# مستقبليات

العـــدد الثالث - مـــايو 2025

## سفينة نوح

### قراءة استباقية في كوارث الكوكب وصدماته المقبلة

- ماذا لو حدثت جائحة جديدة؟ ... هل نحن مستعدون؟
- الثورانات والاضطرابات: مخاطر البراكين في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا
- التهديد الشمسي الصامت: كيف يواجه الشرق الأوسط أخطارًا خفية من الفضاء
- التهديدات الكونية: الخطر الحقيقي للكويكبات ولماذا يجب على منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا الاستعداد لها
- كارثة وشيكة: ماذا لو اندلعت حرب نووية في الشرق الأوسط؟

مركز الحبتور للأبحاث

www.habtoorresearch.com

مركز الحبتور للأبحاث

مـــايو 2025

# سفينـــــة نـوح

## قـراءة اسـتباقية فـي كـوارث الكوكـب وصدماتـه المُقبلـة

يسـعى مركـز الحبتـور للأبحـاث إلـى أن يكـون مركـزًا رائـدًا للتميـز فـي الدراسـات السياسـية والاقتصاديـة والإنـذار المبكـر فـي المنطقـة. وتتمثـل رؤيتنـا فـي تعزيـز السياسـات وصنـع القـرارات المسـتنيرة المبنيـة علـى الأدلـة التـي تُعـزز التنمية المسـتدامة، وتقـوي المؤسسـات، وتعـزز السـلام والاسـتقرار الإقليميين. نحـن ملتزمـون بتقديـم حلـول مبتكـرة للتحديـات الأكثـر إلحاحًـا فـي المنطقـة مـن خـلال البحـث والتحليـل والحـوار.


الرئيـس التنفيـذي

**إسـلام غُنيم**

المديـر البحثـي

**د. عـزة هاشم**

تحرير

**بسنت عبد الفتاح**

**د. محمـد شادي**

الكُتاب

**بسنت عبد الفتاح**

**حبيبة ضياء الدين**

**د. محمـد شـادي**

**أحمـد السعيد**

**مصطفى أحمـد**

إخـراج فني

**د. رانيـا حـواس**

للتواصـل معنـــا

**E-mail:** info@habtoorresearch.com

**Website:** www.habtoorresearch.com

# جدول المحتـــويات


**تقديم** ..... 1
بقلم: د.عزة هاشم

**ماذا لو حدثت جائحة جديدة؟.....هل نحن مستعدون؟** ..... 2
بقلم: بسنت عبد الفتاح

**الثورانات والاضطرابات: مخاطر البراكين في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا** ..... 10
بقلم: حبيبة ضياء الدين

**التهديد الشمسي الصامت: كيف يواجه الشرق الأوسط أخطارًا خفية من الفضاء** ..... 17
بقلم: د. محمد شادي

**التهديدات الكونية: الخطر الحقيقي للكويكبات ولماذا يجب على منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا الاستعداد لها** ..... 33
بقلم: أحمد السعيد

**كارثة وشيكة: ماذا لو اندلعت حرب نووية في الشرق الأوسط؟** ..... 41
بقلم: مصطفى أحمد

# تقـديم

في زمن تتسارع فيه التحولات وتتعاظم التهديدات، يصبح من غير الكافي أن نكون شهودًا على الكوارث بعد وقوعها، بل تصبح الحاجة ماسة إلى الرؤية الاستباقية، والتحرك قبل أن تدق ساعة الخطر. من هنا، يأتي هذا الإصدار الدوري لمركز الحبتور للأبحاث، تحت عنوان **"سفينة نوح: قراءة استباقية في كوارث الكوكب وصدماته المُقبلة"**، ليكون بمثابة ناقوس إنذار مبكر، ودعوة للاستعداد قبل فوات الأوان.

ولم يكن اختيار اسم "سفينة نوح" عنوان لهذا العدد من قبيل المصادفة، فكما كانت تلك السفينة رمزًا للنجاة من طوفان اجتاح العالم، نأمل أن يكون هذا الإصدار بمثابة سفينة معرفية تحمل في طياتها (وعيًا مبكرًا) بالمخاطر، ورؤية استراتيجية لمواجهتها والتأقلم معها. بل محاولة لتجاوز ردود الفعل المتأخرة نحو بناء قدرة حقيقية على الاستباق والتخطيط والنجاة.

يندرج هذا العمل ضمن سلسلة الإصدارات الدورية التي يحرص مركز الحبتور للأبحاث على تقديمها، بوصفه مركز فكر عربي مستقل، يتبنى مقاربة تقوم على الإنذار المبكر واستشراف التهديدات الكبرى التي قد تطال الوطن العربي، سواء كانت ناتجة عن عوامل طبيعية، أو بفعل التطورات السياسية والتكنولوجية والصراعات الإقليمية والدولية.

وفي هذا العدد، نخوض تجربة غير تقليدية، حيث نسلط الضوء على أنماط من المخاطر التي لم تحظَ باهتمام كافٍ من قبل مراكز الفكر في العالم العربي، رغم أنها تحمل في طياتها تهديدات وجودية حقيقية. فنحن لا نتناول فقط المخاطر الأمنية والسياسية المألوفة، بل نذهب إلى أبعد من ذلك، نحو ملفات قلّما تجد طريقها إلى الأجندات البحثية العربية، ومنها: البراكين والكويكبات والعواصف الشمسية والتهديدات القادمة من الفضاء الخارجي، وما يمكن أن تمثله من أخطار على الحياة على الأرض والمنطقة العربية، كذلك المخاطر النووية، سواء تلك الناجمة عن الحروب، أو عن حوادث تسرب إشعاعي، أو حتى كسيناريوهات محتملة مرتبطة بالهجمات السيبرانية على منشآت نووية، كما يتطرق أيضا إلى الأوبئة والجوائح، ليس فقط من زاوية انتشار الأمراض، بل من حيث آثارها الهيكلية على الاقتصادات والمجتمعات، وارتباطها بتحولات النظام العالمي.

إن هذا الإصدار لا يدّعي امتلاك الإجابات النهائية، لكنه يطمح لأن يكون خطوة أولى نحو بناء وعي جمعي أكثر حساسية للمخاطر، وأكثر قدرة على الاستعداد لها. فالمعرفة، حين تكون مبكرة، تتحول إلى قوة. والاستشراف، حين يكون دقيقًا، يتحول إلى أداة إنقاذ.

نضع بين أيديكم هذا العمل في وقت دقيق، ونأمل أن يسهم في فتح نوافذ جديدة للنقاش والتخطيط، وأن يكون مدخلًا لتعاون عربي أوسع في مجال رصد المخاطر وبناء أنظمة فعّالة للإنذار المبكر.

**د. عزة هاشم**

المدير البحثي، مركز الحبتور للأبحاث

# ماذا لو حدثت جائحة جديدة؟

## هل نحن مستعدون؟

بقلم: بسنت عبد الفتاح

علَّمتنا دروس التاريخ أنه كلما اندلعت جائحة، فإن تبعات اقتصادية واجتماعية عميقة تظهر وتتعاظم، لتتسبَّب في نهاية المطاف في تعطيل التجارة العالمية وأسواق العمل والنظم المالية، إلى جانب آثار أخرى. وتُعد جائحة الإنفلونزا الإسبانية التي اجتاحت العالم بين عامي 1918 و1920، والمعروفة باسم "الوباء العظيم»، واحدة من أشد الجوائح فتكًا في التاريخ، إذ بدأت عام 1918 وأصابت نحو ثلث سكان العالم، وسجّلت أعلى حصيلة وفيات بين كل الجوائح حتى اليوم.

وبالانتقال إلى القرن الحادي والعشرين، جاءت جائحة "كوفيد-COVID-19" كحدث عالمي غير مسبوق، فرض معايير جديدة على العالم وأطاح بأخرى. ومن منظور اقتصادي، عانى العالم بشدة من تداعيات "كوفيد-COVID-19"، إذ تسببت الجائحة في أسوأ ركود اقتصادي شهده العالم منذ الحرب العالمية الثانية، وحرمت ملايين الأشخاص من وظائفهم جراء عمليات تسريح مفاجئة وغير مخطط لها طالت مختلف بقاع العالم، في حين عانت آلاف الشركات من اضطراب شديد في العرض والطلب وسلاسل التوريد، مما أدى إلى إغلاقها. وعلى مستوى الدول، تكبّدت الحكومات التي لم تكن مستعدة لمثل هذه الكوارث معاناة كبيرة، إذ واجهت صعوبة في احتواء تفشي الفيروس بينما تحاول تخصيص كل ما أمكن من الموارد لإنقاذ اقتصاداتها، الأمر الذي دفعها إلى الاقتراض بملايين الدولارات من مؤسسات مالية متعددة، لتغرق في ديون غير قابلة للاستدامة.

لقد كشفت هذه الأزمة ضَعْف مرونة الاقتصاد العالمي، وسلَّطت الضوء على هشاشة قدرة الدول على التعامل مع مثل هذه الصدمات. ولا تزال حكومات كثيرة حول العالم تحاول التعافي ماليًا من آثار "كوفيد-COVID-19"، في وقت تكافح فيه للعودة إلى مسار النمو الاقتصادي، مما يعني أن هذه الدول، بظروفها الحالية، ستكون الأكثر تضررًا إذا ما اندلعت جائحة جديدة، وستواجه تبعات إضافية وغير متوقعة على مختلف الأصعدة، بما يشمل الجوانب الاقتصادية، والسياسية، والاجتماعية.

وعلاوة على التحديات الاقتصادية، يواجه العالم تصاعدًا في الأزمات الجيوسياسية، مما يزيد من صعوبة استجابته للأزمات المستقبلية. فالنزاعات المستمرة مثل الحرب على غزة، والحرب الأهلية المدمّرة في السودان، والحرب القائمة بين روسيا وأوكرانيا، كلها تترك وراءها عالمًا هشًا ضعيفًا في قدرته على التنسيق والتعاون في مواجهة تهديد جديد. وتزيد هذه الحالة من عدم الاستقرار، إلى جانب تنامي النزعات القومية والتنافسات الجيوسياسية، من خطر تعطيل جهود التعاون الدولي، وتأخير توزيع اللقاحات ومساعي التعافي الاقتصادي.

ومن بين المناطق الأكثر تأثرًا بهذه الديناميكيات العالمية، تبرز منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. وبالنظر إلى أهميتها الجيوسياسية والصراعات المستمرة فيها، تواجه المنطقة تحديات فريدة في التخفيف من آثار أي جائحة مستقبلية. وفهم هذه الهشاشة يُعَد أمرًا حاسمًا في تحديد استراتيجيات فعَّالة لتعزيز القدرة على الصمود والاستعداد في مواجهة الأزمات.

## الأثر الاقتصادي لـ "كوفيد - COVID-19" ..تفاوتات العالمية

لا شك أن جائحة "كوفيد-COVID-19" كانت السبب الرئيسي وراء واحدة من أعنف الأزمات الاقتصادية التي شهدها العالم منذ أكثر من قرن، إذ خلّفت ملايين البشر في معاناة من تداعيات مدمّرة. لقد خلقت الجائحة واقعًا جديدًا، ورسمت ملامح مشهد مختلف، ووسَّعت فجوة التفاوت داخل الدول وفيما بينها. عانت حكومات كثيرة من صعوبة مواكبة هذه التحوُّلات ومجابهة تداعياتها، حيث اضطرّت إلى تبني سياسات مالية ونقدية صارمة بهدف توجيه مواردها لمواجهة الجائحة. وعلى الرغم من أن هذه السياسات أثبتت فعاليتها في توجيه الدعم المالي للفئات الأكثر احتياجًا، وفي تمويل التدابير الاحترازية، فإنها تركت أثرًا بالغًا على اقتصادات تلك الدول، تمثَّل في ارتفاع غير مسبوق في مستويات الدين العام والخاص،[1] وظهور فجوات واضحة بين الدول ذات الدخل المرتفع وتلك ذات الدخل المنخفض نتيجة التفاوت في القدرات المالية، إذ تمكنت الدول الثرية من تقديم دعم مالي واسع، بينما عانت الدول الأقل حظًا من صعوبات في حشد مواردها وتوجيهها بالشكل المناسب، مما أبطأ نموها الاقتصادي.

كما أثَّر الفقر، وفقدان الدخل، وعمليات التسريح الجماعي، والضغوط المالية على حياة ملايين البشر حول العالم، مهددةً وجود واستدامة المشاريع الصغيرة، ومقلِّصةً من فرص بقاء الشركات الكبرى. كما ارتفعت المؤشرات الاقتصادية العالمية إلى مستويات غير مسبوقة منذ عقود، خاصةً في الدول النامية التي كانت تعاني أصلًا من هشاشة مالية، ما انعكس سلبًا على الأسر والشركات التي تفتقر أصلًا إلى مقومات الصمود المالي.

وتزداد هذه التحديات وضوحًا في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، حيث تفاقم نقاط الضَعْف السابقة مثل التوترات المتصاعدة، وعدم الاستقرار، وضَعْف البنية التحتية الصحية، والاعتماد الاقتصادي على قطاعات متقلّبة كالبترول والسياحة، من حجم المخاطر المحتملة.

## الانكشاف والهشاشة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

في حال وقوع جائحة جديدة، من المرجح أن تواجه منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تداعيات أشد من غيرها من مناطق العالم. إذ تعاني العديد من دولها من تحديات مزمنة تشمل الهشاشة الاقتصادية، وضعف النظم الصحية، والتفتت السياسي، ما يجعلها عرضة بشكل خاص لمثل هذه الأزمات. فعلى المستوى الاقتصادي، لا تتمتع المنطقة بتنوع اقتصادي واسع يتيح لها الاعتماد على عدة قطاعات؛ إذ تتركز مواردها وأغلب مصادر دخلها في قطاعين رئيسيين هما تصدير النفط والسياحة، وكلاهما تأثر بعوامل عديدة. فصناعة النفط، ومنذ تفشي "كوفيد-COVID-19" وتزايد التوترات الجيوسياسية، شهدت انهيارًا تاريخيًا وانخفاضًا حادًا في الأسعار، مما أثّر بشكل مباشر على دول مصدّرة كبرى مثل السعودية، والإمارات، والعراق. أما السياحة، التي تعتمد عليها دول كالمغرب ومصر، فقد انهارت نتيجة قيود السفر والإغلاقات العالمية.

وتواجه دول أخرى مثل اليمن، وليبيا، والعراق تحديات تتمثل في حكومات ضعيفة تكافح لإدارة اقتصادات هشة ونظم صحية متداعية وشعوب تعاني.[2] بينما تعاني دول مثل الأردن، وتركيا، ولبنان من اكتظاظ في مخيمات اللاجئين الذين يفتقرون إلى الرعاية الصحية أو شروط النظافة المناسبة، ما يجعل احتواء انتشار الأمراض أمرًا شبه مستحيل.[3]

وتنتشر العمالة غير الرسمية في المنطقة بشكل واسع، ما يترك شرائح كبيرة من السكان من دون أي حماية اجتماعية أو دعم مالي في أوقات الأزمات.[4] وفي الوقت ذاته، تزداد الفوضى تعقيدًا

في دول مثل لبنان والسودان، حيث يعاني كل منهما من اضطرابات اقتصادية وسياسية حادة، مما يضعف قدرة المؤسسات المتعثرة أصلًا على إدارة الأزمات، وتنسيق الاستجابة للجائحة، وتوفير الإمدادات الطبية الضرورية في الوقت المناسب.[5]

وتعاني المنطقة كذلك من عدم تكافؤ في البنية التحتية الرقمية، حيث تتمتع دول الخليج باقتصادات رقمية قوية تسهّل العمل عن بُعد، والتعليم الإلكتروني، والخدمات الطبية عبر الإنترنت، بينما تفتقر دول أخرى إلى البنية اللازمة للتحول الرقمي، ما يصعب من تعاملها مع الأزمات.

ومن الناحية الصحية، تمتلك بعض الدول مثل الإمارات والسعودية منشآت طبية متطوّرة، بينما تعاني نظم الرعاية الصحية في دول مثل اليمن، والسودان، وسوريا من ضَعْف حاد في الطاقة الاستيعابية، نتيجة الصراعات المستمرة والأزمات الاقتصادية، إلى جانب نقص التمويل والتجهيزات المتقدمة والكوادر البشرية المؤهلة، إذ يهاجر عدد كبير من الأطباء والممرضين بحثًا عن فرص أفضل، مما يفرّغ البلاد من كفاءاتها.[6] وتعتمد المنطقة بشكل كبير على سلاسل التوريد العالمية للحصول على اللقاحات والأدوية الأساسية، فيما تعرقل المعلومات المضللة والتردد في تلقي اللقاحات الجهود المبذولة، ما يزيد من هشاشة المنطقة ويصعّب من قدرتها على احتواء الأزمات الصحية واسعة النطاق.

وعلى الصعيد الاجتماعي والثقافي، تُعَد مدن مثل القاهرة وبغداد وطهران من بين الأكثر كثافة سكانية، مع ضعف في تطبيق إجراءات التباعد الاجتماعي. كما يحتشد ملايين المصلّين من مختلف أنحاء العالم في تجمعات دينية ضخمة مثل موسم الحج في السعودية، وسط غياب شبه تام للإجراءات الاحترازية، ما يهيئ الظروف المثالية لانتشار الأمراض.

ويُضاف إلى ذلك عامل آخر من الهشاشة، يتمثل في انعدام الأمن الغذائي والمائي، لا سيما في مناطق الصراع. فالحكومات والمنظمات الإغاثية الدولية العاملة في هذه المناطق تعتمد بدرجة كبيرة على الغذاء المستورد والمساعدات الغذائية، التي غالبًا ما تتأثر بانقطاع سلاسل التوريد العالمية. وتُعد ندرة المياه مشكلة مزمنة في دول مثل الأردن[7] واليمن[8] والعراق[9]، مما يعوق سكانها عن الحفاظ على شروط النظافة الأساسية الضرورية لمنع انتشار الأمراض.

هذه الظروف تهيئ بيئة خصبة لظهور الأمراض المعدية وانتشارها السريع، مما يرفع بشكل كبير من احتمالية تفشي أوبئة مستقبلية. ومع تزايد وتيرة التهديدات الصحية العالمية، بات من شبه المؤكد أن العالم سيشهد موجة وبائية جديدة في المستقبل.

## مسارات الأوبئة: ماذا ينتظرنا لاحقًا؟

لا يزال فيروس «كوفيد-19 -COVID» يشكّل تهديدًا فعليًا للعديد من دول العالم، في ظل استمرار تسجيل إصابات

جديدة بوتيرة منتظمة. ووفقًا لأحدث تقارير صادرة عن منظمة الصحة العالمية خلال الفترة من 6 يناير إلى 2 فبراير 2025، فقد أبلغت 83 دولة - أي ما يعادل 35% من دول العالم - عن تسجيل أعداد كبيرة من الحالات، في حين أبلغت 23 دولة - تمثّل نحو 10% من دول العالم - عن حالات وفاة ناجمة عن مضاعفات الإصابة بالفيروس.

ومع ذلك، فإن الأرقام المعلنة لا تعكس بدقة حجم الانتشار الفعلي، بسبب التراجع الكبير في وتيرة الفحوصات والإبلاغ عن الإصابات، وهو ما يجعل الصورة الوبائية غير مكتملة. فعند مقارنة البيانات مع فترة الـ28 يومًا السابقة، يتضح وجود انخفاض بنسبة 16% في الحالات المُبلّغ عنها (بأكثر من 147 ألف حالة)، بينما ارتفعت الوفيات بنسبة 28% (بأكثر من 4,500 حالة وفاة)، [10] ما يشير إلى أن شدة الفيروس ما تزال قائمة في بعض المناطق رغم التراجع النسبي في أعداد الإصابات.

لم يعد فيروس "كوفيد-COVID-19"، هو التهديد الوبائي الوحيد الذي يواجه البشرية في الوقت الراهن؛ فوفقًا لما أعلنته «مراكز مكافحة الأمراض والوقاية منها» في الولايات المتحدة، تم مؤخرًا رصد تفشٍ جديد لسلالة جدري القردة (إمبوكس- Mpox) من الفرع الحيوي الأول في مناطق من وسط وشرق أفريقيا. ويشمل هذا الفرع فرعين حيويين ثانويين: الفرع 1 أ المرتبط بالعدوى الناتجة عن التعامل مع الحيوانات البرية المصابة، وانتقال العدوى داخل الأسر، والفرع 1 ب المرتبط بالعلاقات الحميمة بين البالغين، وقد تم رصده مؤخرًا في شرق جمهورية الكونغو الديمقراطية، خاصة بين العاملين في تجارة الجنس.

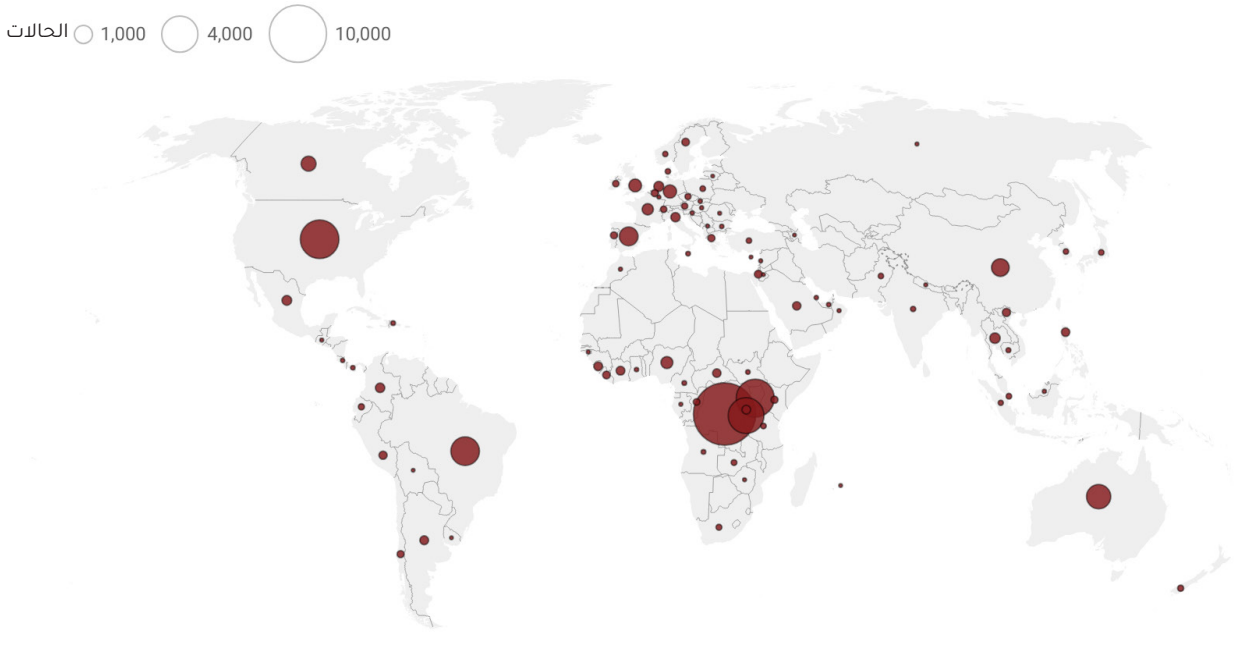
وقد أظهرت البيانات أن الفرع 1 ب يحمل معدل وفيات أقل مقارنة بالفرع 1 أ، إلا أن الخطر لا يزال قائمًا، إذ تم الإبلاغ عن حالات إصابة بسلالة الفرع الحيوي الأول مرتبطة بالسفر في عدة قارات. في الوقت نفسه، أدى تفشي جدري القردة من الفرع الحيوي الثاني، وتحديدًا الفرع 2 ب ، إلى تسجيل أكثر من 100,000 حالة إصابة في 122 دولة حول العالم، من بينها 115 دولة لم تسجل فيها سابقًا أية إصابات بهذا الفيروس.[11]

**جدول(1): حالات الإصابة والوفيات المؤكدة بفيروس كوفيد- 19- COVID المبلّغ عنها حديثًا والتراكمية حسب أقاليم منظمة الصحة العالمية، حتى 2 فبراير 2025.**

| أقاليم منظمة الصحة العالمية | حالات الإصابة الجديدة خلال آخر 28 يومًا (%) | التغير في حالات الإصابة الجديدة خلال آخر 28 يومًا * | حالات الإصابة التراكمية (%) | الوفيات الجديدة خلال آخر 28 يومًا (%) | التغير في الوفيات الجديدة خلال آخر 28 يومًا | الوفيات التراكمية (%) | عدد الدول التي أبلغت عن حالات إصابة خلال آخر 28 يومًا | عدد الدول التي أبلغت عن وفيات خلال آخر 28 يومًا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **أوروبا** | 71 219 (48%) | -52% | **281 105 359 (36%)** | 554(12%) | -23% | **2 281 070 (32%)** | 61/35(57%) | 61/14(23%) |
| **الأمريكتان** | 69 327 (47%) | >100% | **193 404 133 (25%)** | 3 990 (87%) | 42% | **3 049 466 (43%)** | 56/20(36%) | 56/6(11%) |
| **غرب المحيط الهادئ** | 4 033(3%) | -56% | **208 610 786 (27%)** | 27(1%) | -29% | **421 686 (6%)** | 35/3(9%) | 35/1(3%) |
| **جنوب شرق آسيا** | 2 006(1%) | 9% | **61 329 073 (8%)** | 3(0%) | 0% | **808 870 (11%)** | 10/4(40%) | 10/2(20%) |
| **أفريقيا** | 864(1%) | -30% | **9 586 945 (1%)** | 0(0%) | غير متاح | **175 532 (2%)** | 50/21(42%) | 50/0(<1%) |
| **شرق المتوسط** | 0(0%) | غير متاح | **23 417 911 (3%)** | 0(0%) | غير متاح | **351 975 (5%)** | 22/0(<1%) | 22/0(<1%) |
| **عالميًا** | **449 147 (100%)** | **-16%** | **971 454 777 (100%)** | **574 4 (100%)** | **28%** | **7 088 612 (100%)** | **83/234 (35%)** | **23/234 (10%)** |

المصدر: World Health Organization

**شكل (1) : حالات تفشي إمبوكس حول العالم**




المصدر: U.S. Centers for Disease Control and Prevention

وفي عالم يتسم بالتقدم المتسارع والتشابك الواسع بين الدول والمجتمعات، تُمثّل الأوبئة المستمرة والمتصاعدة مثل «كوفيد- COVID -19» و «جدري القرود» تهديدًا حقيقيًا باندلاع موجات وبائية عالمية جديدة. وتُعد بعض مناطق العالم، وخاصة في آسيا وأفريقيا، أكثر هشاشةً أمام مثل هذه المخاطر، نظرًا لكثافتها السكانية المرتفعة، وزيادة معدلات التمدن، والاحتكاك المتنامي بين الإنسان والحيوان - إذ تعتمد العديد من المجتمعات على الحيوانات في أنشطتها اليومية - إلى جانب ضعف البنية التحتية، وقلة المرافق الصحية المجهزة، والتغيرات البيئية المتسارعة.

