيظهر لاحقا أن الجزء الثاني أعلاه هو مارتينجال. يتم تمثيل ديناميكية سعر الأصل S من خلال سيرورة (Ito) بمعدل الانحراف μS، ومعدل التباين σ^2S^2 على النحو التالي:

$$dS = Sdt + \sigma SdW \qquad (32)$$

يمكن كتابة هذه السيرورة الخاصة بأسعار الأصول، والمعروفة أيضا باسم الحركة البراونية الهندسية (Geometric Brownian Motion) في الزمن المتقطع على النحو التالي:

$$\frac{\Delta S}{S} = \mu\Delta t + \sigma\xi\sqrt{\Delta t} \qquad (33)$$

حيث (ξ) هي عينة عشوائية من توزيع طبيعي بمتوسط صفر وانحراف معياري واحد. عندما يكون معدل التباين لعائد سعر السهم صفراً، يكون الانحراف المتوقع لـ S في الفترة Δt هو:

$$\frac{dS}{S} = \mu dt \text{ أو } dS = \mu Sdt \quad (34)$$

بحيث $S = S_0e^{\mu t}$. عندما يكون معدل التباين غير معدوم و ($S^2S^2\Delta t$) هو التباين في التغيير الفعلي في (S) خلال (Δt)، ديناميكية سعر الأصل يمكن الحصول عليها من خلال الزيادة الفورية المتوقعة في (S) بالإضافة إلى التباين الفوري الذي يُضرب في دالة التشويش الأبيض (dW). يتم الحصول على العائد التناسبي للأصل (S)، على مدى فترة قصيرة من الزمن، من خلال عائد متوقع (μΔt) وعائد عشوائي

يكتب على النحو $(\sigma\xi\Delta dt)$ (بن الضب، 2020). وبالتالي (ΔS/S) ذو توزيع طبيعي، وذو متوسط μΔt، وانحراف معياري $\sigma\sqrt{\Delta t}$، ونكتب:

$$\frac{\Delta S}{S} \approx N\left(\mu\Delta t, \sigma\sqrt{\Delta t}\right) \quad (35)$$

5.4.2.5. طريقة محاكاة مونتي كارلو (MC)

تُستخدم طريقة محاكاة مونت كارلو لنمذجة احتمالية النتائج المختلفة في عملية لا يمكن التنبؤ بها بسهولة بسبب تدخل المتغيرات العشوائية. تعتبر هذه الطريقة تقنية تستخدم لفهم تأثير المخاطر، وعدم اليقين في نماذج التوقع والتنبؤ، ويمكن استخدام محاكاة مونت كارلو لمعالجة مجموعة من التجديّات وفي مجالات مختلفة مثل التمويل، والهندسة، وسلسلة التوريد والعلوم. يشار إليها أيضًا باسم محاكاة الاحتمالات المتعددة. كما استخدمت العديد من الدراسات هذه الطريقة في المجال المالي لتسعير المشتقات المالية، تمت المقارنة بين نماذج الزمن المستمر، ونماذج الزمن المتقطع، وطريقة محاكاة مونتي كارلو لتسعير الخيارات في دراسة (Bendob & Bentouir, 2019).

نظراً لأن العديد من المتغيرات في مجال الأعمال، والتمويل تمتاز بالعشوائية، فإن محاكاة مونت كارلو توفر، مجموعة واسعة من التطبيقات المحتملة في هذه المجالات. يتم استخدامها لتقدير احتمالية تجاوز التكلفة في المشاريع الكبيرة، واحتمال تحرّك سعر الأصل بطريقة معينة. كما تقوم محاكاة مونت كارلو على أنه لا يمكن تحديد احتمالية النتائج المتغيرة بسبب التداخل العشوائي المتغيرات، لذلك تركز محاكاة مونت كارلو على تكرار العينات العشوائية باستمرار لتحقيق نتائج معينة.

تأخذ محاكاة مونت كارلو المتغير الذي يحتوي على عدم اليقين وتخصّص له قيمة عشوائية. ثم يتم تشغيل النموذج ويتم الحصول على النتيجة. تتكرر هذه العملية مراراً وتكراراً أثناء تخصيص المتغير المعني بالعديد من القيم المختلفة. بمجرد اكتمال المحاكاة، يتم حساب متوسط جميع النتائج لتقديم تقدير قيمة المتغير العشوائي[21].

3.5.تحديّات استخدام البيانات التاريخية للتسعير وحدود المشتقات المالية الخاصة بالطقس

في ظل النمو الكبير الذي يشهده سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس، وتطور نماذج التسعير واختلافها، تبقى هذه المنتجات محدودة الاستخدام بسبب المخاطر الناجمة عن التسعير أو الاستخدام. تواجه عملية تسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغير في المناخ، العديد من التحديات أهمها البيانات الخاصة بالمتغيرات المناخية والطقس.

1.3.5. تحديّات استخدام البيانات التاريخية

تعتمد طرق التقييم المختلفة للمشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيّر في المناخ، والمستخدمة حالياً على البيانات التاريخية، والتي تطرح عدداً من التحديات الكبيرة، أهمها توافر البيانات، وتكلفة التوافر، وجودة هذه البيانات. في العديد من الدول لا يمكن تحميل جزء كبير من بيانات الأرصاد الجوية، مما يؤدي إلى زيادة تكاليف الشركة التي ترغب في إدارة مخاطر المناخ. بالإضافة إلى ذلك، يمكن التشكيك في جودة هذه

[21] تم تطوير هذه التقنية لأول مرة من قبل ستانيسلاف أولام (Stanislaw Ulam)، عالم الرياضيات الذي عمل في مشروع مانهاتن، من خلال لعب عدد لا يحصى من ألعاب السوليتير(solitaire)، أصبح أولام مهتماً بالتخطيط لنتائج كل لعبة من هذه الألعاب من أجل مراقبة توزيعها وتحديد احتمالية الفوز. بعد أن شارك فكرته مع جون فون نيومان (John Von Neumann)، تعاون الاثنان لتطوير محاكاة مونت كارلو.

البيانات. في الواقع، غالباً ما توجد محطات الطقس في المناطق الحضرية أو بالقرب من المطارات، وبالتالي يؤثر النشاط البشري على قراءة هذه البيانات. يمكن أيضًا أن تتأثر جودة البيانات من خلال معالجة الأخطاء أو حتى التخريب. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يكون للأطراف المقابلة في العقد الذي يكون أساسه مشتقاً متعلقاً بالطقس مصلحة في تعديل البيانات المسجلة يدوياً. من جهة أخرى الشركة التي تسعى لتغطية مخاطرها لن تجد بالضرورة محطة أرصاد جوية بالقرب من موقعها. إضافة لذلك، إذا كانت شركة تسعى إلى شراء المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيّر في المناخ لمنطقة محدّدة، للتغطية في سوق منظمة، والتي تشمل بعض المواقع الجغرافية المرجعية، وقد لا توجد بها المناطق الرغوب فيها. في حين أنه من الممكن الرجوع إلى المحطات القريبة من موقع الشركة للحصول على بيانات متجانسة نسبياً في الفضاء، مثل درجة الحرارة، لكن هذا غير ممكن بالنسبة للبيانات الأخرى، مثل عمق هطول الأمطار، وسرعة الرياح، التي تعتبر بيانات غير متجانسة للغاية في الفضاء. كما يوجد هناك أحياناً بيانات مفقودة في السجلات المتاحة، ويمكن أن تتراوح هذه الفجوات من يوم واحد إلى عدة سنوات. من الناحية العملية، لإكمال البيانات المفقودة، يتم إجراء تقريب باستخدام البيانات المسترجعة من محطات الطقس القريبة (عندما يكون من الممكن العثور على أي منها). في الأخير تُعد هذه الطريقة مبررة للبيانات المتجانسة مكانيًا مثل درجة الحرارة، ولكنها تصبح أكثر إثارة للجدل بالنسبة للبيانات غير المتجانسة مكانيًا مثل عمق الثلج، أو تساقط الأمطار، وسرعة الرياح.

2.3.5. حدود المشتقات المالية الخاصة بالطقس ومعوّقات التطور

كانت العقبة الأولى أمام تطوير المشتقات المالية الخاصة بالطقس هي إفلاس شركة (Enron) في عام 2001، بسبب الخسائر الناجمة عن عمليات المضاربة في سوق الكهرباء، والتي تم إخفاءها من خلال التجاوزات المحاسبية. كانت إنرون آنذاك هي الأكثر نشاطاً في سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس، ولا سيما من خلال بوابة التداول "إنرون أون لاين". بعد هذا الإفلاس، توقع العديد من المشاركين في السوق نهاية المشتقات المالية الخاصة بالطقس. ومع ذلك، فإن العديد من موظفي (Enron) السابقين، والمنتشرين في مجموعات مختلفة، قد بعثوا حياة جديدة في سوق المشتقات المالية الخاصة بالطقس، مما جعل هذا السوق أقل تركيزاً. كما أدى إفلاس شركة (Enron) إلى خفض تصنيف جميع الشركات العاملة في قطاع الطاقة.

توجد عقبة أخرى أمام تطوير المشتقات المالية الخاصة بالطقس وهي المخاطر الأساسية، أي مخطر انحراف التعويض عن الضرر الفعلي. تتمثل المخاطر في أن المؤشر المستخدم غير مرتبط ارتباطاً وثيقاً بنشاط الشركة. في قطاعات معينة، يعطي المتغير التوضيحي ترجمة جيدة من حيث المبيعات. ولكن في معظم القطاعات الأخرى، نادراً ما تكون العلاقة خطية بين النشاط ومؤشر المناخ، الأمر الذي يتطلب إنشاء مؤشرات مناخية "مصممة خصيصاً" لأنشطة محددة. وعادة ما يقوم بهذه الدراسات المصرفيين أو المختصين في التأمين أو الشركات المتخصصة في إدارة المخاطر. نظراً لأن تكلفة هذه الدراسات عالية، والتي تضاف إلى تكلفة التحوّط، فإن التحوّط باستخدام المشتقات المالية الخاصة بالطقس غالبًا ما يبدو مكلفاً للغاية. أخيراً، يعتبر غياب طرق مرجعية للتسعير، في ظل تعدد النماذج التحدي الأكبر، واختلاف النماذج قد يؤدي إلى زيادة المخاطرة بدلا من التقليل من آثارها.