وفي ظل هذه المعطيات، لم تعد مسألة «ظهور جائحة جديدة» هي السؤال الوحيد المطروح، بل تبرز تساؤلات أكثر إلحاحًا مثل: متى ستندلع الجائحة القادمة؟ وما مدى عنفها وتأثيرها على مختلف الدول؟ ففي عالم سريع الإيقاع، تؤدي التغيرات الديموغرافية الناتجة عن التغير المناخي والضغوط الاقتصادية إلى رفع احتمالات ظهور أمراض جديدة أو عودة أمراض سابقة كانت تحت السيطرة.

أما فيما يخص منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، فإن تفشي مرض وبائي جديد سيشكّل عبئًا هائلًا على الأنظمة الصحية الهشّة أصلًا، كما سيؤدي إلى اتساع الفجوة الاجتماعية والاقتصادية داخل دول المنطقة، الأمر الذي قد يسفر عن حالة من عدم الاستقرار المجتمعي، واضطراب في القطاعات الاقتصادية الحيوية.

## تهديدات الجائحة المستقبلية لاقتصاد منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

قد تُخلّف جائحة مستقبلية تداعيات اقتصادية جسيمة على منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، مما سيزيد من تفاقم مواطن الضَعْف التي برزت خلال أزمة "كوفيد-COVID-19". ففي عام 2020، أثناء الجائحة، شهد اقتصاد المنطقة انكماشًا بنسبة 3.8%. وبالتالي، إذا اندلعت جائحة جديدة، فإن تراجعًا متوقعًا في الناتج المحلي الإجمالي للمنطقة، إلى جانب قفزة في معدلات البطالة، وارتفاعًا في مستويات الفقر وعدم المساواة، ستكون من أبرز الآثار المحتملة، مما سيعرض ملايين الأرواح للخطر نتيجة فقدان الوظائف وتراجع مستويات الدخل، حيث سيطال الركود الاقتصادي شريحة كبيرة من السكان، خاصةً العاملين في القطاع غير الرسمي، الذين يمثلون نسبة كبيرة من القوة العاملة، والذين يعانون أساسًا من انعدام الأمن الوظيفي وغياب الحماية الاجتماعية الأساسية.[12]

وقد تم التوصل إلى هذه الخلاصة استنادًا إلى الآثار المباشرة لـ "كوفيد-COVID-19"، التي وثّقتها دراسات عدة، والتي اتفقت جميعها على أن الجائحة الأخيرة عمّقت التفاوتات داخل المنطقة، إذ كانت الفئات ذات الدخل المنخفض والمجتمعات المهمّشة الأكثر تضررًا، مما أدى إلى اتساع الفجوة بين الأغنياء والفقراء، سواء داخل الدول أو بينها، وهو ما سيشكّل تحديًا إضافيًا للدول المتضررة في حال حدوث جائحة جديدة.[13] وستغرق الاقتصادات المحلية في مزيد من الديون، حيث سيجد صانعو القرار صعوبة في تخصيص الموارد الكافية اللازمة للصحة والحماية الاجتماعية خلال الأزمات، مما سيدفعهم نحو مزيد من الاستدانة، مما يعوق مسيرتهم نحو النمو الاقتصادي المخطط له. وكأثر مباشر، من المرجح أن تشهد الأسعار ارتفاعًا نتيجة تزايد الإنفاق الحكومي واضطرابات سلاسل التوريد، ما سيجعل السلع الأساسية أكثر ندرة وأعلى تكلفة للأسر والعائلات التي تعاني أصلًا.

وسيُفاقم ضَعف نظم الحماية الاجتماعية المنتشرة في أنحاء المنطقة من حجم التحديات، إذ واجهت حكومات الشرق الأوسط وشمال إفريقيا صعوبات شديدة خلال الجائحة الأخيرة في تقديم الدعم المالي للعمال والشركات. وفي ظل غياب شبكة أمان قوية ومتماسكة في كل دولة، قد يتعرض الملايين لخطر الوقوع في براثن الفقر عند وقوع أي أزمة مستقبلية. وسيكون لزامًا على صناع القرار في مختلف دول المنطقة ضمان حماية رأس المال البشري واستقرار الاقتصاد من خلال تدعيم نظم الحماية الاجتماعية وترسيخها.

لذا ستكون نتائج اندلاع جائحة جديدة وخيمة على منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، مع ما يرافقها من آثار اقتصادية واجتماعية كبيرة، تتراوح بين فقدان الوظائف وارتفاع معدلات الفقر، إلى الضغوط المالية التي ستقع على كاهل الحكومات. ولمواجهة هذه العاصفة غير المتوقعة بسلام، يتوجب تنفيذ سياسات استباقية تشمل تنويع الاقتصادات المحلية، وتعزيز نظم الحماية الاجتماعية، وضمان مستوى عالٍ من الجاهزية لمجابهة أي تهديد مستقبلي. فدون اتخاذ هذه التدابير، ستظل منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا شديدة التعرُّض لمزيد من التحديات والمخاطر، ما يجعل من الصعب عليها الصمود في وجه أي تهديد قادم.

## الجائحة المستقبلية: استعدادات المنطقة لمجابهة الأوبئة المستقبلية

مع التركيز على منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، يجب تبني نهج شامل يتمحور حول تعزيز النظم الصحية العالمية، وزيادة القدرة الاقتصادية على التحمُّل، وضمان آلية فعَّالة لإدارة الأزمات، كإجراءات مضادة في مواجهة احتمالية اندلاع جائحة جديدة، للمساعدة في تقليص المخاطر المستقبلية. فالاستعداد الحقيقي يتطلب وجود نظم صحية مرنة، وآليات رقابة مستقلة، واستثمارات استباقية. ويجب أن تُوجَّه الاستثمارات الاستباقية نحو عدد من الإجراءات، من بينها تطوير أنظمة الإنذار والكشف المبكر المتقدمة والفعالة، مع ضمان تحسين إنتاج وتوزيع اللقاحات بشكل عادل، وكل ذلك لا يمكن تحقيقه إلا من خلال قنوات التعاون الدولي

المناسبة. وينبغي للمؤسسات الصحية الدولية المعنية مثل منظمة الصحة العالمية والتحالف العالمي من أجل اللقاحات والتمنيع، أن تضغط من أجل زيادة تمويل البحوث المتعلقة بالأمراض المعدية الناشئة، لفهمها بشكل أفضل والتخطيط لمواجهتها بفعالية.

وبناءً عليه، ومن خلال تطبيق ذلك على منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، ينبغي أن تنسق الدول في ما بينها لإنشاء نظام إقليمي مشترك للإنذار والكشف المبكر، يلعب دورًا محوريًا في احتواء انتشار الأمراض قبل تفاقمها. وفي الوقت ذاته، يجب على الحكومات في مختلف أنحاء المنطقة أن تتعاون باستمرار مع المؤسسات الصحية الدولية المذكورة سابقًا لتأمين التوزيع المناسب للموارد والدعم السريع عند الحاجة.

وللتمكُّن من التعامل بنجاح مع أي تهديد مستقبلي، فإن تعزيز البنية التحتية للصحة العامة أمر لا بد منه، ويشمل ذلك رفع القدرة الاستيعابية للمستشفيات، وتوفير طواقم طبية مدربة ومؤهلة ذاتيًا، وضمان توفر الموارد المطلوبة. وتكمن إحدى الأولويات الأساسية في تمكين الإنتاج المحلي للأدوية واللقاحات لتقليل الاعتماد على الموردين الخارجيين.

علاوة على ذلك، فإن تطوير لقاحات متقدمة يُعَد أمرًا أساسيًا للوقاية من العدوى، ويساهم بشكل كبير في الحد من انتقال الفيروسات وتقليل فرص تفشيها مستقبلًا. وتُعتبر اللقاحات التي توفر حماية مخاطية وسيلة فعَّالة في منع العدوى خلال حالات التفشي، مما يجعل من تطوير منصات لقاحات مرنة ومرافق إنتاج ذات طاقة استيعابية عالية أمرًا حيويًا للاستجابة السريعة. ومن الأمثلة البارزة على ذلك، استخدام لقاح الحمى الصفراء "17DD" في السيطرة على تفشي الوباء في أنغولا وجمهورية الكونغو الديمقراطية عام 2016. [14]

ومع ذلك، حتى أكثر اللقاحات تطورًا وأنظمة الرعاية الصحية تقدمًا، لا تكفي في عالم مترابط تتجاوز فيه الأمراض الحدود من خلال السفر والتجارة، وهو ما يزيد من المخاطر على الدول ويدعو إلى تعاون إقليمي، وشبه إقليمي، وعالمي لتنسيق الاستجابات والإجراءات عند تفشي أي مرض. ويمكن أن يسهم التعاون من خلال تبادل المعرفة، ومشاركة المختبرات، وتوحيد اللوائح التنظيمية، في تأسيس نظام إنذار مبكر استباقي واستجابة موحدة فعَّالة. وستتيح استراتيجية استجابة موحدة، تشمل قيود السفر، وتوزيع اللقاحات، وتدابير الإغلاق، تنسيقًا جماعيًا عبر الحدود. وقد كشفت جائحة "كوفيد - COVID-19" عن العواقب الوخيمة للردود المتفرقة، والتي أثَّرت على الدول بغض النظر عن مدى جاهزيتها. وعززت هذه الأزمة الدرس القائل إنه من دون تعاون عالمي أقوى، فإن العالم معرض لتكرار أخطاء الماضي، وربما مواجهة عواقب أشد فتكًا.[15] ورغم إحراز تقدُّم كما هو الحال في مبادرات مثل الشراكة من أجل تصنيع اللقاحات في إفريقيا بقيادة المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها، لا تزال هناك حاجة إلى تعاون أعمق وحوكمة أقوى لتحقيق هدف موحّد يتمثل في منع الجوائح المستقبلية من الخروج عن السيطرة.[16]

يتمثَّل أحد الحلول الممكنة في اتفاقية دولية افتراضية يتم التصديق عليها والإشراف عليها من قِبَل مؤسسات عالمية مرموقة، ويفضل أن تكون منظمة الصحة العالمية، بحيث تتضمن إطارًا قانونيًا ملزمًا ودليلًا شاملًا للوقاية من الجوائح والاستعداد لها، وكذلك للإجراءات والاستجابات المحتملة. وسيؤدي هذا "الدستور الصحي العالمي" دورًا محوريًا في تعزيز القدرات العالمية، وتحديد مسؤوليات وإجراءات واضحة لكل طرف من الأطراف الموقعة، وتأمين مستوى عالٍ من الالتزام. وستنعكس النتائج المباشرة لمثل هذه الاتفاقية في تطوير أنظمة الكشف المبكر والوقاية على مستوى الدول، من خلال مراقبة منسقة وتكامل أفضل في البحث العلمي، ما يمهد الطريق نحو تعزيز آليات الاستجابة وضمان الوصول العادل والفعَّال إلى الحلول الطبية. وسيتعزز مستوى الثقة بين الدول وفي النظام الصحي العالمي، حيث ستعمل منظمة الصحة العالمية على تعزيز الشفافية والمساءلة والتواصل الفعّال بين الدول.

تنعكس هذه الرؤية بوضوح في الجهود المستمرة التي تبذلها منظمة الصحة العالمية، حيث يعمل أعضاء المنظمة من الدول منذ أكثر من ثلاث سنوات بتعاون وثيق وجاد من أجل توحيد رؤاهم وصياغة إطار عالمي مشترك لمواجهة الأوبئة.

اعتمدت الدول الأعضاء في منظمة الصحة العالمية رسميا بالإجماع أول اتفاق عالمي بشأن الجوائح، في خطوة تُعدّ محطة فارقة تهدف إلى تعزيز الأمن العالمي وتحقيق قدر أكبر من الإنصاف في الاستجابة للجوائح المقبلة. ويأتي هذا الاتفاق التاريخي تتويجًا لأكثر من ثلاث سنوات من المفاوضات التي أُطلقت في أعقاب جائحة "كوفيد-COVID-19"، حيث يضع أسسًا ومبادئ وأدوات للتنسيق الدولي الفاعل في مجالات الوقاية من الجوائح والاستعداد لها والاستجابة لتداعياتها، مع التأكيد على ضمان الوصول المنصف إلى اللقاحات والعلاجات ووسائل التشخيص.

ومع أهمية هذه الخطوة على المستوى العالمي، من المهم الإشارة إلى أن هذا الإطار ليس مُلزِمًا قانونيًا، إذ لا تمتلك منظمة الصحة العالمية الصلاحيات لفرض سياسات أو قوانين وطنية. ويضمن الاتفاق الحفاظ على استقلال الدول وسيادتها الوطنية الكاملة في رسم سياساتها الصحية. [17]

علاوة على ذلك، أعاد التحوُّل الرقمي تشكيل العالم المعاصر، وساهم في تحسين الوصول إلى الخدمات لملايين الأشخاص. ولتعزيز إمكانية الوصول إلى الرعاية الصحية وكفاءتها، يتوجب على الدول الاستثمار في حلول الصحة الرقمية مثل الطب عن بُعد والتشخيص القائم على الذكاء الاصطناعي. فهذه التقنيات تملك القدرة على سد فجوات

الرعاية الصحية، لا سيما في المناطق المحرومة. وإلى جانب الرعاية الفردية، تؤدي الأدوات الرقمية دورًا حاسمًا في اكتشاف الأوبئة والاستجابة لها. وقد حظيت المراقبة القائمة على الأحداث بشعبية متزايدة بسبب نهجها الاستباقي، في حين أصبحت أنظمة الإنذار المبكر المدعومة بالذكاء الاصطناعي، والتي تستند إلى التنقيب في النصوص والتعلُّم الآلي، أدوات لا غنى عنها خلال جائحة "كوفيد - 19 -COVID"، إذ توفر هذه الأنظمة تنبيهات فورية للأوبئة، وتتطلب تدخلًا بشريًا محدودًا، وتتداخل مع أدوات تحليل المخاطر لتوقّع التفشي. ومع ذلك، تواجه كل طريقة تحدياتها الخاصة. فالمراقبة القائمة على الأحداث تعتمد على مصادر بيانات غير محددة وتتطلب تحققًا موسعًا، ما يجعلها كثيفة العمل. أما أنظمة الذكاء الاصطناعي، فتعاني من مخاطر الرقابة المحتملة، ما قد يؤثر على دقة البيانات. ولتحسين قدراتها التنبؤية، يجب أن يشمل تطوير الذكاء الاصطناعي مستقبلًا بيانات متعددة الأبعاد، مثل تاريخ السفر والعوامل البيئية، ما يمكّن من توقُّع أدق لتفشي الأمراض.[18]

ويجب أن تكون الاستعدادات الاقتصادية أولوية قصوى، إذ ستتطلب مواجهة جائحة جديدة إنشاء هيئة إشرافية مستقلة تتولى تخصيص الاحتياطات المالية اللازمة لدعم الشركات والعمال المتضررين في مختلف أنحاء الدولة. كما أن تنويع الاقتصادات المحلية يُعَد مسألة أساسية، ويجب الاستثمار بكثافة في قطاعات بديلة مثل التكنولوجيا والطاقة المتجددة والصناعة، لتأمين الاستقرار المالي المنشود. وفي المقابل، فإن تبني سياسات عمل مرنة، وتنويع سلاسل التوريد، وتوظيف الأدوات الرقمية، كلها تلعب دورًا جوهريًا في تعزيز قدرة الشركات على اجتياز الأزمات المستقبلية.

لكن، لا تكفي الاستعدادات الاقتصادية وحدها من دون وجود حوكمة قوية وآليات فعَّالة لإدارة الأزمات. ويجب على منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تعزيز قدرتها على التعامل مع الأزمات الصحية من خلال إعداد أدلة واضحة لإدارة الأزمات وضمان الشفافية في اتخاذ القرارات. ويُعَد الاستقرار السياسي مسألة جوهرية، إذ إن عدم الاستقرار يُضعِف استجابة الدولة للأزمات. كما أن تعزيز التنسيق بين القوات الأمنية، والمنظمات الإنسانية، والسلطات الصحية المحلية، سيساهم في رفع كفاءة الاستجابة. ويجب كذلك إعطاء الأولوية للتعاون الإقليمي، إذ يمكن لتبادل الخبرات أن يُسهم في وضع استراتيجيات فعَّالة للتعامل مع الجوائح، سواء في ما يتعلق بتوزيع اللقاحات أو سيناريوهات التعافي الاقتصادي.

ومع ذلك، حتى مع توفر أفضل الخطط، لا يزال التضليل الإعلامي يمثل تحديًا كبيرًا. فخلال الجائحة الأخيرة، أدت الشائعات والمعلومات المغلوطة إلى تراجع فعالية جهود احتواء الفيروس في مختلف الدول بالمنطقة بسبب تردد الناس في تلقي اللقاحات. لذا، من الضروري إطلاق حملات توعية واسعة النطاق تعزز الثقافة الصحية العامة، بما يشمل أهمية اللقاحات، والنظافة، والكشف المبكر عن الأمراض، والتصدي للمفاهيم الخاطئة. ولتحقيق ذلك، يجب على الجهات المعنية التعاون مع رجال الدين، والمؤثرين، والإعلاميين، ومنظمات المجتمع المدني لنشر محتوى علمي دقيق، وتقديم معلومات موثوقة في الوقت المناسب، وتثقيف الجمهور برسائل رئيسية مبنية على أسس علمية، ما يرفع من مستويات الوعي والمعرفة. ولمساعدة الفئات المهمشة، ينبغي تقوية شبكات الدعم الاجتماعي، مثل برامج المساعدة المجتمعية والمبادرات التطوعية، لتوفير المساعدة الضرورية لمن هم في أمسّ الحاجة إليها.

ومع ذلك، فإن مكافحة المعلومات المضللة وتعزيز الوعي العام يجب أن يسيرا جنبًا إلى جنب مع الجهود الحكومية الأوسع لتعزيز الجاهزية لمواجهة الجوائح. فالحكومات تلعب الدور الأهم في الاستعداد للجوائح من خلال الاستثمار في البنية التحتية الصحية، وتعزيز مراقبة الأمراض، وتحسين آليات الاستجابة للطوارئ. ويشمل ذلك توسيع القدرة الاستيعابية للرعاية الصحية، وزيادة مخزون المستلزمات الطبية، وتدريب مزيد من العاملين في المجال الصحي، لضمان قدرة النظم على التعامل مع حالات الطوارئ. كما يجب أن تستثمر الحكومات في البحث والتطوير في مجالي اللقاحات والعلاجات، لضمان الوصول السريع إلى الحلول الطبية عند الحاجة في المستقبل. ويبقى تعزيز التعاون العالمي والإقليمي أمرًا لا غنى عنه، إذ إن التنسيق الدولي يمثل مفتاحًا لمراقبة الأمراض وتوزيع اللقاحات والتعافي الاقتصادي.

وأخيرًا، فإن تحسين السياسات البيئية والصحية العامة يمكن أن يساعد في منع وقوع الجوائح في المستقبل. فالكثير من الأمراض المعدية تنشأ نتيجة التفاعل بين الإنسان والحيوان، لذا فإن الحد من إزالة الغابات، وتنظيم تجارة الحياة البرية، وتحسين أنظمة الصرف الصحي، كلها خطوات من شأنها تقليل خطر الأمراض الحيوانية المنشأ. كما أن التخفيف من آثار التغير المناخي يُعَد أمرًا بالغ الأهمية، نظرًا لدور أنماط الطقس المتغيرة في المساهمة في انتشار الأمراض المعدية.

**وفي الختام،** فإن تبني نهج شامل يتضمن تقوية البنية التحتية الصحية، وتعزيز القدرة الاقتصادية على التحمُّل، وتحسين الحوكمة، ومكافحة المعلومات المضللة، سيساعد الدول على الاستعداد الفعَّال لمواجهة جائحة جديدة. وبالنظر إلى منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، فإن معالجة التحديات القائمة، مثل ضَعْف التنويع الاقتصادي، وعدم الاستقرار السياسي، والاعتماد المالي، والثغرات في القطاع الصحي، سيساعدها على تجنب التبعات الخطيرة لأي جائحة مستقبلية. ولن يكون بمقدور منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، ولا العالم بأسره، تجنب تداعيات اقتصادية واجتماعية وسياسية أعمق، ما لم تُنفَّذ إجراءات استباقية جادة من قِبَل الدول والسلطات، من شأنها تقليص الأضرار المحتملة خلال أي جائحة قادمة.

## المـــراجع


1. Amnesty International. "MENA: COVID-19 Amplified Inequalities and Was Used to Further Ramp up Repression." April 7, 2021, accessed January 19, 2025,https://www.amnesty.org/en/latest/news/2021/04/mena-covid-19-amplified-inequalities-and-was-used-to-further-ramp-up-repression-2.
2. Chatham House. Conflict Economies in the Middle East and North Africa. June 2019, accessed January 22, 2025, https://www.chathamhouse.org/2019/06/conflict-economies-middle-east-and-north-africa/2-conflict-economies-national-level.
3. International and European Institute for the Mediterranean (IEMed). Neighbouring Host Countries' Policies for Syrian Refugees: The Cases of Jordan, Lebanon, and Turkey, accessed January 22, 2029, https://www.iemed.org/publication/neighbouring-host-countries-policies-for-syrian-refugees-the-cases-of-jordan-lebanon-and-turkey/.
4. World Bank. MENA Economic Update: Overconfident—How Economic and Health Fault Lines Left the Middle East and North Africa Ill-Prepared. April 2021, accessed February 3, 2025, https://www.worldbank.org/en/region/mena/publication/mena-economic-update-overconfident-how-economic-and-health-fault-lines-left-the-middle-east-and-north-africa-ill-prepare.
5. Humud, Carla. U.S. Congress House Committee on Foreign Affairs Hearing on Iraq and Syria: Humanitarian Situation, Policy, and U.S. Response. June 23, 202, accessed February 4, 2025, https://docs.house.gov/meetings/FA/FA13/20210623/112821/HHRG-117-FA13-Wstate-HumudC-20210623.pdf.
6. World Bank. COVID-19 Stress Tests Region's Ill-Prepared Health Systems: MENA Shows Tenuous, Uneven Recovery in 2021. October 7, 2021, accessed February 5, 2025, https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/10/07/covid-19-stress-tests-region-s-ill-prepared-health-systems-mena-shows-tenuous-uneven-recovery-in-2021.
7. UNICEF. Water, Sanitation, and Hygiene, accessed February 12, 2025, https://www.unicef.org/jordan/water-sanitation-and-hygiene.
8. International Committee of the Red Cross (ICRC). Water Situation in Yemen, accessed February 16, 2025. https://www.icrc.org/en/document/water-situation-yemen.
9. UNICEF. World Water Day: Directorate of Water and UNICEF Call for Immediate Action to Protect Iraq's Water Resources. March 22, 2021, accessed February 21, 2025, https://www.unicef.org/iraq/press-releases/world-water-day-directorate-water-and-unicef-call-immediate-action-protect-iraqs.
10. World Health Organization, WHO COVID-19 Epidemiological Update: 6 January – 2 February 2025 (Geneva: World Health Organization, 2025), https://www.who.int/publications/m/item/covid-19-epidemiological-update-edition-177
11. U.S. Centers for Disease Control and Prevention. "Mpox in the United States and Around the World: Current Situation." https://www.cdc.gov/mpox/situation-summary/index.html?cove-tab=0#data-table-/wcms/vizdata/mpox/MPX-Cases-Deaths-by-Country-Clade.csv.
12. World Bank. MENA Economic Update: Overconfident—How Economic and Health Fault Lines Left the Middle East and North Africa Ill-Prepared. April 2021, accessed February 22, 2025, https://www.worldbank.org/en/region/mena/publication/mena-economic-update-overconfident-how-economic-and-health-fault-lines-left-the-middle-east-and-north-africa-ill-prepare.
13. World Bank. Distributional Impacts of COVID-19 in the Middle East and North Africa Region. 2021, accessed February 22, 2025, https://www.worldbank.org/en/region/mena/publication/distributional-impacts-of-covid-19-in-the-middle-east-and-north-africa-region.
14. Gozzi, Nicolò, et al. "Assessing the Impact of Digital Health Surveillance Tools on the COVID-19 Pandemic." PLOS Computational Biology 19, no. 9 (2023): e1009871, accessed February 23, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10478602/#S006.
15. Coalition for Epidemic Preparedness Innovations (CEPI). How Prepared Are We to Face a Future Pandemic? accessed February 24, 2025, https://cepi.net/how-prepared-are-we-face-future-pandemic.
16. Africa Centres for Disease Control and Prevention (Africa CDC). Partnerships for African Vaccine Manufacturing (PAVM): Framework for Action. 2021, accessed February 25, 2025, https://africacdc.org/download/partnerships-for-african-vaccine-manufacturing-pavm-framework-for-action/.
17. Pan American Health Organization (PAHO/WHO), "World Health Assembly Adopts Historic Pandemic Agreement to Make the World More Equitable and Safer from Future Pandemics," news release, May 20, 2025, https://www.paho.org/en/news/20-5-2025-world-health-assembly-adopts-historic-pandemic-agreement-make-world-more-equitable.
18. Pulcini, Sergio, et al. "Strengthening Public Health Preparedness through Multisectoral Approaches: Lessons from COVID-19." BMC Public Health 23 (2023): 2167, accessed February 27, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11695538/.

# الثورانات والاضطرابات

## مخاطر البراكين في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

بقلم: حبيبة ضياء الدين

غالبًا ما يُنظر إلى الثورانات البركانية على أنها أحداث نادرة وكارثية تهدد بتدمير حضارات بأسرها، وهي الصورة التي تتعزز في مخيلتنا عبر تجسيدات هوليوود في تصويرها للدمار الشامل بكل تفاصيله. ومع ذلك، فإن الواقع أشد تعقيدًا؛ فبينما تشكل الثورانات البركانية الكبرى تهديدات جسيمة، يمكن للثورانات الصغيرة والمحدودة أيضًا أن تُحدث سلسلة من الاضطرابات المتتالية، خاصةً عندما تتقاطع مع نقاط الضعف الموجودة بالفعل في المجتمعات. وليس بالضرورة أن يكون الثوران البركاني ضخمًا ليُخلِّف آثارًا عميقة، فحتى الثوران المعتدل قد يُنتج كميات كافية من الرماد أو النشاط الزلزالي أو موجات التسونامي التي تفضي إلى تعطيل البنية التحتية الحيوية بما فيها سلاسل الإمداد والأنظمة المالية، محدثةً بذلك تداعيات واسعة النطاق تتجاوز حدود التوقعات.[1]

فعلى سبيل المثال، أدى ثوران بركان إيافيالايوكل في آيسلندا عام 2010، رغم اعتدال شدته، إلى إغلاق المجال الجوي الأوروبي، ما كبّد الاقتصاد العالمي خسائر قُدّرت بنحو 5 مليارات دولار. وفي المقابل، أسفر ثوران جبل بيناتوبو في عام 1991، الذي يُعدّ ثاني أكبر ثوران بركاني في القرن العشرين، عن خسائر اقتصادية أقل بكثير، لم تتجاوز 374 مليون دولار أمريكي. لذا، تُبرز هذه الحالات أن حجم الثوران البركاني ليس العامل الوحيد في تحديد مدى تأثيره، بل إن تفاعله مع البنية التحتية الحديثة وتشابك النظام العالمي يؤدي دورًا محوريًا في تحديد مدى تداعياته.[2]

وفي حين أن العواقب المباشرة للثورانات البركانية قد تم توثيقها بشكلٍ جيد، فإن تأثيراتها السياسية والمجتمعية الأوسع نطاقًا تعتمد إلى حد كبير على الأوضاع القائمة بالفعل داخل الدول المتضررة. وتشير الأبحاث إلى أن قدرة أي دولة على الصمود من خلال مؤسساتها السياسية ونظم حكمها هي التي تحدد ما إذا كانت الكارثة الطبيعية ستتفاقم إلى حالةٍ من عدم الاستقرار السياسي من عدمه. ففي الدول التي تعاني من النزاعات، قد تكون الكوارث الطبيعية بمثابة الشرارة التي تؤجج الاضطرابات، بينما في البلدان الأكثر

استقرارًا، يمكن أن تُخفف تداعياتها بفضل قدرة هذه البلدان على احتواء تلك الآثار بفعالية وتنسيق الجهود لمواجهتها.

وفي ضوء هذه المعطيات، يصبح من الضروري تقييم مدى تعرض منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا للمخاطر البركانية، وقياس حجم مواطن ضعفها، ومدى جاهزيتها لمواجهة تلك المخاطر. لذا، يستكشف هذا المقال كيف يمكن أن تسهم الثورانات البركانية في عدم الاستقرار السياسي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، كما يحلل مدى هشاشتها أمام هذه التهديدات، ويستعرض التدابير المطلوب اتخاذها لتعزيز قدرتها على الصمود في وجه الاضطرابات الناجمة عن الظواهر البركانية.

## ما مدى هشاشة منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا؟

تُعدّ منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا شديدة الحساسية لتداعيات الثورانات البركانية، إذ تتعرّض أنظمتها المناخية وبُناها التحتية الحيوية لمخاطر متزايدة. وتشير الدراسات إلى أن أي نشاط بركاني قد يتسبب في انخفاض كبير في درجات الحرارة في المنطقة، خاصةً في شمال إفريقيا وشمال شبه الجزيرة العربية، بينما ستشهد المناطق الوسطى والجنوبية جفافًا متزايدًا. ويُعدّ تأثير الانخفاض الشتوي في درجات الحرارة بمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا هو الأكثر حدة مقارنةً بالمعدل العالمي، حيث وصل إلى نحو ثلاثة أضعاف المتوسط العالمي. وقد أكدت السجلات التاريخية هذه الظاهرة، إذ أعقبت الثورانات الكبرى موجات برد غير مسبوقة في منطقة الشرق الأوسط، بما في ذلك تساقط الثلوج في مناطق غير معتادة كخليج العقبة. وعلى سبيل المثال، في أعقاب ثوران بركان بيناتوبو في عام 1991، انخفضت درجات الحرارة في فصل الشتاء في المنطقة إلى ما دون المتوسط العالمي في نصف الكرة الأرضية، ووصل التأثير إلى حد تساقط الثلوج في إسرائيل.[3,4]

بالإضافة إلى ذلك، تُعد المملكة العربية السعودية من أكثر الدول عُرضةً للمخاطر الجيولوجية في المنطقة، ولا سيما منطقة «حرة خيبر» التي تُعتبر واحدة من أضخم وأغنى الحقول البركانية تنوعًا من حيث التكوين في شبه الجزيرة العربية. وتقع هذه المنطقة على بُعد نحو 137 كيلومترًا شمال شرق المدينة المنورة، وتبلغ مساحتها حوالي 14,600 كيلومتر مربع.[5]

ويُقدَّر أن حقل "حرة خيبر" البركاني يشهد معدل تكرار طويل الأمد يبلغ نحو 2.3 ثورة بركانية كل 10,000 سنة عبر كامل امتدادها، وذلك بناءً على توزيع بواسون(Poisson) للفترات الفاصلة بين الثورانات، ما يضعه في مصاف أكثر الحقول البركانية تكرارًا للنشاط على مستوى العالم. وتُظهر الأبحاث أن هذه الحرة شهدت مرحلة «اشتعال بركاني» نشطة بين نحو 450,000 و300,000 سنة مضت، وهي حقبة شهدت خلالها المنطقة ذروة نشاطها البركاني، حيث وقع خلالها معظم الثورانات البركانية بمعدل بلغ قرابة 18 ثورة كل 10,000 سنة. غير أن هذا الوهج البركاني خبا تدريجيًا، إذ تراجع معدل الثورانات بعد تلك الذروة إلى أقل من ثورانين كل 10,000 سنة. واستنادًا إلى البيانات الحالية، تُقدَّر احتمالية حدوث ثورة بركانية واحدة على الأقل خلال المئة عام المقبلة بما يتراوح بين 1.09% و16.3%، مع تركز أعلى نسب الاحتمال في المحور المركزي للحرة، وبالأخص بالقرب من جبل القِدر، وجبل البيضاء، وجبل الأبيض.

لا تقتصر تداعيات الثورانات البركانية في منطقة الشرق الأوسط، وشمال إفريقيا على تغيرات درجات الحرارة فحسب، بل تمتد لتشمل اضطرابات أوسع في أنماط الدورة الجوية العالمية، وخاصةً دورة هادلي (Hadley)، التي تؤثر على درجات الحرارة ومعدلات التبخر وهطول الأمطار. وقد تؤدي هذه الاضطرابات إلى عواقب وخيمة على المناطق التي تعتمد على الرياح الموسمية، بما فيها الشرق الأوسط، وإفريقيا، وجنوب آسيا، حيث يشكل انتظام هطول الأمطار حجر الزاوية لضمان الأمن المائي واستقرار القطاع الزراعي. وقد تتسبب التأثيرات الإشعاعية المباشرة للثورانات البركانية مثل انخفاض الإشعاع الشمسي، وتبريد سطح الأرض، وتراجع معدلات هطول الأمطار، في زعزعة استقرار المناطق التي تعاني بالفعل من شحّ المياه، ما يجعل الثورانات البركانية عاملًا مؤثرًا في الأمن المناخي والبيئي، رغم أنه غالبًا ما يُغض الطرف عنه في النقاشات المتعلقة بهذه القضايا.[6]

وبعيدًا عن التأثيرات المناخية، تواجه منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا أيضًا مخاطر الاضطرابات البركانية التي قد تلحق بالبنية التحتية العالمية بسبب اعتماد المنطقة بشكلٍ كبير على طرق التجارة البحرية. وقد حدد باحثون من مركز دراسة المخاطر الوجودية في جامعة كامبريدج سبع "نقاط اختناق" عالمية، وهي المناطق التي تتمركز فيها مجموعات من البراكين النشطة بالقرب من البنية التحتية الحيوية، ما يزيد من احتمالات تعطل سلاسل الإمداد والتجارة الدولية. ويُعد البحر الأبيض المتوسط أحد هذه النقاط، حيث يشكل منطقة عبور حيوية للتجارة العالمية والاتصالات، وهو بمثابة ممر رئيسي لخطوط الشحن التي تربط بين الشرق الأوسط وآسيا وأوروبا، كما أنه يحتضن شبكةً واسعة من كابلات الاتصالات البحرية التي تربط أوروبا بكلٍ من إفريقيا، وأمريكا الشمالية، والشرق الأوسط.[7]

وعلى غرار ما حدث خلال ثوران الحضارة المينوية في عام 3500 قبل الميلاد في سانتوريني، قد يؤدي تسونامي ناجم عن نشاط بركاني في منطقةٍ ما إلى إلحاق أضرار جسيمة بكابلات الاتصالات البحرية وتعطيل مرافق الموانئ الرئيسية مثل قناة السويس التي تجلت أهميتها للتجارة العالمية في مارس 2021 عندما تسببت سفينة حاويات جانحة في

إغلاق الممر المائي لمدة ستة أيام، ما أدى إلى خسائر تجارية قُدرت بين 6 و10 مليارات دولار أسبوعيًا نتيجة التأخير وتحويل مسارات الشحن. لذا، قد يؤدي أي اضطراب ناجم عن نشاط بركاني بهذا الحجم إلى تداعيات اقتصادية بعيدة المدى، تؤثر على سلاسل الإمداد والأسواق العالمية.[8]

وهذا يجعل المنطقة عرضة بشكلٍ خاص للثورانات البركانية وتداعياتها السلبية، فضلًا عن أن الاضطرابات الجوية قد تؤثر على الأوضاع السياسية في بعض البلدان، ما يزيد من حدة تأثير النشاط البركاني بشكلٍ يفوق ما يحدث في مناطق أخرى من العالم. ونظرًا لهشاشة بعض دول المنطقة سياسيًا واقتصاديًا، فلن تقتصر الثورانات البركانية على كونها كوارث طبيعية فحسب، بل ستتحول إلى أزمات سياسية واقتصادية قد تهدد استقرار دول بأكملها.

## مخاطر تتجاوز الحمم البركانية

تتعدى المخاطر المحتملة مجرد الهشاشة التقنية، إذ تُعد منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا معرضة بشكلٍ خاص للخطر بسبب عدم استقرار واقعها السياسي والاقتصادي. ومن الناحية العلمية، وكما أشرنا سابقًا، تُعد منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا واحدة من أكثر المناطق تأثرًا بالتغيرات الجوية والتبريد الناجمين عن الثورانات البركانية. ومع ذلك، لا بدّ أن يتجاوز النقاش هذا الحد، فالهشاشة الجيوسياسية تُسهم في تعميق تداعيات الكوارث الطبيعية بما يفوق كل التصورات؛ إذ أن شح الغذاء وعمليات الإجلاء تُعدّ من أبرز النتائج المحتملة لهذه التداعيات، وهي تحديات تستعصي على منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا التي تفتقر إلى الجاهزية الكافية لمواجهتها، ما يزيد من تعقيد الوضع ويضاعف من آثار هذه الأزمات.

وبالفعل، تشكل أزمات الغذاء مصدر قلق متزايد في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، التي تعاني أصلًا من عدم الاستقرار الجيوسياسي، لذا قد يؤدي أي اضطراب واسع النطاق في إمدادات الغذاء نتيجةً لنشاطٍ بركاني إلى تفاقم الأزمة بشكل حاد؛ فعلى سبيل المثال، كشفت الحرب الروسية الأوكرانية عن هشاشة سلاسل إمدادات الغذاء العالمية، لا سيما في المناطق التي تعتمد بشكلٍ كبير على الواردات. ومع ذلك، تُصنَّف اضطرابات إمدادات الغذاء غالبًا على أنها نتيجةً لمجموعةٍ من المخاطر المتداخلة، ما يجعل الثورانات البركانية لا تحظى إلا بقدرٍ ضئيل من الاهتمام المباشر. وبدلًا من ذلك، يركز صناع القرار والجهات الفاعلة في المنطقة على الاضطرابات الجيوسياسية والاقتصادية باعتبارها الأسباب الرئيسية لانعدام الأمن الغذائي، ما يؤدي بشكلٍ كبير إلى إغفال التداعيات طويلة الأمد للنشاط البركاني.

على الرغم من ذلك، تُظهر الوقائع التاريخية أن الثورانات البركانية قد تترك آثارًا عميقة وطويلة الأمد على الأمن الغذائي؛ فعلى سبيل المثال، شهدت فنلندا في القرن السابع عشر فشلًا زراعيًا كارثيًا نتيجة التبريد الذي تسببت فيه الأنشطة البركانية. كما أن أكثر من نصف الأزمات الغذائية الكبرى التي وثّقتها البشرية خلال تلك الفترة كانت مرتبطة بالنشاط البركاني، حيث أسفر الانخفاض الحاد في غلة المحاصيل الزراعية عن انتشار الفقر والمجاعات، وارتفاع معدلات الوفيات، ما عمق المعاناة البشرية وأدى إلى تداعيات اقتصادية واجتماعية مريرة. وتبرز هذه الحالات كيف يمكن للنشاط البركاني أن يقوّض الإنتاج الغذائي بشكل مباشر من خلال الإخلال بالأنظمة الزراعية الهشة التي تعتمد على استقرار الظروف المناخية.[9]

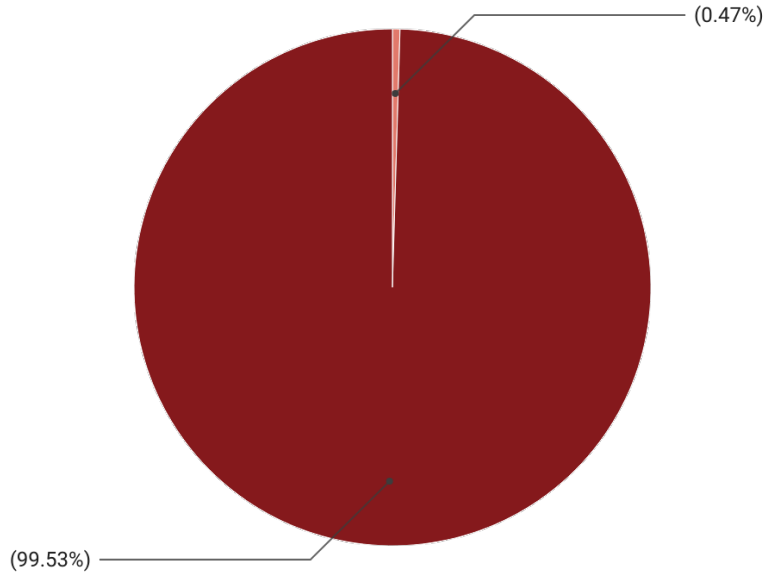
لا تزال الثورانات البركانية غائبة عن أولويات نقاشات الأمن الغذائي، رغم ما تحمله من مخاطر جسيمة. وفي حين تركز وسائل الإعلام على مشاهد الإجلاء الفوري، يبقى التحدي الأكبر في التغيرات المناخية التي تخلفها الثورانات البركانية، والتي قد تؤثر على الأمن الغذائي لسنوات قادمة. وفي حال عدم التصدي لهذه الاضطرابات، فقد تؤدي إلى تفاقم عدم استقرار أنظمة الغذاء الهشة بالفعل، ما يستدعي من الحكومات إدراج مخاطر الثورانات البركانية ضمن استراتيجياتها الشاملة لتعزيز الأمن الغذائي وضمان جاهزيتها لمواجهة الكوارث.

وإلى جانب تأثيرها على الأمن الغذائي على المدى الطويل، تؤدي الثورانات البركانية إلى عواقب فورية، إذ غالبًا ما تجبر أعدادًا هائلة من السكان على إخلاء منازلهم. فعندما ثار بركان جبل كيلود في جزيرة جاوة الإندونيسية، غطت سحبٌ كثيفة من الرماد والحصى القرى المجاورة، ما دفع نحو 100 ألف شخص إلى ترك منازلهم بحثًا عن الأمان. ولكن على الرغم من أن مثل هذه الكوارث قد تتسبب في نزوحٍ واسع النطاق، إلا أنها لا تؤدي بالضرورة إلى هجرة دائمة، حيث تشير الأبحاث إلى أن التغيرات المناخية التدريجية، مثل ارتفاع درجات الحرارة وتغير أنماط هطول الأمطار، هي العامل الأكثر تأثيرًا في تحديد قرار الأسر بشأن الاستقرار أو الانتقال الدائم؛ فعلى سبيل المثال، كانت التغيرات المناخية الإقليمية في إندونيسيا، وليس الكوارث الطبيعية الفردية، هي المحرك الرئيسي للهجرة طويلة الأمد بين المقاطعات.[10]

مع ذلك، لا يعني هذا أن الثورانات البركانية لا تؤثر في عمليات إجلاء السكان أو هجرتهم من مناطقهم، فالتداعيات الناتجة عنها، مثل نقص الغذاء والتغيرات المناخية، تشكل عوامل دافعة يجب أخذها في الحسبان. ومن الجدير بالذكر في هذا المقام أن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تعاني بالفعل من موجات عدة للنزوح الداخلي، حيث تشير التقارير إلى أن واحدًا من كل ثلاثة حالات نزوح داخلي يحدث في هذه المنطقة، وقد شهد هذا الرقم ارتفاعًا بنسبة 71% في عام 2022 نتيجة الكوارث الطبيعية التي ضربت بعض دول المنطقة مثل سوريا، والمغرب، وليبيا.[11] بالإضافة إلى ذلك، تبين أن 54% من السكان

**شكل (1): توزيع المساعدات الإنمائية**

تقليل مخاطر الكوارث مقابل الأغراض الأخرى




المصدر: UNDRR

الذين شملهم التحليل واجهوا مستويات عالية من انعدام الأمن الغذائي الحاد في عام 2023 في تسع دول وأقاليم،[12] ما يعني أن المنطقة في وضعٍ حرج بالفعل فيما يتعلق بتداعيين رئيسيين قد تنجم عنهما الثورانات البركانية. لذا، قد تؤدي إضافة طبقة أخرى من عدم اليقين إلى تفاقم هاتين الأزمتين القائمتين بالفعل، ما يشكل تهديدًا خطيرًا للاستقرار السياسي.

## ما الذي ينبغي فعله؟

رغم أن المخاطر الناجمة عن الكوارث الطبيعية تُعدّ حادة على المستوى العالمي، فإن حجم الإنفاق المخصص للتعامل معها لا يزال متواضعًا. ففي الفترة بين عامي 2010 و2018، لم يُخصَّص سوى 47 سنتًا للحد من مخاطر الكوارث مقابل كل 100 دولار أُنفقت على إجمالي المساعدات الإنمائية بهدف تقليل مخاطر الكوارث، ما يُعد مؤشرًا مقلقًا بشأن الأولويات العالمية.

وخلال الفترة الممتدة من 2005 إلى 2017، بلغ حجم المساعدات التنموية الموجهة إلى الجهود المرتبطة بالكوارث نحو 137 مليار دولار، إلا أن أكثر من 90% منها خُصص للاستجابة الطارئة، وإعادة الإعمار، وتقديم المساعدات الإغاثية، في حين لم يتجاوز ما وُجّه لأغراض الوقاية والاستعداد نسبة 4%، أي ما يعادل 5.2 مليار دولار فقط. هذا الاختلال الواضح في توزيع التمويل يعكس تصوّرًا راسخًا بأن الاستثمار في تعزيز القدرة على الصمود يحمل مجازفة سياسية، نظرًا لأن عوائده قد لا تظهر خلال دورة سياسية واحدة. ونتيجة لذلك، غالبًا ما يتم تهميش مفهوم الصمود في مواجهة الكوارث، رغم تصاعد التكاليف وتكرار الأحداث الكارثية على نحو متزايد. وغالبًا ما تجد الحكومات نفسها أسيرة دوامة تفاعلية لا تنفكّ تدور بين الاستجابة للكوارث، والتعافي منها، ثم ما يلبث أن يُعاد تكرارها، ما يعيقها عن التحرر من هذه الحلقة المفرغة بسبب قصور التخطيط المالي وغياب الحوافز الملموسة. ورغم ما أُحرز من تقدم في تعزيز الاستثمار الاستباقي قبل وقوع الكارثة، لا يزال هناك ميلٌ راسخ نحو التركيز على إجراءات التعافي بعد وقوع الكارثة. علاوة على ذلك، لا تزال العديد من الحكومات والشركات والمؤسسات المالية تُهمل إجراء تقييمات منهجية لمستوى تعرضها للمخاطر، كما نص عليه إطار سنداي (Sendai Frame Work)للحد من مخاطر الكوارث، مما يُضعف من قدرتها على اتخاذ قرارات مالية مبنية على رؤية طويلة الأمد ومستندة إلى تقييم المخاطر.[13]

وعلى الرغم من المخاطر المذكورة آنفًا، فإن التهديدات الناجمة عن الأنشطة البركانية لا تحظى باهتمام كافٍ في التخطيط الأمني والاقتصادي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ولكن مع تزايد التحديات البيئية والجيوسياسية التي تواجهها المنطقة، يغدو إدراج المخاطر البركانية ضمن استراتيجيات شاملة لإدارة الأزمات ضرورة لا غنى عنها للتخفيف من الاضطرابات المحتملة في المستقبل والحدّ من تداعياتها. ويستلزم التصدي للمخاطر البركانية في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تبنّي نهج متكامل يجمع بين الحلول السياسية والتكنولوجية، حيث إن الاقتصار على أحد المسارين، سواء الحوكمة أو التطورات العلمية، لن يكون

كافيًا لمجابهة هذه التحديات بفاعلية. كما يتعين أن يقترن الالتزام السياسي والتوعية العامة بعمليات الرصد العلمي والتنبؤ والتخطيط الاستراتيجي للحدّ من التداعيات الكارثية للثورانات البركانية المحتملة.

## الإرادة السياسية والحَوكمة

تتمثل الخطوة الأولى الحاسمة في ضمان إدراك صُنّاع السياسات لخطر التهديدات البركانية والتزامهم باتخاذ تدابير استباقية للحد من التهديدات المحتملة. كما يتعين على الحكومات أن تكون على استعدادٍ تام لتمويل جهود التخفيف من تداعيات الثورانات البركانية ودعمها، بالإضافة إلى وضع إطار شامل لتقييم المخاطر الإقليمية، على غرار تقييم مخاطر الأمن القومي المعمول به في المملكة المتحدة، إذ من شأن هذا التقييم أن يوفر تحليلًا علميًا دقيقًا للتهديدات البركانية المحتملة وتأثيراتها المتتابعة على الاستقرار الاقتصادي والسياسي والاجتماعي، ما يعزز قدرة الدول على الاستعداد لمواجهة هذه التحديات والتقليل من آثارها السلبية.