6. مخاطر التغيرات المناخية في الدول العربية وسبل إداراتها

يؤثر تغيّر المناخ على اقتصادات الدوّل العربية بصفة كبيرة (مع بعض الاختلاف بين الدوّل). حيث يؤدي تغيّر المناخ إلى الاحتباس الحراري لفترات زمنية أطول، مما يجعل بعض المناطق صعبة للعيش، وتشهد تراجعاً في المناطق الزراعية. كما يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى ضغوط شديدة على المحاصيل

الزراعية والموارد المائية، مما قد يساهم في زيادة هجرة السكان، وضعف الاستقرار الاقتصادي والمالي. بذلت الدول العربية العديد من الجهود لتعزيز أهمية جهود التكيّف مع مخاطر تغيّر المناخ، والتخفيف من آثارها.

1.6.واقع مخاطر التغيّرات المناخية في الدوّل العربية وانعكاساتها الاقتصادية

تمتلك الدول العربية إمكانات الطاقة المتجددة كالرياح والطاقة الشمسية بمستويات أعلى من المستوى العالمي، كما أن استغلال هذه المصادر المتجدّدة للطاقة من شأنه أن يساعد الدول العربية في تمكينها من تقليل التأثر بأنظمتها الحالية للطاقة، كما سيؤدي استخدام طاقة الرياح والطاقة الشمسية إلى زيادة إنتاج الكهرباء، وهو أمر مهم، حيث من المتوقع أن يزداد الطلب على الطاقة في غالبية البلدان بشكل كبير في العقود القادمة، بسبب التطور الديموغرافي والاقتصادي، وكذلك الحاجة المتزايدة لمواجهة ظاهرة الاحتباس الحراري.

تعتبر الدول العربية من بين المناطق الأكثر عرضة لتغير المناخ؛ شهدت المنطقة بالفعل تداعيات في شكل أحداث مناخية شديدة وموجات حر مرتفعة، وما لذلك من آثار على الزراعة، والأمن الغذائي، وجميع القطاعات الاقتصادية ذات الأثر المباشر أو غير المباشر. على الرغم من الجهود المبذولة في هذا المجال، لازالت جهود التخفيف والتكيّف من قبل الدول العربية لمكافحة تغير المناخ تحتاج إلى المزيد من الدعم والتطوير. تلتزم الدول العربية بمواجهة تحديّات تغير المناخ، حيث صادقت أغلب الدول العربية على اتفاقية باريس (المناخ) لعام 2015. في الوقت نفسه، أنشأت الدول العربية هيئات، وأطراً، وأطلقت مبادرات متعددة للتكيف مع تغيرات المناخ عبر قطاعات متعددة، بما في ذلك قطاع الطاقة، والنقل، والزراعة. كما تشير بعض الدراسات إلى أن معظم الدول العربية تواجه نقص حاد في المياه بسبب تدهور إمدادات المياه، وزيادة الطلب. تتبنى الدول العربية، بشكل فردي أو/و جماعي، اتفاقية باريس وتنخرط في التدابير اللازمة للمواجهة والتكيف مع مخاطر تغير المناخ. علاوة على ذلك، فإن الدول العربية على قدم المساواة مع بقية العالم عند التعامل مع قضايا تغير المناخ (Djoundourian, 2021).

2.6.المبادرات العربية بخصوص التغيّرات المناخية

توجد العديد من المبادرات في مجال مخاطر التغيرات المناخية على مستوى دولنا العربية، ونوجز أهمها على سبيل الذكر لا الحصر في ما يلي:

1.2.6. مبادرة الشرق الأوسط الأخضر (السعودية)

تعتبر "مبادرة الشرق الأوسط الأخضر"، مبادرة جديدة من نوعها، أطلقتها المملكة العربية السعودية في مارس 2021، بهدف توحيد، وتنسيق جهود مختلف دول المنطقة لتحقيق الحفاظ على البيئة، والحد من تداعيات تغيّر المناخ، حيث عملت المملكة العربية السعودية على تطوير منهجية عملية من أجل تحقيق الأهداف المرجوة من هذه المبادرة، إضافة إلى اتخاذ الإجراءات الممكنة لمكافحة تغير المناخ الناجم عن الاحتباس الحراري، من خلال العمل على زيادة الغطاء النباتي، والعمل على اتخاذ الإجراءات، والتدابير اللازمة للحد من التلوث، وانبعاثات الكربون، وكذلك العمل على الحفاظ على الحياة البحرية، ووضع استراتيجيات لذلك، والحد من التدهور الزراعي في منطقة الشرق الأوسط.

تهدف "مبادرة الشرق الأوسط الأخضر" بصفة عامة إلى حماية كوكب الأرض من التغيرات التي تسببت له في أضرار جسيمة، والتي بدأت عواقبها تتجلى في المناخ، وبالتالي تراجع في جودة البيئة، وجودة الحياة،

إضافة إلى اختلال التوازن البيئي مما يهدّد ضمان مستقبل آمن للأجيال المستقبلية، إذا لم يتم اتخاذ إجراءات عاجلة لحمايته، كما سيتعرض كوكب الأرض لمخاطر بيئية لا حصر لها، وسيهدد مستقبل الحياة عليه، وفيما يلي أهم أهداف المبادرة:

- زراعة 50 مليار شجرة في الشرق الأوسط.
- زراعة 10 مليارات شجرة في المملكة العربية السعودية وحدها ضمن "مبادرة السعودية الخضراء".
- استصلاح 200 مليون هكتار من الأراضي الزراعية المتدهورة من خلال التشجير.
- العمل على تقليل انبعاثات الكربون العالمية بنسبة 2.5 في المائة من إجمالي انبعاثات الهواء.
- خفض انبعاثات الكربون من إنتاج النفط والغاز في الشرق الأوسط بأكثر من 60 بالمائة.
- المساهمة في تطوير حلول مبتكرة لتحديّات المناخ المستقبلية.