وينبغي أيضًا إطلاق حملاتٍ شاملةٍ للتوعية العامة، إذ إن ترسيخ وعي المجتمعات بالمخاطر البركانية، وإشارات الإنذار المبكر، وإجراءات الإجلاء، يعزز بصورةٍ جوهرية من جاهزية المجتمعات وقدرتها على الاستجابة الفاعلة. كما يتعيّن أيضًا على القادة السياسيين أن ينهضوا بمسؤولياتهم في التنسيق الوثيق مع العلماء، ليكون تقييم المخاطر حجر الأساس في رسم استراتيجيات الأمن القومي، وصياغة خطط الطوارئ، وتعزيز مرونة البنية التحتية لمواجهة التحديات المحتملة.[14] [15]

## أنظمة الرصد العلمي والإنذار المبكر

يضطلع علماء البراكين بدورٍ محوري في مراقبة النشاط البركاني وتقديم تقييمات مستندة إلى بياناتٍ حول احتمالات ثوران البراكين. فقبل وقوع الانفجار، تشهد البراكين تغيّرات فيزيائية وكيميائية يمكن رصدها وتحليلها باستخدام تقنيات متطورة ومتنوعة، حيث يُستخدم مقياس الميل وأنظمة تحديد المواقع عبر الأقمار الصناعية لرصد التشوّهات التي تطرأ على سطح الأرض نتيجة صعود الصُهارة، ما يوفر دلائل مبكرة على احتمالية حدوث الثوران. كما توفر انبعاثات الغازات، وخاصة مستويات الرادون وثاني أكسيد الكبريت، مؤشرات على تزايد النشاط البركاني. بالإضافة إلى ذلك، تراقب أجهزة الاستشعار الحرارية التغيرات في درجة حرارة سطح البركان، في حين تتعقب أجهزة قياس الزلازل وتقنيات الليزر الحركات الأرضية التي تسبق الانفجار البركاني في كثيرٍ من الأحيان.

على الجانب الآخر، يستلزم إنشاء نظام إنذار مبكر فعّال مراقبةً مستمرة لهذه المؤشرات، مع تبادل البيانات في الوقت الفعلي بين العلماء وصنّاع القرار. كما ينبغي أيضًا تعديل مستويات الإنذار لتناسب مستوى تصاعد الاضطرابات البركانية لضمان إبلاغ السلطات المحلية والسكان بالمخاطر في الوقت المناسب.

## التنبؤ والتخطيط والاستعداد للطوارئ

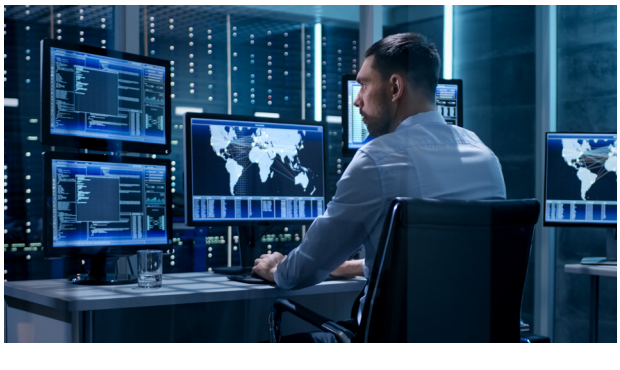
إلى جانب الرصد والمراقبة، يُعد وضع استراتيجيةٍ محكمة للتنبؤ والتخطيط حجر الأساس في الحد من مخاطر الكوارث البركانية. فمن خلال دراسة الحركات التكتونية ورصد أنماط النشاط البركاني، يتمكن العلماء من استشراف احتمالية وقوع الثورانات وتحديد المناطق الأكثر عرضة للخطر. ومع ذلك، يظل نجاح جهود التخفيف من هذه المخاطر مرهونًا بقدرة الحكومات على ترجمة هذه التوقعات إلى خطط عملية وفعالة للتأهب للطوارئ.

وفي سبيل حماية الأرواح من الهلاك، لا بد من فرض مناطق محظورة في المناطق شديدة الخطورة، لتقليل التعرض للمخاطر البركانية. كما أن استراتيجيات الإجلاء لا ينبغي أن تكون مجرد خططٍ نظرية، بل يجب أن تُصاغ بعنايةٍ ودقةٍ بالغة، بحيث تضمن للمجتمعات المتضررة ملاذًا آمنًا، وإمدادات تكفل بقاءها، ورعاية طبية تسعفها في أحلك الظروف. علاوة على ذلك، ينبغي تحديث الأطر اللوجستية لعمليات الإجلاء على نطاقٍ واسع بشكل منتظم، مع إجراء تدريبات محاكاة لاختبار مدى كفاءة الاستجابات الموضوعة.

في النهاية، يتطلب التخفيف من مخاطر البراكين في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تكاتفًا حقيقيًا بين القادة السياسيين والعلماء ووكالات الاستجابة للطوارئ. فتعزيز القدرات المؤسسية، والاستثمار في التطور التكنولوجي، وتعميق التعاون الإقليمي تشكل الركائز الجوهرية التي تضمن عدم تحول الثورانات البركانية إلى أزمات إنسانية وسياسية واقتصادية كارثية.

## ضرورة تبني نهج تعاوني

نظرًا للطابع العابِر للحدود للمخاطر البيئية، يتعين على دول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تبنّي نهجٍ تعاونيٍ



فعّال في مواجهة مخاطر البراكين. فإرساء إطار إقليمي مشترك للاستعداد للكوارث، على غرار مبادراتٍ مثل اتفاقية رابطة دول جنوب شرق آسيا لإدارة الكوارث والاستجابة للطوارئ، سيتيح للدول تبادل الخبرات والبيانات والموارد، ما يُسهم في تعزيز التعاون البناء والفعّال للتصدي لهذه المخاطر. كما يسهم إنشاء نظام إنذار مبكر مشترك، وتسهيل استراتيجيات الإجلاء العابرة للحدود، وتنسيق جهود المساعدات الطارئة في تعزيز القدرة الجماعية على الصمود في مواجهة الاضطرابات البركانية. بالإضافة إلى ذلك، تضمن برامج البحوث التعاونية وآليات التمويل الإقليمية للبنية التحتية لمراقبة البراكين عدم تحمل أي دولة عبء التخفيف من وطأة هذه الاضطرابات بمفردها. ومن ثم، يمكن لدول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تعزيز قدرتها على التنبؤ بالمخاطر البركانية، والاستجابة لها، والتعافي منها بشكل أكثر فعالية، من خلال تعزيز التعاون وتبادل المعلومات فيما بينها، ما يسهم في بناء شبكة متكاملة من التحليل والاحتياطات لمواجهة التحديات المستقبلية.

تُعد ثورانات البراكين، مهما كانت شدتها، مصدرًا من مصادر الخطر الذي يمتد بآثاره بعيدًا في الزمان والمكان. فإلى جانب الدمار المادي الفوري الذي تسببه، تتسبب تداعياتها الجوية والمناخية في تعميق أزمات عدم الاستقرار السياسي والاقتصادي بشكلٍ قد يفوق التصور. ويزداد هذا القلق وضوحًا في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، التي ترزح بالفعل تحت وطأة تحديات جسيمة، أبرزها انعدام الأمن الغذائي والنزوح الداخلي، وهي قضايا تتفاقم في كثيرٍ من الأحيان جراء الاضطرابات البركانية، ما يزيد من تعقيد الموقف بشكلٍ مقلق. ونظرًا لهذه الثغرات الواضحة، لا يمكن للمنطقة أن تغض الطرف عن المخاطر المحتملة التي تهدد استقرارها، إذ إن تجاهلها يعني تعريضها لمخاطر جسيمة. لذا، من الضروري أن تتبنى المنطقة نهجًا استباقيًا وتعاونيًا للحد من تأثير الثورانات البركانية في المستقبل، وهذا يتطلب من المهندسين الجيولوجيين والخبراء الفنيين التعاون الوثيق مع صانعي السياسات لوضع استراتيجيات شاملة تأخذ في الحسبان التداعيات البيئية والاجتماعية والسياسية للنشاط البركاني. فمن خلال تعزيز الشراكة بين العلم والحكم، يمكن للمنطقة أن تعزز قدرتها على الصمود، وتمنع تحول المخاطر البركانية إلى أزماتٍ شاملة تزعزع استقرارها على جميع الأصعدة.

## المـــراجع


1. Severi, Francesco, and Andrea C. J. Peters. "Assessing the Impact of Volcanic Eruptions on Climate and Society." Nature Communications 12, no. 1 (2021), accessed February, 9, 2025. https://www.nature.com/articles/s41467-021-25021-8.

2. University of Cambridge. "Minor Volcanic Eruptions Could Cascade into Global Catastrophe, Experts Warn." Cambridge University Research News, August 14, 2023, accessed February, 10, 2025. https://www.cam.ac.uk/research/news/minor-volcanic-eruptions-could-cascade-into-global-catastrophe-experts-warn.

3. Toohey, M., and K. Krüger. "Dynamical Response to Volcanic Forcing: Climate Impacts of the 1991 Mt. Pinatubo Eruption." Journal of Geophysical Research: Atmospheres 122, no. 22 (2017): 12,361–12,375. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2017JD026783.

4. Centre for the Study of Existential Risk. "The Impact of the Tambora Volcanic Eruption of 1815 on Islands and Its Relevance for Future Sunlight-Blocking Catastrophes." CSER, 2023, accessed February, 10, 2025. https://www.cser.ac.uk/resources/impact-tambora-volcanic-eruption-1815-islands-and-relevance-future-sunlight-blocking-catastrophes/.

5. Felix Grebmer, Joern Lauterjung, and Johannes Schweitzer, "Global Volcano Model (GVM): Approaches to a Harmonized Assessment of Volcanic Risk," Journal of Applied Volcanology 11, no. 1 (2022): Article 9, https://appliedvolc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13617-022-00124-z.

6. Japan Society for the Promotion of Science. "Impacts of Large Volcanic Eruptions on Global Climate." R11903 Report, 2019. https://www.jsps.go.jp/file/storage/general/english/e-ronpaku/data/data_fellows/FY2019/R11903.pdf.

7. Toohey, M., and K. Krüger. "Dynamical Response to Volcanic Forcing: Climate Impacts of the 1991 Mt. Pinatubo Eruption." Journal of Geophysical Research: Atmospheres 122, no. 22 (2017): 12,361–12,375. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2017JD026783.

8. Toohey, M., and K. Krüger. "Dynamical Response to Volcanic Forcing: Climate Impacts of the 1991 Mt. Pinatubo Eruption." Journal of Geophysical Research: Atmospheres 122, no. 22 (2017): 12,361–12,375. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2017JD026783.

9. Fan, C. Cindy. "Migration, Hukou, and the City." China Economic Review 44 (2017): 49–60. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305748817300014#preview-section-snippets.

10. Gibbons, Ann. "A Volcanic Eruption Probably Wouldn't Make You Move." Science, January 15, 2024, accessed February, 8, 2025. https://www.science.org/content/article/volcanic-eruption-probably-wouldnt-make-you-move.

11. International Organization for Migration. "New Global Report Shows One in Three Internal Displacements Are in the MENA Region." IOM News, 2024. https://mena.iom.int/news/new-global-report-shows-one-three-internal-displacements-are-mena-region.

12. Food Security Information Network. Global Report on Food Crises 2024: MENA Regional Overview. FSIN, 2024. https://www.fsinplatform.org/sites/default/files/resources/files/GRFC2024-regional-mena.pdf.

13. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), "Financing Prevention," UNDRR, accessed February 12, 2025 https://www.undrr.org/implementing-send-ai-framework/drr-focus-areas/financing-prevention.

14. Internet Geography. "Can the Risks of Volcanic Eruptions Be Reduced?" Internet Geography, 2024, accessed February, 12, 2025. https://www.internetgeography.net/topics/can-the-risks-of-volcanic-eruptions-be-reduced/.

15. Robock, Alan, and Richard P. Turco. "The Climatic Impact of the 1815 Tambora Eruption." In Global Environmental Change, edited by John S. Perry, 307–320. Berlin: Springer, 1993. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-80087-0_21.

# التهديد الشمسي الصامت

## كيف يواجه الشرق الأوسط أخطارًا خفية من الفضاء

بقلم: د. محمد شادي

تشكل العواصف الشمسية (solar storms)، بتقلباتها العنيفة ومظاهرها الكونية المذهلة، مصدر اهتمام عميق للمجتمع العلمي والرأي العام على حد سواء. فهذه الظواهر التي تشمل التوهجات الشمسية (solar flares) والانبعاثات الكتلية الإكليلية (CMEs)والعواصف الجيومغناطيسية (geo-magnetic storms)، لا تقتصر آثارها على المشاهد الخلابة للأضواء القطبية، بل تنطوي على أخطار حقيقية تهدد كوكب الأرض، لا سيما في ظل الاعتماد المتزايد على النظم التكنولوجية المتقدمة. وفي عصر تتسارع فيه وتيرة التحول الرقمي، وتزداد فيه الحاجة إلى الأقمار الصناعية، وأنظمة الملاحة الجوية والبحرية، وشبكات الاتصالات، يصبح خطر العواصف الشمسية أكثر فتكًا وأشد تأثيرًا. إذ يمكن لعاصفة شمسية قوية أن تُحدث اضطرابًا شاملاً في البنية التحتية التكنولوجية العالمية، مسببة خسائر اقتصادية فادحة تُقدَّر بتريليونات الدولارات، إلى جانب تهديد مباشر لسلامة البشر والخدمات الحيوية التي تعتمد عليها المجتمعات الحديثة.

بينما يتركز جزء كبير من الخطاب العالمي حول العواصف الشمسية على المناطق ذات خطوط العرض العليا، تواجه منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا مجموعة من نقاط الضعف الفريدة التي لم تحظَ بالاهتمام الكافي. فالاعتماد المتزايد على التكنولوجيا، وشبكات الكهرباء المتقادمة، والظروف البيئية القاسية في هذه المنطقة، تجعلها أكثر عرضة للاضطرابات الناجمة عن العواصف الجيومغناطيسية. وتشكل الآثار المحتملة على قطاع الطيران، وشبكات الاتصالات، والبنية التحتية للمياه في هذه البيئة القاحلة مصدر قلق بالغ.

إن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ليست بمنأى عن التأثيرات المدمّرة للعواصف الشمسية، بل تُعدّ ساحة خصبة لتفاقم آثارها، وهو ما يستدعي فحصًا دقيقًا للمخاطر المحددة واقتراح تدابير حيوية لتعزيز القدرة على الصمود في مواجهة هذه التهديدات الفضائية.

## فهم النشاط الشمسي وآثاره

تُعرف العواصف الشمسية بأنها اضطرابات تحدث على سطح الشمس وتمتد خارجها لتؤثر عبر الغلاف الشمسي (Heliosphere) على كامل النظام الشمسي، بدرجات متفاوتة حسب المسافة عن الشمس.[1] ويمكن أن تتجلى هذه الاضطرابات في عدة أشكال، من أبرزها التوهجات الشمسية، والانبعاثات الكتلية الإكليلية، والعواصف الجيومغناطيسية، والعواصف الفرعية.

تحدث العواصف الإشعاعية الشمسية عندما تتسبب الانفجارات المغناطيسية واسعة النطاق–التي غالبًا ما تكون مصحوبة بانبعاثات كتلية إكليلية وتوهجات شمسية–في تسريع جسيمات مشحونة داخل الغلاف الجوي الشمسي إلى سرعات فائقة. وتُعد البروتونات من أهم هذه الجسيمات، إذ يمكن تسريعها لتبلغ جزءًا كبيرًا من سرعة الضوء. وعند هذه السرعات الهائلة، تستطيع البروتونات أن تقطع المسافة التي تفصل بين الشمس والأرض–البالغة نحو 150 مليون كيلومتر–في غضون دقائق معدودة. وبمجرد وصولها إلى كوكب الأرض، تخترق هذه البروتونات السريعة الغلاف المغناطيسي (Mag-netosphere)، الذي يُعد عادة خط الدفاع الأول ضد الجسيمات المشحونة ذات الطاقة المنخفضة. وبعد اختراق هذا الحاجز الطبيعي، تتجه الجسيمات المشحونة على طول خطوط المجال المغناطيسي الأرضي، لتخترق الغلاف الجوي قرب القطبين الشمالي والجنوبي، مما يؤدي إلى آثار متسلسلة قد تشمل اضطرابات واسعة في الاتصالات والملاحة والطاقة.[2]

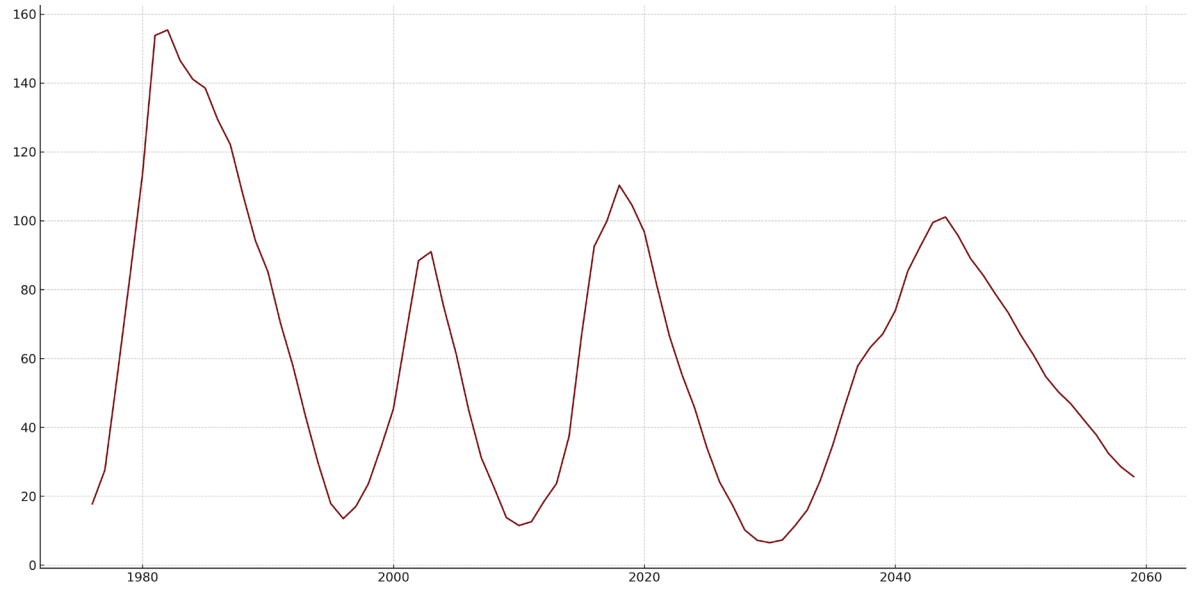
من المهم أن نُدرك أن الغلاف المغناطيسي والغلاف الجوي للأرض يوفران، في المجمل، حماية فعّالة ضد أسوأ آثار العواصف الشمسية. ومع ذلك، فإن الأحداث الشمسية القصوى يمكن أن تتجاوز هذه الدفاعات الطبيعية، ما يؤدي إلى اضطرابات كبيرة على المستويين التقني والمجتمعي.[3]

• **التوهجات الشمسية (Solar flares)** هي انفجارات مفاجئة للطاقة ناتجة عن تشابك أو تقاطع أو إعادة تنظيم خطوط المجال المغناطيسي على سطح الشمس.[4] وتُطلق هذه التوهجات كميات هائلة من الطاقة عبر الطيف الكهرومغناطيسي، بما في ذلك الأشعة السينية، أشعة جاما، والضوء المرئي.[5] وتُعتبر التوهجات الشمسية أقوى الانفجارات في النظام الشمسي، حيث تُطلق كميات ضخمة من الطاقة قد تؤثر بشكلٍ كبير على البيئة الفضائية وعلى الأرض نفسها.

• **الانبعاثات الكتلية الإكليلية (CMEs)** هي دفعات ضخمة من البلازما والمجالات المغناطيسية تنبعث من إكليل الشمس. وتتمثل في سحب شمسية ضخمة قد تسير بسرعات تتجاوز مليون ميل في الساعة، مع اتساعها كلما اندفعت عبر الفضاء.[6]

**شكل (1): عدد البقع الشمسية الملساء شهريًا من عام 1976 إلى عام 2025، موضحًا الدورات الشمسية من 21 إلى 25**

نشاط الدورات الشمسية (عدد البقع الشمسية الملساء من عام 1976 إلى عام 2025)




المصدر: NOAANSpace Weather Prediction Center (SWPC), Sunspot Index and Long-term Solar Observations (SILSO)

• العواصف الجيومغناطيسية (Geomagnetic storms) تحدث عندما تتفاعل الانبعاثات الكتلية الإكليلية أو تيارات الرياح الشمسية السريعة مع المجال المغناطيسي للأرض. وتؤدي هذه التفاعلات إلى اضطرابات في المجال المغناطيسي الأرضي، ما يسبب آثارًا متعددة تشمل انقطاع الاتصالات، وتلف الأقمار الصناعية، وتأثر أنظمة الملاحة والطاقة. وتُعد هذه العواصف ظواهر عالمية واسعة النطاق.

• **العواصف الفرعية (Substorms)**، التي تشترك في أصلها مع العواصف الجيومغناطيسية، هي اضطرابات مغناطيسية قصيرة الأمد لا تتجاوز مدتها ساعتين إلى ثلاث ساعات. وتحدث بوتيرة أعلى، تصل في المتوسط إلى ست مرات يوميًا. وعلى عكس العواصف الجيومغناطيسية، فإن العواصف الفرعية محلية وتُرصد فقط في المناطق القريبة من الأقطاب، ضمن ما يُعرف بمناطق الشفق القطبي.

وتجدر الإشارة إلى أن هذه الظواهر الشمسية لا تحدث بشكل عشوائي عبر الزمن، بل تتبع نمطًا دوريًا يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالدورة الشمسية التي تمتد لمدّة 11 عامًا، والتي تتحكم بها ديناميكية المجال المغناطيسي الداخلي للشمس. وتشهد فترات «الذروة الشمسية»–التي تتميز بارتفاع عدد البقع الشمسية وزيادة اضطراب الحقول المغناطيسية– تكرارًا أعلى لأحداث من قبيل التوهجات الشمسية من الفئة X، الانبعاثات الكتلية الإكليلية، والعواصف الإشعاعية الشمسية. فعلى سبيل المثال، ارتبطت الذروتان السابقتان في النشاط الشمسي خلال الدورتين 23 و24 بوقوع اضطرابات تقنية كبرى على مستوى العالم، شملت انقطاع شبكات الكهرباء، وتعطّل أنظمة الملاحة الجوية، وخسائر مالية ضخمة. ومع اقتراب ذروة الدورة الشمسية الخامسة والعشرين والمتوقعة في عام 2025، تزداد بشكل ملحوظ احتمالية تعرض البنى التحتية الحيوية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لعواصف شمسية عالية الشدة. لذلك، لذا، يُعد دمج التنبؤات المتعلقة بالدورة الشمسية في أنظمة الإنذار المبكر الإقليمية خطوة أساسية نحو التخفيف من المخاطر في الوقت المناسب، لا سيما في القطاعات الحساسة مثل الطيران، والطاقة، والاتصالات.[7] ويوضح الشكل أدناه عدد البقع الشمسية الملساء من عام 1976 وحتى الذروة المتوقعة للدورة الشمسية 25 في عام 2025، ما يوفر تصورًا واضحًا للطابع الدوري للنشاط الشمسي وتداعياته على التنبؤ بالعواصف الفضائية.

يعرض الرسم البياني رقم (1) الديناميكيات الزمنية للنشاط الشمسي من خلال تتبع أعداد البقع الشمسية (sun-spot)، والتي تُستخدم كمؤشر غير مباشر للاضطرابات المغناطيسية الشمسية. ويُجسّد النمط الدوري الواضح في الرسم الدورة الشمسية التي تمتد نحو 11 عامًا، حيث يُمثل كل ذروة ما يُعرف بـ «الحد الأقصى للطاقة الشمسية" وهي المرحلة التي يرتفع فيها خطر العواصف الجيومغناطيسية، والعواصف الإشعاعية الشمسية، والانقطاعات في موجات الراديو (radio blackouts).

تشير المسارات الحالية للنشاط الشمسي إلى أن الشمس تقترب بسرعة من المرحلة القصوى للدورة الشمسية الخامسة والعشرين، والمتوقع أن تحدث بين أواخر عام 2024 وبداية عام 2026.[8] ويُمثل هذا الحد الأقصى للطاقة الشمسية فترة ذروة عدم الاستقرار المغناطيسي. وقد أكدت الملاحظات الصادرة عن الإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) ومراصد شمسية دولية أخرى وجود ارتفاع مطّرد في أعداد البقع الشمسية (sunspot) ونشاط التوهجات منذ عام 2021، وهو ما يتسق مع مرحلة التصاعد في هذه الدورة.[9] ومع اقتراب هذه الذروة، ترتفع احتمالية حدوث اضطرابات جيومغناطيسية شديدة بشكل كبير، مما يضاعف من المخاطر المحدقة بعمليات الأقمار الصناعية، والطيران، وبُنى الاتصالات، وشبكات الطاقة حول العالم. أما بالنسبة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، حيث تتوسع البنية التحتية التكنولوجية بوتيرة متسارعة لكنها لا تزال معرضة للخلل، فإن هذا الحد الأقصى للطاقة الشمسية يُشكّل نافذة حرجة من التعرض الشديد للمخاطر ودعوة ملحّة لوضع خطط تأهب وبناء قدرات الصمود في وجه تهديدات الطقس الفضائي.[10]

## الذروات الشمسية الكبرى منذ عام 1970

كما أوضحنا سابقًا في «فهم النشاط الشمسي وآثاره»، فإن تواتر العواصف الشمسية وشدتها ليسا موزعين بشكل منتظم على مر الزمن، بل يرتبطان ارتباطًا وثيقًا بالسلوك الدوري للنشاط المغناطيسي للشمس. وتكتسب التوهجات الشمسية من الفئة X أهميةً خاصة لأنها تُعد الأقوى ضمن تصنيف الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي، حيث يتم تصنيف التوهجات بناءً على ذروة تدفق الأشعة السينية: A، B، C، M، وX، وتشير فئة X إلى أحداث يتجاوز فيها التدفق الإشعاعي $10^{-4}$ واط/متر² لكل وحدة فلكية. ويستعرض القسم التالي أبرز أحداث الذروة الشمسية منذ عام 1970 وحتى اليوم، مع التركيز على آثارها الملموسة وتبعاتها الاقتصادية.

في أغسطس 1972، قرب نهاية الدورة الشمسية العشرين، وصل إلى الأرض انبعاث كتلي إكليلي (CME) بسرعة استثنائية خلال أقل من 15 ساعة، حيث قُدرت سرعتها بنحو 2,850 كيلومترًا في الثانية. وبمجرد وصوله، تسببت العاصفة في انقطاعات فورية لموجات الراديو في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، كما تعطّلت شبكات الاتصالات العالمية. غير أن التأثير الأكثر خطورة وقع في شمال فيتنام، حيث أدّت العاصفة –عن غير قصد – إلى تفجير عدد من الألغام البحرية المغناطيسية الأمريكية في ميناء هايفونج، وهو حدث تم رفع

السرية عنه لاحقًا وتأكيده من قبل أرشيف البحرية الأمريكية. أما الجرعة الإشعاعية المصاحبة لهذا الحدث فكانت مرتفعة إلى حد خطير؛ إذ لو كان هناك رواد فضاء في طريقهم إلى القمر وقتها، لكانوا تعرضوا لجرعة إشعاعية قاتلة تتجاوز 400 ريم.[11] وقد سلّطت هذه الحادثة الضوء على التهديد المباشر الذي تمثله العواصف الشمسية على العمليات العسكرية وعلى سلامة الرحلات الفضائية المأهولة.

بلغت الذروة الشمسية للدورة الشمسية الثانية والعشرين أوجها في العاصفة الجيومغناطيسية التي وقعت في 13 مارس 1989، حينما ضرب انبعاث كتلي إكليلي الغلاف المغناطيسي للأرض، ما أدى إلى انهيار كارثي في شبكة الكهرباء التابعة لشركة هيدرو كيبيك. وقد غرقت مقاطعة كيبيك الكندية بأكملها في ظلامٍ دامس دام لأكثر من تسع ساعات، ما أثر على أكثر من ستة ملايين نسمة. أما في الولايات المتحدة، فقد تسببت التيارات المستحثة جيومغناطيسيًا (GICs) في تلف دائم لمحول كهربائي بقيمة 10 ملايين دولار في محطة سالم للطاقة النووية بولاية نيوجيرسي. ولا تزال هذه الحادثة تُصنّف كواحدة من أكثر الأعطال المرتبطة بالطقس الفضائي تكلفة على مستوى البنية التحتية، إذ تجاوزت الخسائر الاقتصادية 2 مليار دولار كندي، لتظل شاهدًا صارخًا على هشاشة الأنظمة الحديثة أمام غضب الفضاء الكوني.[12] كما سُجلت آنذاك أعطال واسعة النطاق في الأقمار الصناعية، وانقطاعات في موجات الراديو على نطاق واسع في أمريكا الشمالية وأوروبا.

وفي وقتٍ لاحق من العام ذاته، بين 19 و24 أكتوبر 1989، شهدت المنطقة النشطة AR5395 سلسلةً من التوهجات الشمسية من الفئة X، كان أبرزها توهج هائل من الفئة X13. وقد أدّت الانبعاثات الكتلية الإكليلية الناتجة عن هذه التوهجات إلى حدوث اضطراباتٍ عالمية في الاتصالات عالية التردد، وأثّرت على وظائف الأقمار الصناعية، وأربكت عمليات الطيران. كما وُضعت بعثة مكوك الفضاء إس تي إس34 التابعة لوكالة ناسا في حالة تأهب إشعاعي قصوى، في حين شهدت أنظمة الملاحة للعديد من الطائرات التجارية انحرافات تجاوزت 15 ميلًا بحريًا. وقد أدّت هذه العواصف أيضًا إلى ظهور الشفق القطبي في خطوط عرض منخفضة بشكل غير معتاد، ما سبّب مزيدًا من الاضطراب في الظروف الجوية العليا وفي طبقة الأيونوسفير.[13]

اتسمت بداية الدورة الشمسية الثالثة والعشرين بحدث يوم الباستيل في 14 يوليو 2000، والذي شهد توهجًا شمسيًا من الفئة X5.7 مصحوبًا بانبعاثٍ كتلي إكليلي ضرب الأرض، نتج عنه عاصفة جيومغناطيسية من المستوى G5 وهو أعلى مستوى على مقياس الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي. تسببت العاصفة في اضطرابات تشغيلية في الأقمار الصناعية، وتقلبات في شبكات الكهرباء في شمال أوروبا، وإلغاء أو تأجيل الرحلات الجوية عبر القطب الشمالي. بلغ إجمالي الخسائر المباشرة الناتجة عن إعادة توجيه الطيران، وتلف أجهزة استشعار الأقمار الصناعية، وتأخيرات التشغيل نحو 70 مليون دولار.[14] كما أُجبرت الأقمار الصناعية التابعة لوكالة ناسا، مثل SOHO وACE، على الدخول في وضع الأمان لتجنب الضرر.

أما الحدث الأكثر تدميرًا فقد جاء لاحقًا، فيما يُعرف بعواصف الهالوين التي وقعت بين 28 أكتوبر و4 نوفمبر 2003، وهي فترة متواصلة من النشاط الشمسي الشديد نشأت من البقعة الشمسية النشطة AR486، وأنتجت خلالها عدة توهجات عالية الشدة شملت توهجات من الفئات X10، X17.2، وX8.3. وكانت العواقب الجيومغناطيسية واسعة النطاق وشملت الكرة الأرضية بأكملها: فقد فُقدت الاتصالات الجوية فوق منطقة القطب الشمالي لساعات، مما اضطر أكثر من 20 رحلة تجارية إلى تغيير مساراتها، مع تكلفة تقدر بنحو 100 ألف دولار لكل رحلة. كما تسببت العواصف في انقطاعات كهربائية في مدينة مالمو السويدية، وأدى الحدث إلى فشل دائم للقمر الصناعي الياباني ADEOS-2. وأبلغ مشغلو الأقمار الصناعية في أوروبا والولايات المتحدة عن تلف إشعاعي في الأجهزة، وتشوهات في أجهزة الاستشعار، وفقدان مؤقت للبيانات. تجاوزت التأثيرات الاقتصادية الإجمالية 500 مليون دولار، مما يجعلها واحدة من أكثر أحداث الطقس الفضائي تكلفة في التاريخ الحديث.[15]

وفي يناير 2005، تزامن حدث بروتون شمسي قوي مع توهج شمسي من الفئة X7.1 في 20 يناير، ووصلت الجسيمات عالية الطاقة إلى الأرض في غضون 15 دقيقة، ما تسبب في اندلاع عاصفة إشعاعية شديدة من المستوى S4. كما واستمرت انقطاعات الاتصالات الراديوية في المناطق القطبية لأكثر من 10 ساعات، مما أثّر على الرحلات الجوية المدنية والعسكرية على حد سواء. وكان مرصد الفضاء IN-TEGRAL قد سجل مستويات إشعاعية عالية تجاوزت الحدود الآمنة، ودخلت مركبة (مارس إكسبريس Mars Express ) في وضع الأمان مؤقتًا. كما تدهورت دقة نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) بشكلٍ كبير، حيث تجاوزت الأخطاء الرأسية 30 مترًا،[16] وقدّرت الأضرار التي لحقت بالأقمار الصناعية نتيجة هذا الحدث بما يتراوح بين 45 و60 مليون دولار.

ومع بداية الدورة الشمسية الرابعة والعشرين، أطلقت الشمس أول توهج كبير لها في 15 فبراير 2011، وهو التوهج الذي تم تصنيفه من فئة X2.2. وعلى الرغم من أن هذا التوهج يُعد متوسطًا وفقًا للمعايير التاريخية، فقد تسبب في انقطاعات راديوية محلية في مناطق واسعة من الصين وأستراليا. وأبلغت عدة رحلات تجارية مغادرة من شرق آسيا عن انحرافات في نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) واضطرت لإعادة توجيه مساراتها، الأمر الذي دفع هيئات

الطيران المدني في عدد من الدول إلى إصدار تنبيهات على مستوى الدولة. وقد مثّل هذا الحدث إشارة واضحة على بداية اضطرابات فضائية متكررة خلال الدورة الجديدة.[17]

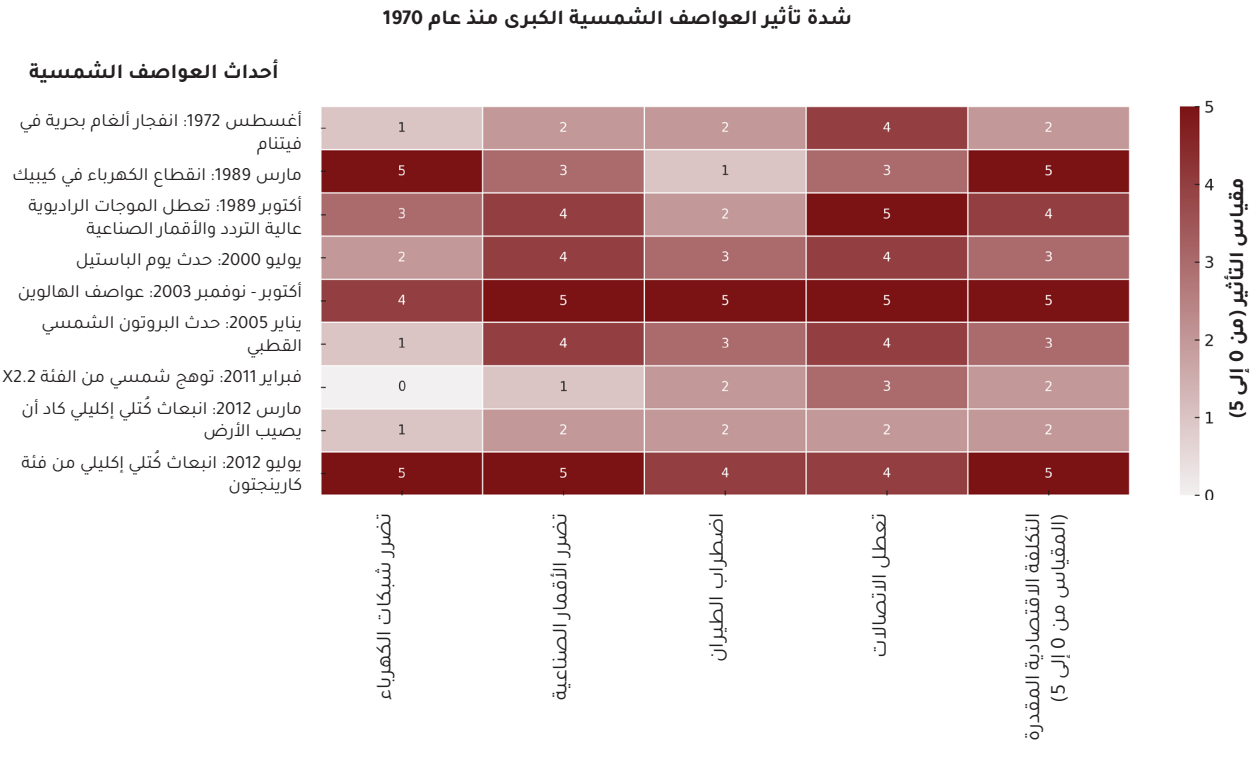
وفي مارس 2012، تسبب توهج شمسي من الفئة X5.4 في إطلاق انبعاث كتلة إكليلية سريعة اقتربت من الأرض لكنها انحرفت عنها بحوالي 15 درجة فقط. وعلى الرغم من أن الاصطدام الجزئي بالأرض أدى فقط إلى عاصفة جيومغناطيسية من المستوى G3، إلا أن عدداً من شركات المرافق الكهربائية الأوروبية – خاصة في ألمانيا وإيطاليا – أبلغت عن حالات عدم استقرار في الجهد الكهربائي وتقلبات في تردد الشبكة.[18] وبالإضافة إلى ذلك، قامت شركات الطيران بتحويل مسارات رحلاتها القريبة من القطب الشمالي بشكل احترازي، وتم تفعيل بروتوكولات الطوارئ في عدة مراكز تحكم بالأقمار الصناعية.

وأخيرًا، وفي 23 يوليو 2012، أطلقت البقعة الشمسية AR1520 كتلة إكليلية مقذوفة ضخمة من الجهة البعيدة للشمس (الجهة غير المواجهة للأرض). وقد صنّف هذا الحدث ضمن «فئة كارينجتون» – نسبةً إلى العاصفة الشمسية الكارثية التي وقعت عام 1859 – إلا أنه لم يكن موجهاً نحو الأرض، بل تم رصده من قبل المسبار الفضائي STEREO-A التابع لوكالة ناسا، والذي سجل قيمًا غير مسبوقة للمجالات المغناطيسية تجاوزت 100 نانو تسلا، وسرعات للكتلة المقذوفة فاقت 2,200 كيلومتر في الثانية. وبحسب نموذج تحليلي صادر عن وكالة ناسا في عام 2014، لو أن هذه الكتلة قد اصطدمت مباشرة بالأرض، لكانت تسببت في فشل واسع النطاق للبنية التحتية العالمية، مع خسائر اقتصادية مقدّرة بأكثر من 2.6 تريليون دولار[19] بالإضافة إلى انقطاعات في التيار الكهربائي لمدةٍ تتراوح بين أسابيع إلى أشهر في المناطق ذات البنية التكنولوجية المتقدمة.

واستكمالاً لهذا العرض الزمني للأحداث القصوى في فترات الذروة الشمسية، يعرض المخطط الحراري التالي تصورًا مقارنًا لتأثيراتها متعددة الأبعاد على قطاعات البنية التحتية والتكنولوجية الرئيسية.

**شكل (2): مخطط حراري لشدة التأثير النسبي لأحداث العواصف الشمسية الكبرى**

من عام 1972 إلى عام 2012 عبر خمس قطاعات حيوية




المصدر: تحليل الباحث من مصادر متعددة

يُظهر مخطط الحرارة بوضوح التفاوت الكبير في شدة بعض الأحداث، لا سيما تلك التي وقعت خلال فترات الذروة القصوى للنشاط الشمسي. وتبرز على وجه الخصوص ثلاث حوادث كأمثلة على الاضطرابات واسعة النطاق ومتعددة القطاعات: انقطاع التيار الكهربائي في كيبيك عام 1989، وعواصف «الهالوين» في عام 2003، والحدث المصنّف ضمن فئة «كارينجتون» في يوليو 2012. فقد سجل كل منها تقييمًا بلغ 5 من 5 من حيث التكلفة الاقتصادية، إلى جانب تأثيرات كبرى في ثلاثة قطاعات أخرى على الأقل. ومن الجدير بالذكر أن الحدث الذي وقع في فيتنام عام 1972، رغم تسجيله تقييمًا اقتصاديًا منخفضًا نسبيًا، إلا أنه أظهر تأثيرًا في مجالَي الطيران والاتصالات غير معتاد في شدته، ما يكشف أن مؤشرات التأثير غير الاقتصادية تظل بالغة الأهمية ولا يجوز إغفالها عند تقييم مخاطر الطقس الفضائي. كذلك تُظهر أحداث مثل «يوم الباستيل» عام 2000، وحدث البروتون الشمسي عام 2005، آثارًا تشغيلية واسعة، مما يؤكد مدى هشاشة أنظمة الأقمار الصناعية والطيران أمام العواصف الإشعاعية الشمسية. وعلى الجانب الآخر، فإن الأحداث الأقل شدة مثل التوهج من الفئة X2.2 عام 2011، ورغم تصنيفه المتوسط من حيث القوة، إلا أنه تسبب في تعطيل الطيران والاتصالات، مما يرسخ حقيقة أن النشاط الشمسي المعتدل لا يزال يحمل في طياته مخاطر ملموسة. ويُبرز هذا التصور المقارن عبر مخطط الحرارة الحاجة الملحة إلى تطوير استراتيجيات تخفيف آثار مخصصة تراعي نقاط الضعف القطاعية لكل مجال على حدة، بدلاً من الاعتماد فقط على شدة العاصفة الشمسية كمعيار وحيد للتقييم.

## تأثر القطاعات بالعواصف الشمسية وسيناريوهات الشدة القصوى

تُعدّ العواصف الشمسية ظواهر مركّبة ضمن منظومة الطقس الفضائي، تتّسم بتأثيرات واسعة النطاق ومتعددة الأوجه. وتبرز السيناريوهات الأكثر خطورة عندما تتقاطع العواصف الشمسية بالغة الشدة مع أنظمة تعتمد اعتمادًا كبيرًا على التكنولوجيا وذات ترابط وظيفي عالٍ. يتناول هذا القسم تحليل نقاط الضعف حسب القطاع لمثل هذه العواصف، مع التركيز على الآليات المادية المسببة للاضطرابات، ومستوى الشدة المحتمل في حال وقوع حدث من فئة كارينجتون، فضلاً عن التأثيرات المتسلسلة على حياة البشر ومقوّمات الحضارة المعاصرة.

من بين جميع القطاعات الحيوية، تُعد شبكات الكهرباء من أكثر البُنى التحتية عُرضة للمخاطر المرتبطة بالعواصف الجيومغناطيسية. إذ تولّد العواصف الشمسية تيارات مستحثة جيومغناطيسيًا "GICs" والتي تتسرّب إلى شبكات النقل الكهربائية الممتدة على مسافات طويلة، وتؤدي إلى تشبّع محولات الجهد العالي مغناطيسيًا. وعندما تصل هذه المحولات إلى حالة التشبع المغناطيسي، فإنها ترتفع حرارتها، وتفقد كفاءتها التشغيلية، وقد تتعرض لتلف دائم لا يمكن إصلاحه. ووفقًا للأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم (2008)، فإن حدثًا من فئة كارينجتون في الوقت الحالي قد يؤدي إلى تعطيل أكثر من 300 محول رئيسي في الولايات المتحدة وكندا،[20] ما قد يتسبب في انقطاع التيار الكهربائي عن مناطق يسكنها أكثر من 130 مليون شخص، وسينعكس فقدان الكهرباء فورًا على قطاعات حيوية مترابطة مثل ضخ المياه، وأنظمة التدفئة والتبريد، وشبكات الاتصال، مما يعزز من حدة الأزمة. ومع عمل سلاسل توريد المحولات العالمية ضمن فتراتٍ زمنية طويلة، قد يستغرق التعافي في المناطق الأكثر تضررًا ما بين أربعة إلى عشرة أشهر. وبالنظر إلى أن سلاسل الإمداد الخاصة بالمحولات الكهربائية الثقيلة تعمل على جداول زمنية طويلة نسبيًا، فقد تستغرق عمليات التعافي في المناطق الأكثر تضررًا ما بين أربعة إلى عشرة أشهر. وتشير نماذج تحليلية مستقلة إلى أن الانقطاع الطويل في التيار الكهربائي على هذا النطاق قد يؤدي إلى ارتفاع معدلات الوفيات، لتتراوح بين مليون إلى مليوني شخص خلال السنة الأولى فقط،[21] لا سيما بين الفئات السكانية الأكثر هشاشة، مثل المرضى المعتمدين على الأدوية المبردة، أو جلسات الغسيل الكلوي، أو أجهزة دعم الحياة الإلكترونية.

تُعد قابلية أنظمة الأقمار الصناعية للتأثر بالجسيمات الشمسية النشطة والعواصف المغناطيسية الناتجة عن الانبعاثات الكتلية الإكليلية عاملًا حرجًا لا يقل أهمية عن تأثر شبكات الكهرباء. فالأقمار الصناعية التي تدور في المدارين المنخفض والمتوسط حول الأرض تُعد شديدة الحساسية لظواهر مثل اضطرابات الحدث الفوري (Single-Event Upsets - SEUs)، والتلف الإشعاعي الذي يصيب ألواحها الشمسية، إضافة إلى أعطال محتملة في الأنظمة الإلكترونية الداخلية.

وخلال عواصف «الهالوين» الشهيرة في أكتوبر 2003، تم تسجيل اختلالات وظيفية في أكثر من 40 قمرًا صناعيًا، [22] بما في ذلك فقدان كامل لقمر الاستشعار الياباني ADEOS-2، بينما تجاوزت الخسائر التأمينية وحدها حاجز الـ 500 مليون دولار. وفي سيناريو يفترض أقصى درجات الشدة، يُحتمل فقدان ما يصل إلى 40% من القدرة التشغيلية للأقمار الصناعية عالميًا، بما في ذلك أنظمة بالغة الأهمية مثل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، ونظام مراقبة الأرض، والاتصالات الدولية.

وسيؤدي اضطراب خدمات تحديد المواقع والملاحة المعتمدة على التوقيت الدقيق الذي توفره الأقمار الصناعية إلى تأثيرات حادة في قطاعات حيوية، تشمل إدارة الحركة الجوية، والعمليات العسكرية، وسلاسل التوريد واللوجستيات العالمية. وتُقدّر الخسائر المباشرة نتيجة فقدان الأقمار

الصناعية في هذا السيناريو بنحو 70 مليار دولار، في حين قد تتجاوز التأثيرات الاقتصادية غير المباشرة، الناتجة عن تعطل الأنظمة المرتبطة بها، نسبة 1.5% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي.[23]

وفي السياق ذاته، يُعد قطاع الطيران التجاري، وخاصة في المسارات القطبية والرحلات على ارتفاعات عالية، من أكثر القطاعات تأثرًا بالعواصف الشمسية. إذ تؤدي التوهجات الشمسية والعواصف الإشعاعية إلى تدهور كفاءة الموجات الراديوية عالية التردد، وتعرّض أطقم الطائرات والركاب إلى جرعات من الإشعاع المؤيّن على ارتفاعات تتجاوز 30,000 قدم.

وقد أُجبرت شركات الطيران، خلال العواصف الشمسية في أكتوبر 2003، على تحويل مسارات أكثر من 20 رحلة عبر القطب الشمالي، بتكلفة بلغت نحو 100,000 دولار لكل تحويل مسار. وفي حال حدوث عاصفة شمسية بالغة الشدة، قد تُعلّق الرحلات القطبية لأيام أو حتى لأسابيع، ما يخلق ازدحامًا كبيرًا في الممرات الجوية ذات خطوط العرض المنخفضة، ويؤدي إلى اضطراب في حركة الشحن الجوي العالمية.

علاوة على ذلك، فإن مستويات التعرض للإشعاع أثناء الطيران على ارتفاعات عالية في ظل أحداث بروتونية شمسية كثيفة قد تتجاوز 100 ملي سيفرت، وهي كمية تفوق الحد الموصى به مهنيًا، وتشكل مخاطر صحية محتملة على المدى الطويل، خصوصًا للنساء الحوامل والأشخاص الذين يسافرون بكثرة. وتُقدّر الخسائر الاقتصادية الشهرية في قطاع الطيران، في ظل سيناريو شمسي حاد من هذا النوع، بما يتراوح بين 2 إلى 5 مليارات دولار على المستوى العالمي، [24] ما يسلط الضوء على هشاشة هذا القطاع أمام تقلبات الطقس الفضائي وضرورة تعزيز إجراءات التخفيف من المخاطر ذات الصلة.