انطلقت فعاليّات "مبادرة الشرق الأوسط الأخضر" في العاصمة السعودية الرياض يوم الاثنين 25 أكتوبر 2021 ، بحضور قادة دول من مختلف أنحاء العالم، فضلاً عن أولئك المهتمين بصناعة الطاقة، والمنظمات البيئية، بهدف دعم الجهود الدولية في مجال الإصلاح البيئي والمناخي، والعمل على تحقيق الإجراءات المتفق عليها التي ستتخذها الدول المشاركة للوفاء بالتزاماتها المشتركة المتعلقة بالحفاظ على البيئة. قرّرت القمة تشكيل أول تحالف للدول لمواجهة تغير المناخ في المنطقة، وتحفيز الاستثمار في الطاقة النظيفة والتحوّل نحو مصادر الطاقة المتجددة بدلا عن المصادر التقليدية التي تزيد من انبعاثات الكربون. كما ناقشت المبادرة العديد من القضايا المتعلقة بالمناخ، والمستقبل، والشباب، والطاقة وغيرها. ومن أبرز الدول المشاركة في قمة الشرق الأوسط الأخضر إضافة إلى المملكة العربية السعودية هي: الكويت، اليونان، المغرب، باكستان، تونس، الأردن، العراق، قطر، جيبوتي، مصر، والجزائر[22].

2.2.6. مبادرة دولة الإمارات العربية المتّحدة

منذ مصادقة دولة الإمارات العربية المتحدة على اتفاقية باريس لعام 2015، وضعت حكومة دولة الإمارات العربية المتحدة وفق رؤية الإمارات الأجندة الخضراء 2015 - 2030 ، والخطة الوطنية للتغيّر المناخي 2017-2050 ، بالإضافة إلى مجموعة من الاستراتيجيات والسياسات الأخرى في قطاعات العمل. وتحديداً في القطاع المالي، أصدرت وزارة التغيّر المناخي والبيئة إطاراً للتمويل المستدام لدولة الإمارات للفترة 2021 - 2031، كما قامت مجموعة عمل التمويل المستدام في دولة الإمارات بوضع مبادئ إرشادية للتمويل المستدام في عام 2020، بالإضافة إلى بيان رفيع المستوى حول التمويل المستدام في عام 2021، حيث تشمل المحاور والملامح الرئيسية على سبيل الذكر لا الحصر ما يلي:

- يلتزم القطاع المالي في دولة الإمارات بتحقيق الأهداف، والبرامج المناخية الخاصة بدولة الإمارات.
- توفير فرص استثمارية لدعم بيئة تحقق ازدهاراً للتمويل المستدام، لضمان استقرار النظام المالي، وتعزيز الشفافية، وتحقيق منافع للتنمية المستدامة على المدى البعيد.
- اعتماد نهج متزن في إدارة المخاطر.
- تشجيع المؤسسات المالية على توسيع نطاق منتجاتها، أو محافظها، وأسواقها في مجالات المنتجات الخضراء والمستدامة.

[22] https://www.saudigreeninitiative.org/ar/ (22/06/2022)

اشتملت المبادئ الإرشادية للتمويل المستدام الصادرة في عام 2020 على خارطة طريق للكيانات المالية الإماراتية، بهدف وضع استراتيجيات تشتمل على ممارسات مستدامة في أنشطة عملها، وعلى عملية صنع القرار، وإدارة المخاطر.

أبرز الجهود التي قام بها المصرف المركزي الإمارتي في دعم التمويل الأخضر، هي:

- إعداد مبادئ إرشادية حول التمويل المستدام في عام 2020.
- إصدار بيان رفيع المستوى حول التمويل المستدام في عام 2021.
- استثمار جزء من احتياطيات المصرف المركزي في الأصول المالية التي تستوفي المعايير البيئية والاجتماعية ومعايير الحوكمة.
- عمليات تقييم المعايير البيئية والاجتماعية ومعايير الحوكمة للمؤسسات المالية، واستبيان المخاطر المناخية.

3.2.6. البرنامج الوطني للاقتصاد الدائري للكربون (السعودية)