يُعد قطاع الاتصالات من أكثر القطاعات حساسية تجاه تأثيرات العواصف الشمسية، لا سيما من خلال نقاط الضعف في كابلات الألياف الضوئية البحرية (fiber-optic) ومراكز البيانات العالمية. ورغم أن الألياف الضوئية نفسها محصّنة ضد التداخلات الكهرومغناطيسية، فإن مكررات الألياف البصرية (Fiber Optic Repeaters) الموزعة على طول هذه الكابلات – والتي غالبًا ما تُغذّى عبر خطوط موصلة طويلة – تكون عرضة للتيارات المُستحثة الناتجة عن العواصف الجيومغناطيسية. وقد تؤدي هذه التيارات إلى ارتفاع مفاجئ في الجهد الكهربائي يُلحق الضرر بالمُكرِّرات، خاصة في الكابلات البحرية العابرة للقارات. وفي حال تعطل عدة مقاطع من الكابلات البحرية بالتزامن، فإن انهيارًا جزئيًا في بنية الإنترنت العالمية يُعد احتمالًا واردًا.[25] ويُفاقم الوضع التدهور المتزامن في شبكات الاتصالات المعتمدة على الأقمار الصناعية، بسبب الاضطرابات الأيونوسفيرية (ion-ospheric disturbances) وانقطاع خدمات الأقمار الصناعية نفسها. وسوف يؤدي فشل توجيه الإنترنت العالمي إلى تعطيل واسع النطاق للمعاملات المالية، واتصالات الطوارئ، والبنى التحتية للعمل عن بُعد، بالإضافة إلى توقف الخدمات السحابية التي يعتمد عليها ملايين المستخدمين حول العالم. وتتمثل الآثار المجتمعية غير المباشرة في انتشار سريع لحالة من الانفصال المعلوماتي، وازدياد مستويات المعلومات المضللة، وتآكل قدرة المؤسسات على تنسيق الاستجابة لحالات الطوارئ بكفاءة.

وفي سياق موازٍ، تُعد الأنظمة المالية العالمية – التي تعتمد بشكل بالغ على توقيتات الأقمار الصناعية، ومنصات المعاملات الفورية، وشبكات الاتصال المصرفي بين البنوك – من بين أكثر النظم عرضة للانهيار المنهجي في حال وقوع فشل مطوّل في البنية التحتية الفضائية أو الشبكية. ففي غياب الطابع الزمني الدقيق والاتصال الموثوق، ستُجبر منصات التداول عالية التردد (high-frequency trading plat-forms) على الإغلاق الفوري، ما قد يؤدي إلى تفعيل آليات تعليق تلقائية في البورصات العالمية الكبرى. وسيتوقف عمل أجهزة الصراف الآلي (ATMs)، وبوابات الدفع الإلكترونية، وأنظمة نقاط البيع في المناطق المتأثرة، مما سيتسبب في انكماش حاد في السيولة النقدية وانتشار الذعر بين المستهلكين. كما قد تتفاقم نقاط الضعف في الأمن السيبراني مع انتقال الأنظمة المالية إلى أوضاع تشغيل متدهورة أو تصبح خارج نطاق الشبكة، ما يفتح المجال أمام هجمات استغلالية على البنية التحتية المالية. وقد قدّرت دراسة تحليلية صادرة عن شركة «لويدز أوف لندن» عام 2013 أن تعليق تدفقات رأس المال العالمية وتداول الأصول نتيجة لحدث جيومغناطيسي كبير يمكن أن يؤدي إلى خسائر في رؤوس الأموال تتجاوز 1.2 تريليون دولار خلال أول 48 ساعة فقط من الأزمة.[26]

لا يُعد قطاع الرعاية الصحية بمنأى عن تداعيات العواصف الشمسية، بل إنه من بين القطاعات الأكثر تأثرًا نظرًا لاعتماده المتزايد على الطاقة الكهربائية غير المنقطعة، ومزامنة الوقت عبر الأقمار الصناعية، والسجلات الطبية الرقمية. وفي حال حدوث انقطاع كهربائي طويل الأمد نتيجة لعاصفة شمسية عنيفة، ستتوقف العديد من الأنظمة الحيوية لإنقاذ الأرواح – مثل أجهزة التنفس الصناعي، ومضخات الحقن الوريدي، وأجهزة التشخيص المتقدمة – عن العمل ما لم تكن مدعومة بمولدات طوارئ مزوّدة بإمدادات وقود كافية وآليات تشغيل احتياطية. كما أن أنظمة الاستجابة السريعة لحالات الطوارئ، والتي تعتمد على نظام التموضع العالمي (GPS) لتحديد مسارات سيارات الإسعاف، وعلى الشبكات اللاسلكية لتنسيق العمليات الميدانية، ستتعرض لعجز بالغ في أدائها. وسيؤدي توقف الوصول إلى نتائج المختبرات، وسجلات التصوير الطبي، وقواعد بيانات الأدوية – خصوصًا

في النظم الصحية التي تعتمد على حلول السحابة الإلكترونية – إلى تقويض قدرة المستشفيات والمرافق الطبية على اتخاذ قرارات سريرية دقيقة. وفي حال انهيار واسع للبنية التحتية، قد ترتفع الوفيات غير المباشرة الناتجة عن أسباب قابلة للوقاية إلى عشرات الآلاف. وتشمل هذه الأسباب إخلاء المستشفيات تحت ظروف غير آمنة، وتلف الأدوية الحساسة للحرارة، وانهيار نظم التنسيق بين مؤسسات الصحة العامة، مما يُشكل خطرًا مركبًا على الفئات الأكثر هشاشة من السكان.

تمثل قطاعات المياه والزراعة وسلاسل توزيع الغذاء الحلقة الأخيرة في سلسلة التدهور المنهجي الناجم عن العواصف الشمسية الشديدة. إذ تعتمد شبكات توصيل المياه الحضرية على المضخات الكهربائية، فيما أصبحت أنظمة الري الزراعي تعتمد بدرجة متزايدة على تكنولوجيا التوجيه الدقيق المدعومة بالأقمار الصناعية. وبالتالي، فإن انهيار شبكات الكهرباء والنظم الفضائية سيؤدي إلى توقف فوري للري في مساحات شاسعة من الأراضي الزراعية، كما سيشل قدرة شبكات الإمداد الغذائي على توزيع المنتجات القابلة للتلف والتي تعتمد على تبريد مستمر ضمن ما يُعرف بسلاسل الإمداد البارد (cold chain logistics). وفي المدن الكبرى، تفسد الأغذية خلال 72 ساعة فقط من انقطاع التبريد. أما في الدول التي تعتمد بشكل كبير على استيراد الأغذية، مثل العديد من دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، فإن تعطل الشحن البحري، واللوجستيات الرقمية، وإمدادات الكهرباء قد يفضي إلى ظروف أشبه بالمجاعة خلال أسابيع قليلة. وعلى المستوى العالمي، يُتوقع أن ترتفع أسعار المواد الغذائية بأكثر من 50% في حال وقوع صدمة نظامية بهذا الحجم[27]، كما أظهرت تجارب سابقة لاضطرابات الأسواق الزراعية. هذا الارتفاع الحاد في الأسعار قد يؤدي إلى موجات من الاضطرابات الاجتماعية، والنزوح السكاني، وعدم الاستقرار الجيوسياسي في مناطق متعددة حول العالم.

تُبرز هذه السيناريوهات القطاعية، التهديد غير المتكافئ الذي تشكله العواصف الشمسية الشديدة في العصر الرقمي الحديث. فعلى عكس ما حدث في القرن التاسع عشر، حين اقتصر تأثير حدث «كارينجتون» (Carrington Event) على تعطيل أنظمة التلغراف، فإن عاصفة مماثلة اليوم ستتفاعل مع بنية تحتية عالمية مترابطة للغاية، ورقمية الطابع، بل ومتداخلة الوظائف. وفي هذا السياق، لم تعد ظواهر الطقس الفضائي قضية محصورة في نطاق الاهتمام الفلكي أو العلمي، بل باتت أحد العوامل الأساسية في تقييم قدرة الحضارة البشرية على الصمود والاستمرار. وفي حال لم يتم بذل جهود دولية منسقة للاستعداد المشترك والاستثمار في تقنيات التخفيف من الأثر، فإن عاصفة جيومغناطيسية شديدة قد تشكّل الشرارة الأولى لأزمة إنسانية وتكنولوجية غير مسبوقة على كوكب الأرض.

## العواقب العالمية لعاصفة شمسية من فئة كارينجتون

تزداد احتمالية وقوع عواصف شمسية شديدة بشكل ملحوظ خلال فترة الذروة في الدورة الشمسية،[28] والمعروفة باسم «الحد الأقصى للطاقة الشمسية» (Solar Maximum). ومع اقتراب الدورة الشمسية الخامسة والعشرين (Solar Cycle 25) من بلوغ ذروتها في عام 2025، تصبح احتمالات وقوع حدث شمسي من فئة «كارينجتون» أو شبيه به أمرًا لا يمكن تجاهله، لا سيّما في ظل تزايد هشاشة البنية التحتية العالمية وتوسع نطاق تعرضها للتأثيرات الخارجية.

وفي حال وقوع عاصفة شمسية من هذا الحجم خلال ذروة النشاط الشمسي أو بالقرب منها، فإن شدة الانبعاثات الإكليلية المقذوفة من الشمس واصطفافها المغناطيسي مع المجال المغناطيسي للأرض قد يؤديان إلى اضطراب متزامن في أنظمة متعددة في آنٍ واحد. وعلى عكس الأحداث الإقليمية المعزولة التي سُجلت في الماضي، فإن مثل هذه العاصفة ستصطدم ببنية تكنولوجية عالمية مشبعة، شديدة الترابط والتداخل، مما سيضاعف من فرص وقوع تفاعلات كارثية متسلسلة على مستوى الكوكب بأسره. وكما هو موضح في التوقعات التالية، فإن التداعيات لن تقتصر على الخسائر التقنية أو العطل في الأنظمة الإلكترونية، بل ستمتد لتشكل تهديدًا مباشرًا لبقاء الإنسان نفسه، وللاستقرار الاقتصادي العالمي على نطاق كوكبي غير مسبوق.

تشير «العاصفة الشمسية من فئة كارينجتون» إلى اضطراب جيومغناطيسي بالغ الشدة، يُستمد اسمه من «حدث كارينجتون» الذي وقع عام 1859، ويُعد أقوى ظاهرة للطقس الفضائي تم رصدها وتوثيقها في التاريخ الحديث. وتتميّز هذه الفئة من العواصف بمجموعة من المؤشرات الفيزيائية الحادة، تشمل سرعات انبعاثات إكليلية مقذوفة تتجاوز 2500 كيلومتر في الثانية،[29] وشدة مجالات مغناطيسية تتعدى 100 نانوتسلا (nT)، إلى جانب مؤشر (Dst) الذي يُسجل انخفاضًا تحت -850 نانوتسلا، وهو مقياس يعكس مدى شدة العاصفة الجيومغناطيسية وتأثيرها على المجال المغناطيسي للأرض.

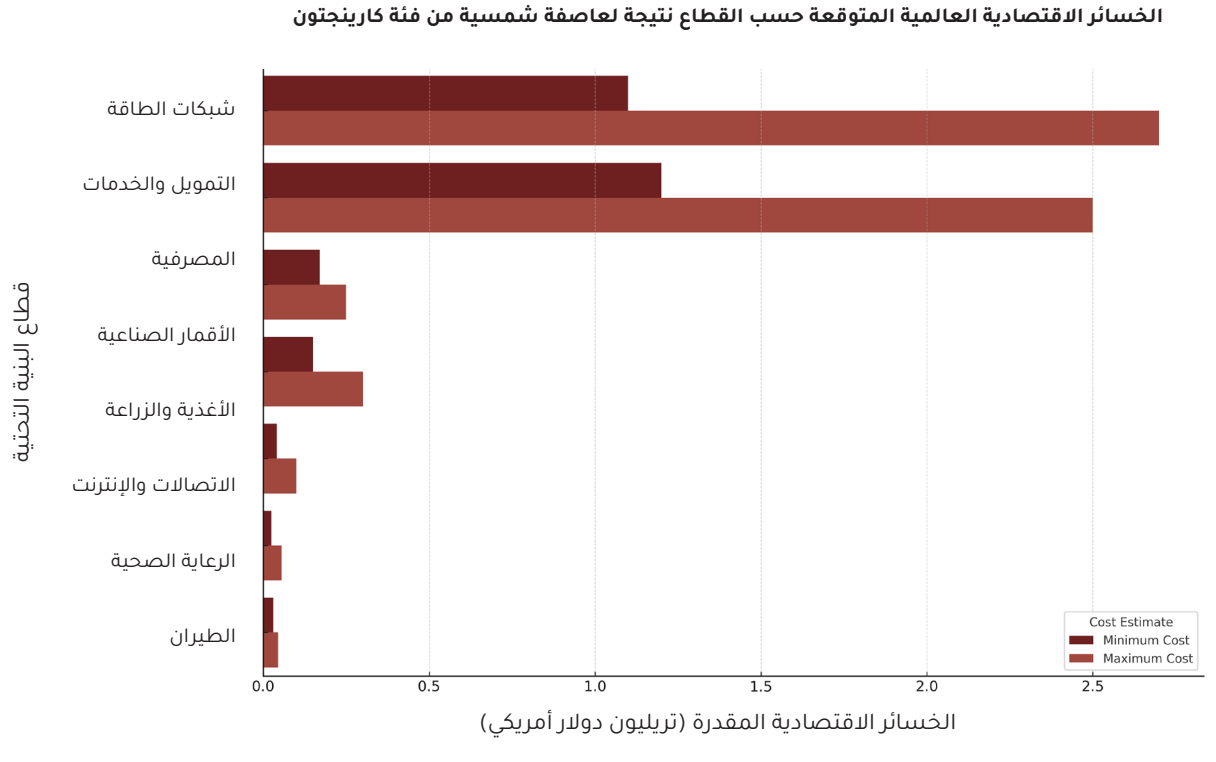
على خلاف الأحداث السابقة التي نوقشت سابقًا، والتي تسببت في اضطرابات قطاعية محددة، فإن عاصفة بمستوى «كارينجتون» ستؤدي إلى انهيار متزامن ومتعدد الأنظمة في حضارتنا المعاصرة المعتمدة رقمياً على الكهرباء بشكل متكامل. من أجل تقدير الكلفة العالمية والتهديد المحتمل للحياة البشرية الناجم عن عاصفة شمسية من فئة «كارينجتون»، لا يتم تحليل التأثير بناءً على حوادث معزولة، بل من خلال منظور أوسع يُركّز على الفشل النظامي الشامل عبر مجموعة من البنى التحتية الحيوية. وتشمل هذه البنى أنظمة

الطاقة، وشبكات الأقمار الصناعية [30]، والاتصالات، والطيران، والرعاية الصحية، والقطاع المالي، وسلاسل الغذاء، وهي جميعها نظم مترابطة ومتداخلة. تعتمد منهجية التقييم على نسب الأضرار الفعلية التي تم رصدها في العواصف السابقة، بعد قياسها وفقًا لمستويات الاعتماد الحالية على التكنولوجيا وكثافة البنية التحتية العالمية. وبناءً على هذا النموذج، يُفترض أن تؤدي عاصفة كارينجتون إلى إخراج شبكات الكهرباء الإقليمية والعابرة للقارات عن الخدمة، ما قد يؤثر بشكل مباشر على أكثر من 1.2 مليار إنسان.[31]

في ظل غياب الكهرباء، ستنهار بسرعة القدرة على الوصول إلى المياه النظيفة، وخدمات الرعاية الطبية، وسلاسل التبريد، ووسائل الاتصال. وفي مثل هذا السياق، فإن مجرد انقطاع قصير المدى للتيار الكهربائي قد يتحول إلى خطر قاتل، لا سيّما في البيئات الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية. وتشير التقديرات إلى أنه خلال أول 30 يومًا بعد العاصفة، قد تتراوح أعداد الوفيات غير المباشرة عالميًا بين 8 و15 مليون شخص[32]. وتشمل العوامل المسببة لهذا العدد المرتفع فشل أنظمة المستشفيات، وانهيار خدمات الطوارئ، وفساد الأدوية الحيوية مثل الإنسولين نتيجة غياب التبريد، بالإضافة إلى الوفيات الناتجة عن ارتفاع درجات الحرارة داخل المنازل غير المكيّفة خلال موجات الحر. أما في المناطق التي تعاني من هشاشة نظم الصحة العامة، خاصة في مراكز المدن الكبرى في دول الجنوب العالمي، يُرجّح أن تظهر موجات ثانوية من الأوبئة.

أما على المستوى المالي، فستشهد الأسواق حالة توقف مفاجئ في تدفقات رأس المال على المستوى العالمي، ما سيؤدي إلى أزمات سيولة حادة وإغلاق واسع للأسواق المالية في مختلف القارات. كما أن قطاع الطيران، وخصوصًا الرحلات العابرة للقطبين وذات الارتفاعات الشاهقة، سيتم تعليقه بشكل شبه كامل نظرًا لتعطل نظم الملاحة والاتصالات الجوية. وستُصاب شبكات الاتصال، سواء الأرضية أو الفضائية، بحالة شلل جزئي. ومن شأن هذا التعطل أن يؤدي إلى انهيار خدمات الحوسبة السحابية، وأنظمة تحديد المواقع العالمية، وخدمات الاتصال الرقمية الآنية التي تعتمد عليها الحكومات، والقطاع الخاص، والمواطنون.[33] وسرعان ما ستنهار منظومات الزراعة وسلاسل إمداد الغذاء، التي تعتمد على الطاقة والتبريد والتنسيق عبر الأقمار الصناعية، خلال أيام معدودة. وعند جمع هذه التأثيرات البنيوية معًا، تشير التقديرات إلى أن التكلفة الاقتصادية لعاصفة شمسية من فئة «كارينجتون» قد تتراوح بين 3.8 و5.95 تريليون دولار أميركي [34]، تتركز غالبيتها في أول 90 يومًا بعد الحدث، ولا تشمل حتى تكاليف إعادة الإعمار وإصلاح النظم على المدى البعيد.

**شكل (3): تقديرات الحد الأدنى والأقصى للخسائر الاقتصادية العالمية حسب القطاع نتيجةً لعاصفة شمسية من فئة كارينجتون**




المصدر: تحليل الباحث من مصادر متعددة

يُظهر الرسم البياني السابق العبء غير المتناسب الذي قد تتحمله شبكات الكهرباء والأنظمة المالية،[35] حيث قد تتجاوز الخسائر في كل منهما 2.5 تريليون دولار. وعلى الرغم من أن بعض القطاعات مثل الرعاية الصحية والطيران تسجل خسائر اقتصادية أقل، إلا أن أهميتها المجتمعية تفوق بكثير تأثيرها الاقتصادي المباشر. ويُعزى التفاوت الواسع في نطاقات التكاليف إلى اختلاف الفرضيات المتعلقة بمسار العاصفة، ومستوى صمود البنية التحتية، ومدى وجود بدائل أو أنظمة احتياطية. وتُسلّط هذه الفرضيات الضوء على الحاجة الملحّة لوضع استراتيجيات تخفيف أضرار محددة لكل قطاع، وخصوصًا في مجالات الطاقة والتمويل والغذاء، حيث تُشكّل هذه القطاعات عقداً مركزية قادرة على توليد تأثيرات تسلسلية كارثية في ظل ظروف الطقس الفضائي القصوى.

وعلى عكس الأحداث التاريخية التي استوعبتها الأنظمة التناظرية، فإن عاصفة شمسية من فئة كارينجتون اليوم تشكل خطرًا وجوديًا على المجتمعات المكتظة بالسكان والمترابطة بدرجة عالية. وفي غياب تخطيط استباقي منهجي لتعزيز القدرة على الصمود قبل وقوع العاصفة–بما يشمل تعزيز مقاومة المحولات الكهربائية، وتطوير أنظمة التنبؤ بالطقس الفضائي، وتوسيع نطاق تخزين الطاقة اللامركزي– لن يقتصر الضرر على خسائر اقتصادية فادحة فحسب، بل سيمتد ليشكّل تهديدًا ممنهجًا لحياة البشر ذاتها. ولرصد حجم الهشاشة المنهجية عبر البنى التحتية العالمية، يُقدّم الرسم البياني السابق تصورًا للخسائر الاقتصادية المتوقعة عالميًا ضمن القطاعات الحيوية، في حال وقوع عاصفة شمسية من فئة كارينجتون.

## الأثر المتوقع لعاصفةٍ شمسية من فئة كارينجتون على منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

تواجه منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا وضعًا بالغ الهشاشة في حال وقوع عاصفة شمسية من فئة كارينجتون. فعلى الرغم من أن المنطقة ليست من اللاعبين الكبار في تصنيع الأقمار الصناعية أو إنتاج مكونات شبكات الطاقة، إلا أن اعتمادها القوي على النظم التحتية العالمية– بما في ذلك الكهرباء، واستيراد الغذاء، وتحلية المياه، والاتصالات العابرة للحدود–يجعلها عرضة بشكل غير متناسب لانهيارات تسلسلية قد تُحفَّزها صدمات خارجية. إذًا، لا يُشترط أن تنشأ عاصفة شمسية من فئة كارينجتون في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا أو تستهدفها مباشرةً لتُحدث آثارًا كارثية على الصعيد الإقليمي.

تتّسمُ أنظمة الشبكات الكهربائية في العديد من دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، ولا سيّما في مصر والأردن والعراق ولبنان، بمركزيتها وقلة الاستثمارات فيها، إلى جانب تعرضها الشديد لاحتمالات الانهيار بسبب نقطة عطل مفردة (single-point failure). وعلى الرغم من استثمار دول الخليج في تحديث شبكاتها الكهربائية، إلا أنها لا تزال تعتمد بدرجةٍ كبيرة على المكوّنات المستوردة من الخارج وأنظمة المراقبة والإشراف والتحكم في البيانات (SCADA) المرتبطة بالأقمار الصناعية الغربية. وبالتالي، قد تؤدي عاصفة جيومغناطيسية عنيفة إلى تعطيل الشبكات الكهربائية الوطنية أو تقويض استقرارها بطرقٍ غير مباشرة، سواء عبر تعطل نظام تحديد المواقع العالمي، أو اختلال التزامن الزمني، أو تقلبات في شبكات نقل الكهرباء الإقليمية. أما في دول مثل مصر والعراق، حيث تتكرر الانقطاعات الكهربائية وتُفرض سياسة تخفيف الأحمال حتى في فترات السلم، فإن الشبكات ستكون معرضة بشدة للانهيار الكامل في حالة حدوث مثل هذا الحدث الكارثي.

كما سيتعرض الأمن الغذائي والمائي في المنطقة لخطرٍ فوري، إذ تعتمد المنطقة على الواردات لتلبية أكثر من 50% من احتياجاتها الغذائية، وترتفع هذه النسبة لتتجاوز 80% في دول الخليج مثل الإمارات العربية المتحدة وقطر والبحرين. ويُعد النظام اللوجستي البحري الموجه بالأقمار الصناعية، إلى جانب تنسيق عمليات الموانئ وسلاسل التبريد، ضروريًا لاستمرارية تدفق الإمدادات الغذائية.

وفي حال حدوث عاصفة شمسية من فئة كارينجتون، فإنها قد تتسبب في تعطيل الملاحة التي تعتمد على نظام تحديد المواقع العالمي، وإرباك عمليات إدارة الوقت في الموانئ، وتوقف أنظمة التبريد، مما سيؤدي إلى تلف سريع للمواد الغذائية، وازدحام لوجستي، وارتفاع حاد في أسعار المواد الغذائية خلال فترة وجيزة. وفي مدن حضرية كبرى مثل القاهرة والجزائر وصنعاء، ستنخفض مدة صلاحية الأطعمة في المتاجر إلى أقل من 48 ساعة في غياب الكهرباء. بالإضافة إلى ذلك، تعتمد دولٌ مثل السعودية وليبيا والإمارات على محطات تحلية المياه لتوفير أكثر من 60٪ من مياه الشرب لديها. ومن ثم، ستصبح هذه المحطات، التي تعتمد بشكل كبير على التيار الكهربائي المستمر والتحكم الآلي، من أولى المرافق الحيوية التي قد تنهار عند انقطاع التيار الكهربائي.

من ناحية أخرى، ستواجه البنية التحتية للاتصالات، التي تعتمد بدرجة كبيرة على الأقمار الصناعية أو ترتبط عبر الكابلات البحرية، انهيارًا شبه متزامن في حال حدوث عاصفة مغناطيسية قوية، حيث تُعد محطات إنزال الكابلات البحرية في الإسكندرية وجيبوتي وجدة مراكز إقليمية حيوية للاتصال بالإنترنت، ومن الممكن أن يؤدي فشل المكررات (repeat-ers) نتيجة للاندفاعات الجيومغناطيسية إلى عزل الشبكات الوطنية عن بروتوكولات التوجيه العالمية. كما ستتعطل أنظمة البث التلفزيوني عبر الأقمار الصناعية، وأجهزة الإرسال المتنقلة، وأنظمة المصارف الرقمية. وفي الدول التي تعاني أصلًا من ضعف قدرة الدولة ومحدودية البنية الإدارية–مثل اليمن، السودان، أو ليبيا–سيؤدي فقدان وسائل الاتصال

إلى تقويض شديد لقدرة الحكومات على التنسيق في حالات الطوارئ، مما يُهدد الأمن الداخلي بشكل مباشر.