أطلقت المملكة العربية السعودية خلال رئاستها لمجموعة العشرين (G20) مفهوم الاقتصاد الدائري للكربون، والذي تمت الموافقة عليه من مجموعة العشرين كإطار متكامل وشامل لمعالجة التحديات المترتبة على انبعاثات الغازات الدفيئة وإدارتها بشتى التقنيات المتاحة، ويمثل هذا النهج طريقة مستدامة اقتصادياً لإدارة الانبعاثات باستخدام أربعة استراتيجيات تعرف بالرّاءات الأربعة (4R) وهي : التخفيض (**R**educe)، وإعادة الاستخدام (**R**euse)، والتدوير(**R**ecycle)، والإزالة (**R**emove). يهدف هذا البرنامج إلى رسم خارطة طريق شاملة تتضمن الأسس، والمبادئ الرئيسية لإحلال وتوطين التقنيات المتقدمة في مجال إدارة الكربون عبر تطبيق مفهوم الاقتصاد الدائري للكربون، كما يعد هذا البرنامج ثمرة جهود مشتركة مع الجهات ذات العلاقة في صياغة آليات تنفيذ مشتركة تشمل جميع النواحي الفنية، والإدارية، والهندسية، والمعيارية من أجل تحقيق الأهداف الاستراتيجية المتمثلة في تحقيق النمو الاجتماعي، والاقتصادي بطرق مستدامة، وتعزيز الحلول المتكاملة لمواجهة ظاهرة تغير المناخ، وضمان القيادة عالمياً في مجال الاقتصاد الدائري للكربون. يتماشى هذا البرنامج مع رؤية المملكة 2030، عبر برامجها الهادفة إلى تحقيق تحوّل اجتماعي ونمو أكثر استدامة اقتصادياً، بالمواءمة والعمل مع كافة القطاعات التنموية بالمملكة مثل الطاقة، والصناعة، والمياه، والزراعة، والسياحة، وغيرها من القطاعات.

4.2.6. مبادرة بورصة أبوظبي لتداول الكربون (الإمارات العربية المتحدة)

أطلق سوق أبوظبي المالي العالمي الإطار التنظيمي لتداول الكربون في مارس 2022[23]، كما يعمل على إطلاق أول بورصة إلكترونية في العالم لتداول أرصدة الكربون، وغرفة المقاصة الخاصة به في العاصمة أبوظبي من خلال سوق أبوظبي المالي العالمي، حيث تنظم أرصدة الكربون كسلع لتجارة أرصدة الكربون وتعويضات الانبعاثات، وإصدار تراخيص التداول لتشغيل أسواق السلع فورية الدفع، ومشتقات السلع. وسيتيح الإطار التنظيمي للشركات بتداول وتمويل تجارة الكربون، كما هو الحال مع تداول الأصول المالية التقليدية، وبالتالي زيادة نسبة المشاركة، والاستثمار في برامج الحد من الكربون وتعويضه. سيتم إنشاء هذه المنصة الأولى من نوعها في العالم، ويتوقع إطلاقها خلال عام 2022، بهدف تقديم تداول فعّال للمشاركين

[23] https://www.adgm.com/documents/announcements/2022/20220329-abudhabi-aims-to-establish-world-1st-carbon-trading-exc-n-clearing-house-ar.pdf

والعملاء في السوق، وتخفيف مخاطر عمليات التسوية، وتمكينهم من الحصول على خدمات التسعير بشفافية[24].

5.2.6. مبادرة خفض الانبعاثات بنسبة 45% (المملكة المغربية)

وضعت المملكة المغربية استراتيجية وطنية للتنمية المستدامة في عام 2017، والتي تحدّد الأهداف ذات الأولوية الوطنية لفترة 2017-2030، بما في ذلك، تعزيز الحوكمة من أجل التنمية المستدامة، وضمان نجاح الانتقال إلى الاقتصاد الأخضر، وتحسين إدارة الموارد الطبيعية، والحفاظ على الموارد البيولوجية، وتسريع تنفيذ سياسة وطنية لمكافحة تغير المناخ، مع تركيز الجهود على المناطق المعرّضة للتدهور البيئي. كما تم إرساء استراتيجيات وطنية أيضا للتعامل مع الآثار المناخية والبيئية للقطاعات الرئيسية[25]، بما في ذلك:

- **الطاقة:** وضعت المملكة المغربية استراتيجية وطنية للانتقال الطاقي لتحقيق مزيج طاقي في أفق 2030 يزاوج بين الطاقات المتجددة بنسبة 52 في المائة، مع الالتزام بتخفيف غازات الاحتباس الحراري بنسبة 42 في المائة.
- **الخدمات اللوجستية/النقل**: وضعت المملكة المغربية في عام 2016 استراتيجية وطنية لوجستية تحت مسمى (اللوجيسيك الأخضر) " تهدف إلى تخفيض استهلاك الطاقة، وانبعاثات الغازات المترتبة عن النقل البرّي عبر الطرقات بنسبة 35 في المائة في عام 2030، وتكاليف النقل بنسبة 5 في المائة. كما تهدف المبادرة إلى التحوّل إلى وسائل نقل أقل تلويثاً للبيئة.
- **الزراعة:** أطلقت المملكة المغربية في عام 2020 استراتيجيتها الزراعية الجديدة المعروفة بالجيل الأخضر 2020-2030، مع الاعتماد على مخطط المغرب الأخضر، الرامي إلى تعزيز قدرة القطاع الزراعي على مواجهة تحديات التغيرات المناخية، وتخفيض الأنشطة الفلاحية المعتمدة على تساقط الأمطار.
- **ترشيد استعمال المياه:** قامت المملكة المغربية في عام 2009 بتنفيذ برنامج وطني لتوفير مياه الري من أجل استعمل عقلاني/إيجابي لهذه الفئة من الموارد في ظرفية تتسم بالندرة، وارتفاع تكلفة الطاقة المستعملة في الري.
- **البناء:** أطلقت المملكة المغربية استراتيجية وطنية تسمى "النجاعة الطاقية"، التي تهدف إلى تخفيض استهلاك الطاقة بنسبة 20 في المائة آفاق 2030 في القطاعات الرئيسة، بما في ذلك قطاع البناء. كما أدرجت وزارة السكن وسياسة المدينة خلال سنة 2014، بالتعاون مع وزارة البيئة و"الوكالة الوطنية لتنمية الطاقات المتجددة والنجاعة الطاقية" نظم عامة للبناء، والتي تحدّد قواعد ترشيد استهلاك الطاقة للبنايات من أجل المساهمة في خفض فاتورة الطاقة، وخفض انبعاثات الغازات المسببّة للاحتباس الحراري.

[24] https://www.adgm.com/media/announcements/abu-dhabi-to-launch-first-regulated-carbon-credit-trading-exchange-and-clearing-house-in-the-world

[25] https://www.cese.ma/media/2020/11/Av-transitionEnergetique-a-1.pdf

3.6.جهود صندوق النقد العربي في مجال التغيرات المناخية وآثارها على القطاع المالي

يبذل صندوق النقد العربي جهوداً معتبرةً فيما يخص قضايا مخاطر التغيرات المناخية، والتمويل الأخضر والمستدام، بهدف المساهمة في دعم جهود تحقيق التنمية المستدامة والاستقرار المالي في الدول العربية. في هذا الصدد نظّم الصندوق العديد من الورش عالية المستوى، ودورات تدريبية، كما أصدر مبادئ إرشادية، إضافة إلى إعداد دراسات وبحوث منشورة في هذا المجال.

1.3.6. دورة حول "المخاطر المالية المرتبطة بالمناخ" خلال الفترة 14-16 فبراير 2022

نظراً للأهمية البالغة للتغيرات المناخية وآثارها على الاستقرار الاقتصادي، والمالي، نظم صندوق النقد العربي في فبراير 2022 دورة حول "المخاطر المالية المرتبطة بالمناخ بالتعاون مع بنك التسويات الدولية.

2.3.6. دورة تدريبية حول التمويل الأخضر والمستدام

كما نظّم الصندوق دورة تدريبية في مايو 2022 ، بهدف دعم الجهود الرامية إلى دعم السلطات النقدية والمالية في الدول العربية في موضوع المسؤولية تجاه القضايا المتعلقة بالتغيرات المناخية، والتوجه نحو التمويل الأخضر، من خلال تدريب إطارات وكوادر بشرية متخصصة وعلى إطلاع دائم بالمستجدات الدولية والجهوية في مجال التمويل الأخضر وتمويل المناخ.

3.3.6. تقرير الاستقرار المالي

يصدر الصندوق سنوياً تقرير الاستقرار المالي في الدول العربية، الذي يتضمن فصلاً حول الجوانب المتعلقة بمخاطر تغيرات المناخ، مع إبراز تجارب الدول العربية الرائدة في هذا المجال.

4.3.6. تداعيات تغير المناخ والكوارث الطبيعية على الاستقرار المالي

أصدر صندوق النقد العربي دراسةً حول تداعيات تغير المناخ، والكوارث الطبيعية على الاستقرار المالي بالشراكة مع البنك المركزي التونسي، حيث تم تسليط الضوء على أثر المخاطر الناجمة عن الكوارث الطبيعية وتغيرات المناخ على الاستقرار المالي (صندوق النقد العربي، 2021).

5.3.6. كيفية تعامل المصارف المركزية مع تداعيات الكوارث الطبيعية وتغيرات المناخ على النظام المصرفي والاستقرار المالي

يقدّم صندوق النقد العربي الدعم، والمعونة الفنية لدوله الأعضاء في مجال تطوير القطاع المالي، بما يساهم في تعزيز الاستقرار المالي، والوصول للخدمات المالية في المنطقة العربية، حيث تم إعداد مبادئ إرشادية حول كيفية تعامل المصارف المركزية ومؤسسات النقد العربية مع تداعيات الكوارث الطبيعية، وتغيرات المناخ على النظام المصرفي، والإستقرار المالي في الدول العربية ((صندوق النقد العربي، 2020)[26].

[26] https://www.amf.org.ae/sites/default/files/publications/2022-01/general-guiding-principles-on-how-central-banks-should-deal-with-the-repercussions-of-natural-disasters-and-climate-changes-on-the-banking-system-and-financial-stability.pdf

7. الخلاصة والتوصيات

شهدت السنوات الأخيرة ابتكارات في الأدوات المالية المشتقة المتعلقة بالمخاطر البيئية والمجتمعية والحوكمة، مثل العقود الآجلة للحوكمة البيئية، والمجتمعية، والحوكمة، والمشتقات المالية للكربون، وكذلك المشتقات المالية للمياه، إضافة إلى مشتقات مالية خاصة بدرجة الحرارة. تهدف هذه الابتكارات إلى توفير إمكانيات للتحوّط من هذه المخاطر في أسواق مختلفة. حيث لا تزال هناك حاجة إلى مزيد من البحث حول فعّالية هذه المنتجات في التحوّط من المخاطر المناخية، بغية فهم دورها في إدارة المخاطر بشكل أفضل، ووضع إطار عمل لها، لكي تبقى هذه الأدوات بعيدة عن الممارسات غير المسؤولة للتمويل الأخضر، أو ما يعرف بالغسل الأخضر (Greenwashing).