وعلى صعيد آخر، ستكون التداعيات الاقتصادية حادة أيضًا؛ فالمراكز المالية في الخليج مثل دبي، والدوحة، والرياض، التي تعتمد على التداول اللحظي، والتدفقات الرأسمالية الخارجية، والمعاملات المعتمدة على الأقمار الصناعية، ستنفصل عن الأسواق العالمية. كذلك، فإن اقتصادات المنطقة المُصدّرة للطاقة–التي تعتمد على إدارة رقمية دقيقة لإنتاج النفط وشحنه–ستتعرض لخسائر فادحة بسبب تأخيرات في العمليات، أو إغلاق اضطراري للمنشآت، أو حتى إرسال شحنات إلى وجهات خاطئة. وتشير نماذج تقييم المخاطر التأمينية إلى أن الخسائر البحرية وحدها في مضيق هرمز وقناة السويس، في حال تعطّل نظام تحديد المواقع العالمي GPS، قد تتجاوز 8 إلى 15 مليار دولار أميركي خلال الأسبوع الأول فقط.

من الناحية الإنسانية، فإن المخاطر على الأرواح البشرية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ستتفاقم بفعل الكثافة السكانية العالية، والضغوط المناخية، وهشاشة البنية التحتية الصحية. إذ إن انقطاع التيار الكهربائي لفترات طويلة سيؤثر فورًا على مرضى الغسيل الكلوي، ووحدات العناية المركزة، وسلاسل تخزين اللقاحات. وفي المناطق شديدة الحرارة مثل البصرة، والرياض، والخرطوم، قد ترتفع معدلات الوفيات المرتبطة بالحرارة بشكل حاد خلال أول 72 ساعة، لا سيما بين كبار السن وشرائح العمال ذوي الدخل المحدود. أما في مناطق النزاع، مثل غزة وسوريا واليمن، فإن نقص المياه النظيفة سيُفاقم خطر تفشي الكوليرا والأمراض المنقولة عبر المياه. ووفقًا لأسوأ السيناريوهات المحتملة، فإن عدد الوفيات غير المباشرة الناتجة عن انهيار البنية التحتية، والمجاعات، وانهيار أنظمة الرعاية الصحية قد يصل إلى مئات الآلاف على مستوى المنطقة.

## القابلية النسبية لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا للتأثر بعاصفة شمسية من فئة كارينجتون

تُعدّ منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا أكثر عرضة من المتوسط العالمي لعاصفة شمسية من مستوى كارينجتون عبر معظم قطاعات البنية التحتية الحيوية، بدرجة لافتة. ولا تقتصر هذه الهشاشة المتفاقمة على التعرض المباشر لظواهر الطقس الفضائي، بل تتجذّر بشكل أعمق في اعتماد المنطقة البنيوي على أنظمة خارجية، وبنى تحتية مركزية، وانعدام شبه تام لآليات التكرار (redundancy) في الخدمات الأساسية.

يُظهر قطاع الطاقة الكهربائية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا درجة هشاشة تتجاوز بكثير المعدلات العالمية. ففي حين تعتمد العديد من الدول ذات الدخل المرتفع على أنظمة حماية جزئية لعناصر شبكاتها الكهربائية، ويمكنها تطبيق بروتوكولات مرونة لامركزية عند الضرورة، تعمل معظم دول المنطقة ضمن شبكات كهرباء مركزية للغاية، تتسم بضعف كبير في أنظمة النقل والتوزيع.

في دول مثل مصر ولبنان والعراق، تحدث انقطاعات مزمنة حتى في أوقات السلم، في ظل محدودية شديدة في قدرات التوليد الاحتياطي. أما دول الخليج، ورغم حداثة بنيتها التحتية، فإنها تعتمد اعتمادًا وثيقًا على أنظمة SCADA (التحكم الإشرافي وجمع البيانات) المتزامنة مع الأقمار الصناعية والمستوردة من الخارج، ما يجعلها عرضة بشكل مباشر لانهيارات تقنية في حال تعطل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS). وعند المقارنة بالمعدل العالمي لهشاشة الشبكات الكهربائية والذي يُقدّر بـ3 من 5، تُقدَّر درجة المخاطر في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بحوالي 4.5 من 5، مما يعكس احتمالًا أعلى بكثير لانهيار مطوّل في شبكات الكهرباء وتأخّر كبير في جهود الاستعادة والتشغيل من جديد.

تمثل أنظمة المياه واحدة من أبرز نقاط الضعف في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. فعلى المستوى العالمي، تتمتع العديد من أنظمة المياه بالقدرة على العمل اعتمادًا على تدفق الجاذبية أو من خلال أنظمة تحكم تناظرية بديلة في حالات الطوارئ. إلا أن الوضع في المنطقة مختلف تمامًا؛ إذ تعتمد بشكل شبه كلي على البنية التحتية التي تعمل بالكهرباء سواء في عمليات التحلية أو الضخ. ففي دول مجلس التعاون الخليجي مثل الكويت وقطر والإمارات العربية المتحدة، يأتي أكثر من 90% من مياه الشرب من محطات تحلية المياه، وهي محطات تتطلب طاقة كهربائية مستمرة وأنظمة تشغيل رقمية مؤتمتة. أما في دول مثل مصر، فإن إمدادات المياه الحضرية وكذلك الري الزراعي يعتمدان بالكامل على الكهرباء لتشغيل المضخات والبنية التحتية المرتبطة بها. وبالمقارنة مع المعدل العالمي لهشاشة أنظمة المياه والذي يبلغ حوالي 2.5 من 5، فإن هشاشة منظومات المياه في المنطقة تصل إلى الحد الأقصى، حيث تُقدّر بمعدل 5 من 5، ما يجعل هذا القطاع الأكثر عرضة لانهيار كارثي واسع النطاق في حال حدوث اضطراب طويل في الشبكات الكهربائية.

كما تُفاقم أنظمة الغذاء من تعرّض منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا للمخاطر، إذ تُعدّ المنطقة الأعلى عالميًا من حيث الاعتماد على استيراد الغذاء للفرد، حيث تتجاوز النسب 80% في العديد من دول الخليج، وترتفع إلى أكثر من 50% في دول ذات كثافة سكانية عالية مثل مصر والجزائر. وعلى عكس الدول ذات المناخ المعتدل التي تتمتع بالاكتفاء الذاتي الغذائي وقدرات تخزينية قوية، تعتمد دول المنطقة على سلسلة لوجستية بحرية مدارة بالأقمار الصناعية، وسلاسل تبريد كثيفة استهلاك الطاقة، ومسارات تجارية دولية مستقرة. أي انهيار في خدمات الكهرباء أو نظام

تحديد المواقع العالمي (GPS) نتيجة عاصفة فضائية قد يُعطّل حركة الإمداد الغذائي خلال أيام، مع انخفاض مدة صلاحية الغذاء في المدن الكبرى إلى أقل من 72 ساعة. في سيناريوهات الحد الأقصى، تُشير النماذج إلى احتمال نشوب اضطرابات مدنية في المناطق الحضرية خلال أسبوع واحد فقط من انهيار الأنظمة. وبالتالي، تُقدّر درجة هشاشة الأمن الغذائي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بحوالي 4.5 من 5، مقارنة بمتوسط عالمي يبلغ 3.

وفي قطاع الرعاية الصحية، تُظهر منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا مرةً أخرى مستوى مرتفعًا من المخاطر، إذ تظل القدرة الاستيعابية لوحدات العناية المركزة لكل فرد منخفضة، لا سيما في دول مثل مصر والسودان والعراق واليمن. وتعتمد العديد من المستشفيات العامة على مولدات احتياطية ذات قدرة وقود محدودة، تتراوح عادةً بين ثلاثة إلى سبعة أيام فقط. وبخلاف النظم الصحية الغربية التي تمتلك احتياطات قوية وبروتوكولات طاقة بديلة ومتكررة، تفتقر المرافق الطبية في المنطقة إلى الحماية التقنية من انهيارات الشبكة الكهربائية. كما أن الانتشار الواسع للأمراض المزمنة، مقرونًا بالكثافة السكانية العالية والقلق المناخي، يزيد من احتمالات الوفيات خلال فترات الانقطاع. وعلى الصعيد الإقليمي، تُقدَّر درجة هشاشة القطاع الصحي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بحوالي 4 من 5، مقارنة بمتوسط عالمي يتراوح بين 2.5 - 3.

تُعدّ البنية التحتية للاتصالات والإنترنت في المنطقة أكثر هشاشة بقليل من المتوسط العالمي. ورغم أن معظم الدول تعتمد على مزيج من الألياف الأرضية والأقمار الصناعية، إلا أن وصول المنطقة إلى الإنترنت يُدار بشكل رئيسي من خلال عدد محدود من نقاط إنزال الكابلات البحرية، خاصة في الإسكندرية وجدة وجيبوتي.

وفي حال تعرضت مكررات الكابلات البحرية (cable repeat-ers) لعطل ناجم عن الحث الجيومغناطيسي الناتج عن عاصفة شمسية، فقد يؤدي ذلك إلى تلف شبكة الإنترنت الوطنية وتقطع الاتصال عن البروتوكولات الدولية. علاوة على ذلك، فإن اعتماد المنطقة على الأقمار الصناعية، مقرونًا بندرة الأصول الفضائية السيادية، يُقلل من فرص وجود أنظمة بديلة أو بروتوكولات تكرار فعالة. وبناءً على هذه العوامل، تُقدّر درجة الهشاشة في هذا القطاع بحوالي 3.5 من 5، وهي نسبة تفوق المتوسط العالمي البالغ 3.

وفي القطاعين المالي والمصرفي، يتماشى تعرض المنطقة للمخاطر بشكلٍ كبير مع الأنماط العالمية. فالمراكز المالية الكبرى مثل دبي والرياض تعمل وفقًا للبروتوكولات المالية الدولية، وتعتمد على أنظمة التوقيت المعتمدة على الأقمار الصناعية، وهي متكاملة بشكلٍ عميق مع شبكات الدفع العالمية. وبالتالي، فإن الهشاشة المباشرة في هذا القطاع لا تختلف كثيرًا عن نظيراتها في أوروبا أو أمريكا الشمالية. ومع ذلك، فإن الدول التي تعاني من نزاعات مسلحة وتفكك في النظام المصرفي، مثل لبنان أو اليمن، قد تواجه فترات أطول في استعادة الأنظمة، بسبب البنية الضعيفة وانخفاض التنسيق المركزي. وعليه، يُقدَّر تصنيف الهشاشة في القطاع المالي والمصرفي بمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بحوالي 3.5 من 5، وهو ما يتوافق تقريبًا مع المعايير العالمية.

ولتوضيح مدى خطورة التهديد الذي تمثله عاصفة شمسية من فئة كارينجتون، يقدم الجدول التالي مقارنةً تُبيّن نقاط الهشاشة القطاعية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا مقابل المتوسطات العالمية في سيناريو مشابه.

**جدول (1): تقييم مقارن لهشاشة القطاعات بين منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ومتوسطاتها العالمية، باستخدام مقياس معياري من خمس نقاط**

| القطاع | هشاشة منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا | المتوسط العالمي | المخاطر النسبية |
|---|---|---|---|
| شبكة الكهرباء | 4.5 | 3.0 | أعلى بكثير |
| إمدادات المياه | 5.0 | 2.5 | حرج |
| الأمن الغذائي | 4.5 | 3.0 | أعلى بكثير |
| أنظمة الرعاية الصحية | 4.0 | 3.0-2.5 | أعلى |
| الاتصالات | 3.5 | 3.0 | أعلى قليلًا |
| القطاع المالي والمصرفي | 3.5 | 3.5 | مماثل |
| الحوكمة والنظام الاجتماعي | 4.0 | 2.5 | أعلى بكثير |

المصدر: تحليل الباحث

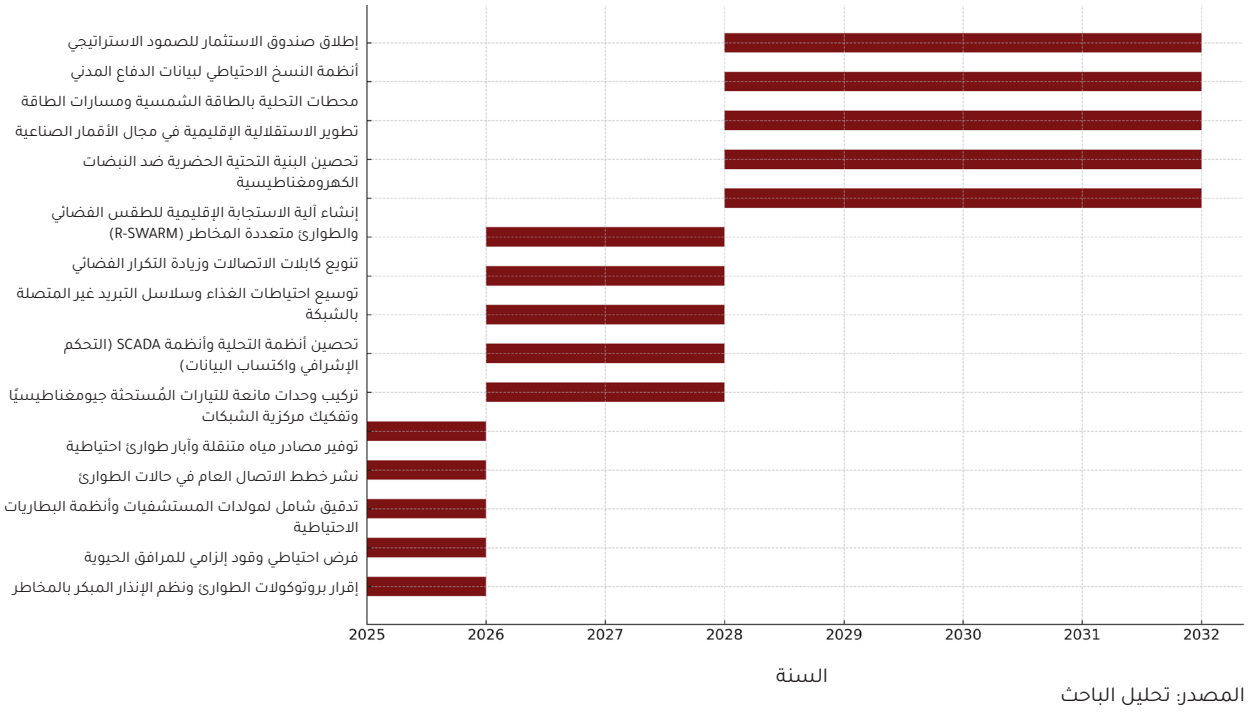
يكشف الجدول أن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تواجه مستويات هشاشة تفوق بكثير المعدلات العالمية في قطاعات الكهرباء، والمياه، والغذاء، والرعاية الصحية، والحَوْكَمة. وبينما يقترب مستوى الهشاشة في قطاعي الاتصالات والمالية من المعدلات الدولية، إلا أن اعتماد المنطقة الكبير على الأنظمة الخارجية، إلى جانب الضغوط المناخية ونقص أنظمة الاحتياط والبدائل في البنى التحتية، يزيد من احتمالية استمرار الانقطاعات لفترات طويلة، مع ما يترتب على ذلك من تداعيات إنسانية جسيمة. وتؤكد هذه النتائج أن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لا تُعد مركزًا للتقدم التكنولوجي في السياق العالمي فحسب، بل هي واحدة من أكثر المناطق حساسية وتأثرًا في حال وقوع أزمة كونية ناتجة عن عاصفة شمسية شديدة.

وأخيرًا، وعلى صعيد الاستقرار الاجتماعي وقابلية أنظمة الحوكمة للصمود، تبرز منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا كواحدة من أكثر مناطق العالم تأثرًا بالمخاطر. فالكثير من دولها ترزح تحت أعباء اقتصادية مزمنة، وتعاني من تراجع الثقة في مؤسساتها الرسمية، فضلًا عن محدودية قدرات الدفاع المدني. وفي حال حدوث انقطاع طويل في التيار الكهربائي أو صدمة في سلاسل الإمداد، فإن احتمالات اندلاع اضطرابات مدنية، أو زعزعة استقرار الأنظمة الحاكمة، أو تصعيد إقليمي واسع النطاق تصبح مرتفعة إلى حد كبير. وفي حين يُقدّر المتوسط العالمي لهشاشة الأنظمة لمثل هذه الصدمات بحوالي 2.5 من 5، فإن هشاشة الحوكمة في دول المنطقة ترفع هذا المؤشر إلى 4 أو أكثر في العديد من السياقات الوطنية. تبرز هذه الهشاشات المتعددة الحاجة الملحة إلى تبني نهج شامل واستباقي لمعالجة التحديات التي قد تفرضها العواصف الشمسية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

## استراتيجيات التخفيف في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

نظرًا للهشاشة البنيوية التي تعاني منها منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا في مواجهة عاصفة شمسية من نوع «كارينجتون»، يجب أن يتم تصميم استراتيجيات التخفيف ضمن مقاربة مرحلية ومتعددة المستويات، تأخذ في الاعتبار الاحتياجات التشغيلية العاجلة، ومتطلبات تعزيز صلابة البنية التحتية على المدى المتوسط، وأهداف التكيف البنيوي على المدى البعيد. وتتضمن الاستراتيجية المقترحة ثلاثة أطر زمنية مترابطة تتمثل في التأهب للطوارئ على المدى القصير، وتعزيز البنية التحتية على المدى المتوسط، وأخيرًا التحول البنيوي على المدى الطويل. ولتحويل التخطيط من النظري إلى التنفيذي، يعرض المخطط الزمني (Gantt Chart) التالي جدولًا مرحليًا لتطبيق استراتيجيات التخفيف قصيرة ومتوسطة وطويلة الأمد في القطاعات الحيوية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

**شكل (4): مخطط جانت يوضح الجدول الزمني المقترح (2025-2032) لتنفيذ استراتيجيات التخفيف بشكلٍ مرحلي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا**




المصدر: تحليل الباحث

على المدى القصير، الذي يمتد إلى عامين، تُعدّ الجاهزية الفورية وتقليل مخاطر الانهيار الكارثي في الخدمات الأساسية أولوية قصوى. وينبغي على الحكومات إدراج سيناريوهات الطقس الفضائي ضمن بروتوكولات الطوارئ الوطنية، وربط أطر الاستجابة الاحتياطية بأنظمة الإنذار العالمية مثل مركز التنبؤ بالطقس الفضائي (SWPC) التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) والخدمة الدولية لرصد بيئة الفضاء (ISES). وعلى المستوى التشغيلي، يتوجب إلزام المنشآت الحيوية مثل المستشفيات، ومحطات تحلية المياه، ومراكز تحويل الاتصالات بالاحتفاظ باحتياطيات من وقود الديزل تكفي لتشغيلها بشكل مستقل لمدة تتراوح بين 7 إلى 10 أيام في حال انقطاع شامل للكهرباء. كما يجب إجراء تدقيق شامل لأنظمة توليد الكهرباء في المستشفيات–وخاصة في مصر، والسودان، والعراق، واليمن–ويقترن هذا التدقيق باستثمارات في أنظمة بطاريات معيارية قادرة على تخزين الطاقة، بالإضافة إلى وحدات تبريد طبية لا تتأثر بدرجات الحرارة الخارجية للحفاظ على الأدوية الحساسة. في الوقت ذاته، من الضروري تطوير آليات اتصال جماهيري خاصة بمخاطر الطوارئ بشكل مسبق، تشمل إرشادات مطبوعة، وخطط بث غير رقمية، ورسائل توعوية مُلائمة ثقافيًا لمساعدة السكان على التعامل مع اضطرابات الغذاء والمياه والخدمات المصرفية خلال فترات الأزمة. أما في المناطق الحضرية عالية الخطورة، فيُعدّ النشر الاحتياطي لوحدات متنقلة لتنقية المياه، ومضخات يدوية التشغيل، أمرًا أساسيًا لضمان الحفاظ على الحد الأدنى من المتطلبات الإنسانية، خصوصًا في حال توقف محطات التحلية أو انهيار الشبكة الكهربائية.

في الأفق المتوسط، الممتد من عامين إلى خمسة أعوام، ينبغي أن تتحول الاستراتيجية من مجرد التخطيط للطوارئ إلى بناء القدرة الهيكلية على الصمود. ويُعدّ من أبرز الأولويات في هذا الإطار تعزيز البنية التقنية لشبكات الكهرباء الوطنية، عبر تنفيذ عدد من التدابير الحيوية. يشمل ذلك تركيب أجهزة مانعة للتيارات المستحثة جيومغناطيسيًا في محطات التحويل، وتفكيك مركزية توزيع الكهرباء من خلال إنشاء شبكات صغيرة تعمل بالطاقة الشمسية في المناطق الطرفية، ودمج دوائر كهربائية معزولة قادرة على العمل بشكل مستقل في حال فشل الشبكة الوطنية. وبالنسبة لمحطات تحلية المياه–لا سيما في دول مجلس التعاون الخليجي–فيجب تطويرها عبر تحصين أنظمة التحكم الإشرافي واكتساب البيانات ضد النبضات الكهرومغناطيسية، وتزويدها بوحدات تشغيل يدوية بديلة لضمان استمرارية العمل في حالات الطوارئ. أما في قطاع الغذاء والخدمات اللوجستية، فعلى الحكومات الوطنية والإقليمية توسيع احتياطيات الحبوب لتغطية فترة لا تقل عن 60 يومًا، بالإضافة إلى تطوير مراكز مرونة في سلاسل التبريد يمكنها العمل بشكل مستقل تمامًا عن الشبكة الكهربائية الوطنية.

وينبغي أن تُنشأ هذه المراكز في مواقع استراتيجية قريبة من الموانئ البحرية، مثل بورسعيد والعقبة والدمام. وبالنظر إلى الدور المحوري للبنية التحتية الفضائية وتحت البحرية، يتوجب على دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تنويع نقاط هبوط الكابلات البحرية، والدخول في اتفاقيات تكرار فضائي (satel-lite redundancy) تهدف إلى استخدام أنظمة احتياطية في الأقمار الصناعية مع دول تمتلك منظومات أقمار صناعية غير متزامنة، مثل فرنسا والهند وتركيا، لتأمين بدائل في حال فشل الأقمار الصناعية الرئيسية. وعلى المستوى الإقليمي، ينبغي تأسيس هيئة تنسيقية مشتركة–يُقترح تسميتها "آلية الاستجابة الإقليمية للطقس الفضائي والطوارئ متعددة المخاطر (R-SWARM)"–لتتولى الإشراف على التنبؤات المشتركة، وتنسيق السياسات، وضمان التوافق التشغيلي بين الدول في تخطيط الاستجابات للطوارئ.

أما الاستراتيجيات طويلة الأمد، التي تمتد لأكثر من خمس سنوات، فيجب أن تهدف إلى ترسيخ مفاهيم المرونة النظامية داخل تصميم البنية التحتية، والحَوكمة، والسيادة التكنولوجية. وينبغي أن تبدأ مخططات التنمية الحضرية في المنطقة بإدماج معايير معمارية محمية من تأثيرات النبضات الكهرومغناطيسية (EMP)، بالإضافة إلى توفير نقاط وصول مستقلة إلى مصادر المياه، وبُنى تحتية للطاقة موزعة تضمن الحفاظ على الحد الأدنى من الخدمات الوظيفية في حالات وقوع أحداث جيومغناطيسية ذات تأثيرٍ عالٍ. وسيكون الاستثمار في السيادة الفضائية عبر الأقمار الصناعية–سواء من خلال تطوير مباشر أو عبر اتفاقيات ملكية مشتركة–أساسيًا لتحقيق الاستقلالية في مجال الاتصالات والملاحة. كما ينبغي للمنطقة أن تستكشف إمكانية بناء شراكات استراتيجية أو قدرات مستقلة لإطلاق الأقمار الصناعية والتحكم بها، مع إمكانية الاستفادة من المنصات الفضائية في الهند أو البرازيل أو إفريقيا. وعلى صعيد الطاقة، يُوصى بإنشاء ممرات احتياطية إقليمية للمرونة الكهربائية، تشمل توسيع الربط الكهربائي بين مصر ودول الخليج، بما يتيح موازنة الأحمال عبر الحدود وتنفيذ عمليات تحويل طارئة للطاقة خلال فترات الانقطاع الوطني. كما أن تطوير محطات تحلية تعمل بالطاقة الشمسية في شمال إفريقيا وبلاد الشام سيشكل شريان حياة حيويًا لا يعتمد على استقرار الشبكات المركزية.

في السياق ذاته، يجب أن تعطي الحكومات الوطنية أولوية لإنشاء بنى معلوماتية محمية من النبضات الكهرومغناطيسية، خاصة بالدفاع المدني، لتأمين السجلات الحيوية–مثل السجلات الصحية، وحقوق الملكية العقارية، والأرصدة المالية–ضمن أنظمة لامركزية لا تعتمد على التخزين السحابي التجاري. وأخيرًا، يُوصى بإنشاء صندوق استثماري إقليمي للمرونة الاستراتيجية، يخضع لحوكمة مشتركة، لضمان الاستمرارية التمويلية وتقاسم المخاطر

بشكل جماعي عند تنفيذ مشاريع التكيّف واسعة النطاق، لا سيما في الدول الهشة أو منخفضة الدخل. إن هذه الاستراتيجيات الثلاث–على المدى القصير، والمتوسط، والطويل–تجسد تحولًا جوهريًا في النهج المتبع: من الاستجابة إلى التوقع، ومن العمل المنفرد إلى التنسيق الإقليمي، ومن الاعتماد على البنية التحتية إلى تحقيق الاستقلال الاستراتيجي. ومن خلال هذا التخطيط متعدد المستويات، يمكن لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا أن تواجه الضغوط المركّبة لعاصفة شمسية من نمط كارينجتون، وتخرج منها كنموذج عالمي للمرونة في الجنوب العالمي.