تناقش هذه الورقة موضوع إدارة مخاطر التغيرات المناخية باستخدام المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغير في المناخ، حيث تم في البداية التركيز على فهم نظام المناخ، وأهم الغازات المسببة للاحتباس الحراري، وأهم المخاطر المالية الناجمة عن التغيرات المناخية، والمشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية، وطرق تسعيرها، مع الوقوف على واقع المخاطر المناخية في الدول العربية، وطرق إدارتها مع التركيز على المبادرات العربية في هذا المجال. بناءً على ما ورد في الدراسة نخلص إلى ما يلي:

- مخاطر التغيرات المناخية تؤثر على النشاط الاقتصادي عموماً، وعلى القطاع المالي خصوصاً، من ناحية المخاطر المادية، وهذا ليس بالجديد، بل الجديد هو ما تعلّق بمخاطر التحوّل خاصة ما تعلّق بالسياسات الخاصة بانبعاثات غاز الكربون، وسلوك المتعاملين إضافة للتطورات التقنية.
- تعتبر مخاطر التحوّل ذات تداعيات لا تقلّ أهمية عن المخاطر المادية، في ظل التوجه نحو التقاضي المناخي وما له من تداعيات كبيرة خاصة للدول العربية ذات الانبعاثات الكربونية العالية.
- تساهم المشتقات المالية الخاصة بالتغيرات المناخية في إدارة مخاطر التغيرات المناخية، لكنها تواجه تحديات كبيرة، لاسيما بخصوص طرق التسعير، مما قد يحوّل المزايا إلى مخاطر.
- الإفصاح عن آثار مخاطر التغيرات المناخية، من شأنه أن يساهم في تعزيز إدارة مخاطر التغيّرات المناخية.
- يُعد بناء مؤشرات، وقاعدة بيانات خاصة بالتغيرات المناخية في الدول العربية، أمراً بالغ الأهمية في إدارة مخاطر التغيرات المناخية.
- لا توجد طريقة مرجعية واضحة المعالم لتسعير المشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية.
- التسعير غير العادل للمشتقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية من شأنه أن يزيد من المخاطر بدلاً من إدارتها.
- محدودية البحث في آثار مخاطر التغيرات المناخية على القطاع المالي في الدول العربية.
- لجوء العديد من المنظمات إلى المحاكم بخصوص القضايا البيئية في عام 2022، حيث يمكن اعتبار عام 2022 بداية عصر التقاضي المناخي.
- تمثّل سوق الكربون وقضايا تسعير الكربون مواضيع بالغة الأهمية للدول العربية لا سيما النفطية منها، في مجال إدارة مخاطر التغيرات المناخية.

وبناءً على هذه النتائج توصي الدراسة بما يلي:

- بناء قاعدة بيانات للتغيرات المناخية في الدول العربية، على مستوى كل دولة، وعلى مستوى المنطقة العربية ككل، وتوفير مؤشرات للتغيرات المناخية.
- ضرورة اهتمام شركات التأمين بالمشتقات المالية الخاصة بالتغيرات المناخية، كونها تمثّل تحدياً لصناعة التأمين في المستقبل.
- تشجيع البحث العلمي في مجال المشتقات المالية الخاصة بالتغيرات المناخية.
- الاهتمام بآثار مخاطر التحول على القطاع المالي بصورة لا تقلّ أهمية عن المخاطر المادية.
- وضع إطار عام لتداول المشقات المالية الخاصة بالطقس والتغيرات المناخية خارج إطار البورصة.
- تشجيع الإفصاح عن التغيرات المناخية وآثارها على الشركات، والبنوك والقطاعات.
- الاستفادة من فرص التقنيات المالية الحديثة في مجال إدارة مخاطر التغيرات المناخية، لا سيما ما يتعلق بالذكاء الاصطناعي، تعلّم الآلة، والتنقيب في البيانات، وتوظيف البيانات الضخمة والتنبؤ الآني (Nowcasting).
- العمل على إنشاء مؤشرات للتمويل الأخضر، والتغيرات المناخية في الدول العربية.
- بناء منظومة قانونية متكاملة في مجال التقاضي المناخي، مع الاستفادة من التجارب الدولية.
- التركيز على قضايا تسعير الكربون، وتمويل اقتصاد الكربون الدائري، وما له من أهمية للدول العربية.

قائمة المراجع

صندوق النقد العربي (2020)، مبادئ إرشادية عامة حول كيفية تعامل المصارف المركزية مع تداعيات الكوارث الطبيعية وتغيرات المناخ على النظام المصرفي والاستقرار المالي.

صندوق النقد العربي (2022)، تقرير الاستقرار المالي في الدول العربية.

علي عبد القادر بن الضب (2020)، مبادئ الهندسة المالية، دار الحامد، عمّان.

Agliardi, E., & Agliardi, R. (2021). Pricing climate-related risks in the bond market. *Journal of Financial Stability*, *54*, 100868.

Alexandridis, A. K., & Zapranis, A. D. (2013). Weather Derivatives . Springer, New York, NY.

Bartkowiak, M. (2009). Weather derivatives. *Zeszyty Naukowe/Poznań University of Economics*, *112*, 5-16.

Basel Committee on Banking Supervision. (2021a), Climate-related financial risks –measurement methodologies, BIS, ISBN 978-92-9259-471-8 (online).

Basel Committee on Banking Supervision. (2021b), Climate-related risk drivers and their transmission channels, BIS, ISBN 978-92-9259-472-5 (online)

Bendob, A., & Bentouir, N. (2019). Options pricing by Monte Carlo Simulation, Binomial Tree and BMS Model: A comparative study of Nifty50 options index. *Journal of Banking and Financial Economics*, *1*(11), 79-95.

Boyle, C. F., Haas, J., & Kern, J. D. (2021). Development of an irradiance-based weather derivative to hedge cloud risk for solar energy systems. *Renewable Energy*, *164*, 1230-1243.

Bressan, G. M., & Romagnoli, S. (2021). Climate risks and weather derivatives: A copula-based pricing model. *Journal of Financial Stability*, *54*, 100877.

Buchholz, M., & Musshoff, O. (2014). The role of weather derivatives and portfolio effects in agricultural water management. *Agricultural Water Management*, *146*, 34-44.

Cao M, Wei J (2004) Weather derivatives valuation and market price of weather risk. J Future Markets 24(11):1065–1089

Ceniceros. R, (2006) Weather derivatives running hot. Bus Insur 40(32).

Dietz, S., Bowen, A., Dixon, C., & Gradwell, P. (2016). 'Climate value at risk'of global financial assets. Nature Climate Change, 6(7), 676-679.

Djoundourian, S. S. (2021). Response of the Arab world to climate change challenges and the Paris agreement. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 21(3), 469-491.

Edwards M, Simmons P (2004) Preliminary results for the measurement of willingness to pay for climate derivatives. In: 48th annual conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society, Melbourne, Feb 2004.

Gabbi G, Zanotti G (2005) Climate variables and weather derivatives: gas demand, temperature and the cost of weather for a gas supplier. http://www.efmaefm.org/efma2005/papers/285-zanotti_paper.pdf. Accessed 12 Aug 2008

Hamisultane H (2008) Which method for pricing weather derivatives ? https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00355856/document

Hamisultane, H. (2007). *Evaluation des dérivés climatiques sur degrés-jours* (Doctoral dissertation, Université de Nanterre-Paris X).

IPCC (2022) *Summary for Policymakers* [Online] https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf (10/05/2022)

Jewson S (2004) Introduction to weather derivative pricing. http://ssrn.com/abstract¼557831

Li, P., Lu, X., & Zhu, S. P. (2020). Pricing weather derivatives with the market price of risk extracted from the utility indifference valuation. *Computers & Mathematics with Applications*, *79*(12), 3394-3409.

Little, L. R., Hobday, A. J., Parslow, J., Davies, C. R., & Grafton, R. Q. (2015). Funding climate adaptation strategies with climate derivatives. *Climate Risk Management*, *8*, 9-15.

Liu, Z., & Huang, S. (2021). Carbon option price forecasting based on modified fractional Brownian motion optimized by GARCH model in carbon emission trading. *The North American Journal of Economics and Finance*, *55*, 101307.

Medany, M. (2008). Impact of climate change on Arab countries. *Arab environment: Future challenges*, *22*, 127.

Piovani, G., Torluccio, G., & Cotugno, M. (2012). Weather Derivatives Market and The Italian Case. *European Journal of Social Sciences*, *30*(3), 352-365.

Pirrong C, Jermakyan M (2008) The price of power: the valuation of power and weather derivatives. J Bank Finance 32(12):2520–2529

Pollard, J. S., Oldfield, J., Randalls, S., & Thornes, J. E. (2008). Firm finances, weather derivatives and geography. *Geoforum*, *39*(2), 616-624.

Stroebel, J., & Wurgler, J. (2021). What do you think about climate finance?. *Journal of Financial Economics*, *142*(2), 487-498.

Štulec, I., Petljak, K., & Naletina, D. (2019). Weather impact on retail sales: How can weather derivatives help with adverse weather deviations?. *Journal of Retailing and Consumer Services*, *49*, 1-10.

Sun, B., & van Kooten, G. C. (2015). Financial weather derivatives for corn production in Northern China: A comparison of pricing methods. *Journal of Empirical Finance*, *32*, 201-209.

Sun, Y., Yang, Y., Huang, N., & Zou, X. (2020). The impacts of climate change risks on financial performance of mining industry: Evidence from listed companies in China. *Resources Policy*, *69*, 101828.

Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) (2017) *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures: Final report* [Online] FINAL-2017-TCFD-Report-11052018.pdf (bbhub.io)

Thompson, S. (2021). *Green and Sustainable Finance: Principles and Practice* (Vol. 6). Kogan Page Publishers.

Venturini, A. (2022). Climate change, risk factors and stock returns: A review of the literature. *International Review of Financial Analysis*, *79*, 101934.

Zanotti G, Gabbi G, Laboratore D (2003) Climate variables and weather derivatives: gas demand, temperature and seasonality effects in the Italian case. http://ssrn.com/abstract¼488745.

Zapranis A, Alexandridis A (2009) Model identification in wavelet neural networks framework. In: Iliadis L, Vlahavas I, Bramer M (eds) Artificial intelligence applications and innovations III, vol IFIP 296, Springer, New York, pp 267–277

Zhao, L., & Wen, F. (2022). Risk-return relationship and structural breaks: Evidence from China carbon market. *International Review of Economics & Finance*, *77*, 481-492.