## الخاتمة

تُظهر هذه الدراسة أن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تواجه درجة عالية وغير متكافئة من الهشاشة أمام التداعيات المتسلسلة لعاصفة شمسية من فئة كارينجتون. وعلى عكس الأحداث الجيومغناطيسية السابقة التي وقعت في ظل أنظمة تناظرية (Analog)، فإن وقوع حدث مماثل في عصرنا الرقمي الحالي، ضمن بنية تحتية عالمية مترابطة ومشبعة رقميًا، سيُفضي إلى انهيارات متزامنة متعددة القطاعات. إن اعتماد المنطقة الهيكلي على أنظمة فضائية تُدار خارجيًا، وشبكات كهرباء متزامنة عبر نظام التموضع العالمي (GPS)، وإمدادات مائية تعتمد على تحلية المياه، وسلاسل لوجستية غذائية قائمة على الاستيراد، يجعلها معرضة بشكل خاص لانهيارات شاملة، حتى في حال لم تكن المنطقة هدفًا مباشرًا للمواد الشمسية المنبعثة. وتُظهر المقارنات التحليلية أن هشاشة منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تتجاوز المتوسطات العالمية في معظم القطاعات الحيوية–خاصة في مجال البنية التحتية الكهربائية، وأمن المياه، ولوجستيات الغذاء، ومرونة القطاع الصحي. كما أن تقاطع الهشاشة النظامية مع ضغوطات الحوكمة القائمة أصلًا يزيد من احتمالية وقوع أزمات إنسانية ثانوية في حال فشل البنية التحتية. وفي مثل هذا السيناريو، قد تتجاوز التقديرات المحتملة للوفيات حاجز المليون، فضلًا عن تداعيات غير مباشرة تشمل الاضطرابات الاجتماعية وزعزعة الاستقرار الإقليمي.

لكن، وفي مقابل هذا التصنيف المرتفع للمخاطر، تظهر فرصة استراتيجية فريدة. فمن خلال تدخلات متسلسلة قصيرة، ومتوسطة، وطويلة الأمد–تشمل فرض احتياطيات إلزامية للوقود، وتدقيق أنظمة توليد الطاقة في المستشفيات، وتخطيط عمراني محصن ضد النبضات الكهرومغناطيسية، وتحقيق السيادة الإقليمية على الأقمار الصناعية–بإمكان المنطقة التحول من موضع التعرض السلبي إلى بناء فعّال للمرونة.

لكن، وفي مقابل هذا التصنيف المرتفع للمخاطر، تظهر فرصة استراتيجية فريدة. فمن خلال تدخلات متسلسلة قصيرة، ومتوسطة، وطويلة الأمد–تشمل فرض احتياطيات إلزامية للوقود، وتدقيق أنظمة توليد الطاقة في المستشفيات، وتخطيط عمراني محصن ضد النبضات الكهرومغناطيسية، وتحقيق السيادة الإقليمية على الأقمار الصناعية–بإمكان المنطقة التحول من موضع التعرض السلبي إلى بناء فعّال للمرونة. إن اعتماد استراتيجية تخفيف مخاطر مرحلية ومنسقة إقليميًا لا يسهم فقط في تقليص المخاطر الفيزيائية الناجمة عن الطقس الفضائي المتطرف، بل يعزز أيضًا قدرة المنطقة على إدارة الصدمات النظامية المستقبلية–سواء كانت مناخية أو سيبرانية أو جيوسياسية. وفي نهاية المطاف، تؤكد تهديدات كارينجتون على الحاجة الملحّة لإعادة تعريف مفهوم «المرونة» بوصفه أداة جوهرية ضمن سياسات البنية التحتية، والأمن القومي، والتعاون الإقليمي. فبينما تنبع التهديدات من الفضاء، تبقى هشاشة المنطقة أرضية–لكن حلولها يجب أن تكون كوكبية النطاق.

## المـــراجع


1. Solar Radiation Storm | NOAA / NWS Space Weather Prediction Center, accessed February 9, 2025, https://www.swpc.noaa.gov/phenomena/solar-radiation-storm
2. Solar Storms and Flares - NASA Science, accessed February 9, 2025, https://science.nasa.gov/sun/solar-storms-and-flares/
3. Space Weather | FL SHMP, accessed February 9, 2025, https://flshmp-floridadisaster.hub.arcgis.com/pages/space-weather
4. Solar Storm Mitigation | Homeland Security, accessed February 9, 2025, https://www.dhs.gov/archive/science-and-technology/solar-storm-mitigation
5. Solar Storms - Space Technology 5 - NASA, accessed February 9, 2025, https://www.jpl.nasa.gov/nmp/st5/SCIENCE/storms.html
6. Geomagnetic Storms That Reshaped Society | U.S. Geological Survey - USGS.gov, accessed February 9, 2025, https://www.usgs.gov/news/featured-story/5-geomagnetic-storms-reshaped-society
7. What Is a Solar Storm? | Wonderopolis, accessed February 9, 2025, https://www.wonderopolis.org/wonder/what-is-a-solar-storm
8. A Media Primer for the Solar Cycle and Space Weather | NESDIS, accessed February 9, 2025, https://www.nesdis.noaa.gov/our-satellites/future-programs/swfo/media-primer-the-solar-cycle-and-space-weather
9. Types of Space Weather Storms, accessed February 9, 2025, https://www.weather.gov/safety/space-storm-types
10. The worst solar storms in history - The Sun - Space.com, accessed February 9, 2025, https://www.space.com/12584-worst-solar-storms-sun-flares-history.html
11. Shea, M. A., and D. F. Smart. "A Summary of Major Solar Proton Events." Solar Physics 127, no. 2 (1990): 297–320.
12. Boteler, David H. "The March 1989 Geomagnetic Disturbance and the Associated Impacts on Power Systems." IEEE Power Engineering Review 9, no. 4 (2001): 3–8.
13. Lanzerotti, Louis J. "Space Weather Effects on Communications." Space Weather 1, no. 3 (2003).
14. Baker, Daniel N., et al. "Space Weather Impacts on Satellites and Forecasting the Environment." Space Weather 3, no. 1 (2001).
15. Pulkkinen, Antti. "Space Weather: Terrestrial Perspective." Living Reviews in Solar Physics 4, no. 1 (2007).
16. Miroshnichenko, Leonty I. "Solar Cosmic Rays: Fundamentals and Applications." Springer Praxis Books, 2018.
17. NOAA SWPC. "NOAA Reports First X-Class Flare of Solar Cycle 24." February 2011.
18. Schrijver, Carolus J., et al. "Understanding Space Weather to Shield Society." Space Weather 12, no. 7 (2014): 487–498.
19. Baker, Daniel N., et al. "A Major Solar Eruptive Event in July 2012: Defining Extreme Space Weather Scenarios." Space Weather 11, no. 10 (2013): 585–591.
20. National Research Council. Severe Space Weather Events—Understanding Societal and Economic Impacts: A Workshop Report. Washington, DC: National Academies Press, 2008.
21. Kappenman, John G. Geomagnetic Storms and Their Impacts on the U.S. Power Grid. Metatech Corporation Report for Oak Ridge National Laboratory, January 2010.
22. Baker, Daniel N., et al. "Space Weather Impacts on Satellites and Forecasting the Environment." Space Weather 3, no. 1 (2001).
23. Odenwald, Sten F., and James L. Green. "Bracing the Satellite Infrastructure for a Solar Superstorm." Scientific American, August 2008.
24. International Civil Aviation Organization (ICAO). Space Weather Impacts on Aviation: Safety and Efficiency Considerations. Montreal: ICAO, 2021.
25. Carter, R., et al. "Submarine Cables and the Oceans: Connecting the World." UNESCO-IOC, 2009.
26. Lloyd's of London. Solar Storm Risk to the North American Electric Grid: Technical Report. London: Lloyd's, 2013.
27. Helbing, Dirk. "Globally Networked Risks and How to Respond." Nature 497 (2013): 51–59.
28. Hathaway, David H. "The Solar Cycle." Living Reviews in Solar Physics 7, no. 1 (2010): 1. https://doi.org/10.12942/lrsp-2010-1
29. Baker, Daniel N., et al. "A Major Solar Eruptive Event in July 2012: Defining Extreme Space Weather Scenarios." Space Weather 11, no. 10 (2013): 585–591. https://doi.org/10.1002/swe.20097
30. Helbing, Dirk. "Globally Networked Risks and How to Respond." Nature 497, no. 7447 (2013): 51–59. https://doi.org/10.1038/nature12047
31. National Research Council. Severe Space Weather Events—Understanding Societal and Economic Impacts: A Workshop Report. Washington, DC: National Academies Press, 2008. https://nap.nationalacademies.org/catalog/12507
32. Kappenman, John G. Geomagnetic Storms and Their Impacts on the U.S. Power Grid. Metatech Corporation Report for Oak Ridge National Laboratory, 2010.
33. Odenwald, Sten F., and James L. Green. "Bracing the Satellite Infrastructure for a Solar Superstorm." Scientific American, August 2008.
34. https://www.scientificamerican.com/article/solar-storms-could-debilitate-satellite-infrastructure/
35. Lloyd's of London. Solar Storm Risk to the North American Electric Grid: Technical Report. London: Lloyd's, 2013. https://assets.lloyds.com/assets/pdf-lloyds-2013-space-weather/1/pdf-lloyds-2013-space-weather.pdf

# التهديدات الكونية

## الخطر الحقيقي للكويكبات ولماذا يجب على منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا الاستعداد لها

بقلم: أحمد السعيد

ماذا لو كان كويكب ضخم في طريقه نحو الأرض؟ قد يبدو هذا السيناريو وكأنه ينتمي إلى عالم الخيال العلمي، إلا أن الأجسام القريبة من الأرض (NEOs)–من الكويكبات والمذنبات التي تمر بالقرب من كوكبنا–تشكل تهديدًا واقعيًا ومستمرًا. فعلى الرغم من أن معظم هذه الأجسام لا تمثل خطرًا مباشراً، إلا أن بعضها لديه القدرة على التسبُّب في أضرار جسيمة في حال اصطدامه بالأرض. ويتفاوت تأثير الاصطدام المحتمل بين دمار محلي محدود وعواقب عالمية تمس الاقتصادات والبنى التحتية وحتى استقرار المناخ.

وفي سياق منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، فإن المخاطر تكتسب طابعًا أكثر إلحاحًا وتعقيدًا. إذ تعتمد العديد من دول المنطقة على أنظمة بيئية هشة، ومراكز حضرية عالية الكثافة السكانية، وبُنى تحتية حيوية للطاقة والتجارة، وكلها عُرضة لضرر كبير في حال وقوع اصطدام كوني. ونظرًا إلى الأهمية الجيوسياسية والاقتصادية المحورية للمنطقة، فإن أي اضطراب واسع النطاق ناجم عن تأثير كهذا قد يمتد إلى ما هو أبعد من حدودها، ليطال الاستقرار الإقليمي والدولي.

ولهذا السبب، من الضروري الاستثمار في أنظمة الكشف المبكر، والتعاون الدولي، واستراتيجيات التخفيف من المخاطر للاستعداد لمواجهة التهديدات التي تشكّلها الأجسام القريبة من الأرض وتقليلها. ومن خلال اتخاذ الإجراءات الآن، يمكننا المساعدة في حماية ليس فقط منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، ولكن أيضًا الكوكب بأسره، من كارثة كونية محتملة.

### تصنيف الأجسام القريبة من الأرض

تُعدّ الأجسام القريبة من الأرض (NEOs) صخورًا فضائية، تشمل الكويكبات والمذنبات، تمرّ بالقرب من كوكب الأرض. ويُعرَّف هذا التصنيف على أنه يشمل الأجسام التي تقترب من الشمس حتى مسافة 1.3 وحدة فلكية (AU)، أي أن

مداراتها تقودها إلى نطاقٍ يقع على بُعد نحو 48 مليون كيلومتر من مدار الأرض.

وتنقسم الأجسام القريبة من الأرض إلى نوعين رئيسيين: الكويكبات القريبة من الأرض (NEAs) والمذنبات القريبة من الأرض[1] (NECs).تشكل الكويكبات القريبة من الأرض أجسامًا صخرية منشؤها غالبًا من حزام الكويكبات الواقع بين كوكبي المريخ والمشتري. وتنقسم هذه الكويكبات وفقًا لخصائص مداراتها إلى عدة فئات:

- **كويكبات أثيرا (Atira):** تبقى مداراتها بالكامل ضمن مدار الأرض.
- **كويكبات آمور (Amor):** تقترب من مدار الأرض دون أن تقاطعه.
- **كويكبات أبولو (Apollo):** تعبر مدار الأرض، ويكون نصف المحور الرئيسي لمداراتها أكبر من وحدة فلكية واحدة.
- **كويكبات آتن (Aten):** تعبر مدار الأرض أيضًا، لكن نصف المحور الرئيسي لمداراتها أقل من وحدة فلكية واحدة.

أما المذنبات القريبة من الأرض (NECs)، فهي أجسام جليدية تُطلق الغازات والغبار عند اقترابها من الشمس، ما يؤدي إلى تكوّن أهداب لامعة أو ذيول مرئية. وتعود أصول هذه المذنبات عادةً إلى عائلة مذنبات المشتري أو حزام كايبر.[2]

ومن بين هذه الأجسام، توجد فئة فرعية تُعرف باسم الأجسام الخطرة المحتملة (PHOs)، والتي تشكل تهديدًا كبيرًا للأرض. وتُعرَّف هذه الأجسام على أنها التي تمرّ على مسافة تقل عن 0.05 وحدة فلكية (أي نحو 7.5 مليون كيلومتر أو 4.65 مليون ميل) من الأرض، ويبلغ قطرها 140 مترًا أو أكثر–وهو حجم كافٍ لإحداث دمار إقليمي أو حتى عالمي في حال حدوث اصطدام. تجدر الإشارة إلى أن الكويكبات عادةً ما تكون صخرية أو معدنية وتعود أصولها إلى حزام الكويكبات، في حين أن المذنبات ذات طبيعة جليدية، وغالبًا ما تُظهر نشاطًا بصريًا عند اقترابها من الشمس، [3] وهو ما يعكس منشأها البعيد في حزام كايبر (Kuiper Belt) أو سحابة أورت (Oort Cloud).

يبقى إقناع المجتمعات بخطورة هذه التهديدات تحديًا كبيرًا، ويرجع ذلك أساسًا إلى أن مثل هذه الأحداث نادرة الحدوث وغالبًا ما يُنظر إليها على أنها احتمالات بعيدة وغير ملموسة. فبعكس الكوارث الطبيعية المتكررة مثل الأعاصير أو الزلازل، تحدث اصطدامات الكويكبات ضمن نطاق زمني يبدو غير مرتبط بالحياة اليومية. هذه الفجوة بين الندرة والخطورة تجعل من الضروري التأكيد على أهمية الاستعداد، حيث أن أي جسم واحد لم يتم رصده في الوقت المناسب يمكن أن يُغير مجرى الحياة على الأرض إلى الأبد. ومع ذلك، فإن السجل الجيولوجي والتاريخي للكوكب يؤكد بوضوح أن هذه الأحداث، رغم ندرتها، كانت لها تأثيرات هائلة على الأرض، وهو ما يُعزز من ضرورة التعامل معها بجدية كتهديد قابل للتحقق، وليس مجرد افتراض علمي.

## العلاقة بين الأجسام القريبة من الأرض وظواهر الانقراض الجماعي

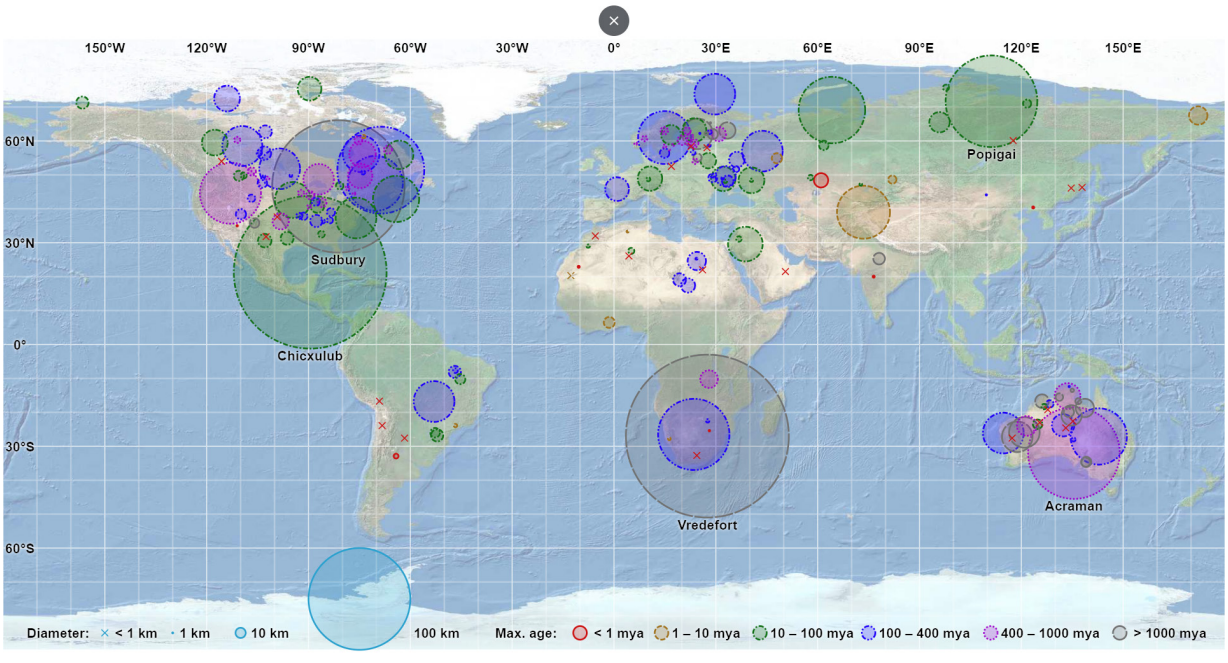
شهد كوكب الأرض عبر تاريخه الطويل عدداً من الاصطدامات الهائلة مع كويكبات ومذنبات، كانت لها آثار عميقة في تشكيل تضاريسه وتاريخه البيئي. منذ حوالي 4 مليارات عام، خلال ما يُعرف باسم مرحلة القصف الشديد المتأخر (Late Heavy Bombardment)، تعرّضت الأرض لسلسلة من الاصطدامات المتكررة والعنيفة بأجسام سماوية ضخمة، بلغ قطر بعضها أكثر من 100 كيلومتر. خلّفت هذه الاصطدامات ندوبًا جيولوجية كبيرة على سطح الكوكب، ونتج عنها تكوّن أحواض ضخمة وتغيرات جوهرية في طبيعته الفيزيائية.

على سبيل المثال، قبل حوالي مليارَي عام، وقع اصطدام فريدي فورت (Vredefort) في ما يُعرف اليوم بجنوب إفريقيا، ويُعد من أضخم الأحداث الاصطدامية المؤكدة في تاريخ الأرض. فقد اصطدم كويكب يتراوح قطره بين 10 إلى 15 كيلومترًا بالمنطقة، مشكّلًا فوهة تصادمية يتراوح قطرها بين 170 إلى 300 كيلومتر. ورغم ضخامة الحدث وتأثيره الجيولوجي، إلا أنه وقع قبل تطوّر الكائنات الحية المعقّدة، مما قلل من تأثيره البيولوجي.[4] وبالمثل، وقع اصطدام حوض سدبري (Sud-bury Basin) قبل نحو 1.9 مليار عام في كندا، وأسفر عن تكوّن فوهة عرضها 130 كيلومترًا. هذا الحدث نتج عنه تغيّرات في الغلاف الجوي ونشاط بركاني واسع النطاق، كما خلّف وراءه رواسب معدنية غنيّة لا تزال تُستغل حتى يومنا هذا.

لكن أكثر هذه الاصطدامات شهرة وتأثيرًا في الحياة على الأرض كان اصطدام تشيكشولوب (Chicxulub) الذي وقع قبل 66 مليون عام، وغيّر مسار التطوّر البيولوجي إلى الأبد. فقد اصطدم كويكب بقطر 10 كيلومترات بشبه جزيرة يوكاتان في ما يُعرف اليوم بالمكسيك، مخلّفًا فوهة بقطر 180 كيلومترًا. وكانت الطاقة الناتجة عن الاصطدام تعادل مليارات القنابل الذرية، ما أدى إلى تبخّر الصخور في موقع الاصطدام، واندلاع عواصف نارية، وإطلاق موجات صدمة اجتاحت سطح الكوكب. وقد تطايرت كميات هائلة من الحطام الصخري والجزيئات الغنية بالكبريت عالياً في الغلاف الجوي، مشكّلة غيمة كثيفة حجبت أشعة الشمس عن سطح الأرض لعدة أشهر، وربما لسنوات وهي ظاهرة تُعرف غالبًا باسم "شتاء الاصطدام" (Impact Winter).

تسببت هذه الظلمة المفاجئة في انخفاض حاد في درجات الحرارة وتوقف عملية التمثيل الضوئي، ما أدى إلى انهيار

**شكل (1): مواقع التأثير التي تم التحقق منها**




المصدر: Earth Impact Database

سلاسل الغذاء في اليابسة والمحيطات على حد سواء. وتولّدت موجات تسونامي ضخمة، بلغ ارتفاع بعضها مئات الأمتار، انطلقت من موقع الاصطدام لتُدمّر النظم البيئية الساحلية حول العالم. كما تسببت الأمطار الحمضية الناتجة عن التفاعلات الكيميائية الجوية، إضافة إلى الحرائق الهائلة، في تفاقم الدمار البيئي. وقد أسفرت هذه الكارثة الطبيعية عن واحد من أضخم أحداث الانقراض الجماعي في تاريخ الأرض، حيث فُقد نحو 75% من الأنواع الحية، بما في ذلك الديناصورات غير الطائرة، والزواحف البحرية، والعديد من أنواع النباتات والأحياء الدقيقة.[5]

هذه الكارثة أعادت تشكيل النظم البيئية على مستوى العالم، منهية فعليًا عصر الديناصورات ومُفسحة المجال أمام تنوّع وانتشار الثدييات، التي أصبحت تدريجيًا المُهيمن الأساسي على النظم البيئية البرية. يُعتقد أن اصطدام تشيكشولوب لم يتسبّب فقط في الانقراض الجماعي، بل أدّى أيضًا إلى إثارة نشاط جيولوجي واسع النطاق، شمل ثورانات بركانية هائلة. وقد ترك هذا الحدث أدلة جيولوجية فريدة، من بينها الكوارتز المتحوّل بفعل الصدمات (shocked quartz)، والتيكتايت (tektites)، وهي كرات زجاجية صغيرة نشأت من الصخور المنصهرة، بالإضافة إلى طبقة عالمية من عنصر الإيريديوم، وهو عنصر نادر يرتبط عادة بالكويكبات.

في التاريخ الحديث، شهدت روسيا حدثين بارزين يعكسان استمرار تهديد الأجسام القريبة من الأرض. في عام 1908، وقع حدث تونجوسكا (Tunguska)، عندما انفجر في الغلاف الجوي فوق سيبيريا كويكب أو جزء من مذنب يتراوح قطره بين 50 و60 مترًا. وقد بلغت قوة الانفجار ما يعادل 10 إلى 15 ميجاطن من مادة "تي إن تي"، مما أدى إلى تسطيح حوالي 2000 كيلومتر مربع من الغابات، دون أن يخلّف فوهة تصادمية واضحة.[6] بعد أكثر من قرن، أما في عام 2013، فقد شهدت مدينة تشيليابينسك الروسية انفجار نيزك في الغلاف الجوي بقطر يقارب 20 مترًا. وأطلق هذا الانفجار طاقة تقارب 500 كيلوطن من مادة تي إن تي. وقد أسفر عن إصابة حوالي 1,500 شخص، أغلبهم بسبب تحطم الزجاج من شدة الانفجار، بالإضافة إلى أضرار واسعة لحقت بالمباني.[7]

تؤكد هذه الأحداث أن التهديد الذي تمثله الأجسام القريبة من الأرض لا يزال قائمًا، وأن الاستعداد لمثل هذه الاصطدامات ليس مجرد خيار احترازي، بل ضرورة لحماية الحياة والبنية التحتية على الأرض. ومن خلال دراسة هذه الأجسام ورصدها باستمرار، يسعى العلماء إلى تقييم المخاطر المحتملة وتطوير استراتيجيات للتخفيف من آثارها، ضمن ما يُعرف بـ "الدفاع الكوكبي". ومع تنامي الوعي بهذه الأخطار الطبيعية القابلة للتجنّب، تبرز الحاجة إلى مناقشة متطلبات الاستعداد وجهود الوقاية الجارية حاليًا.

## ضرورة الاستعداد وجهود الوقاية الجارية

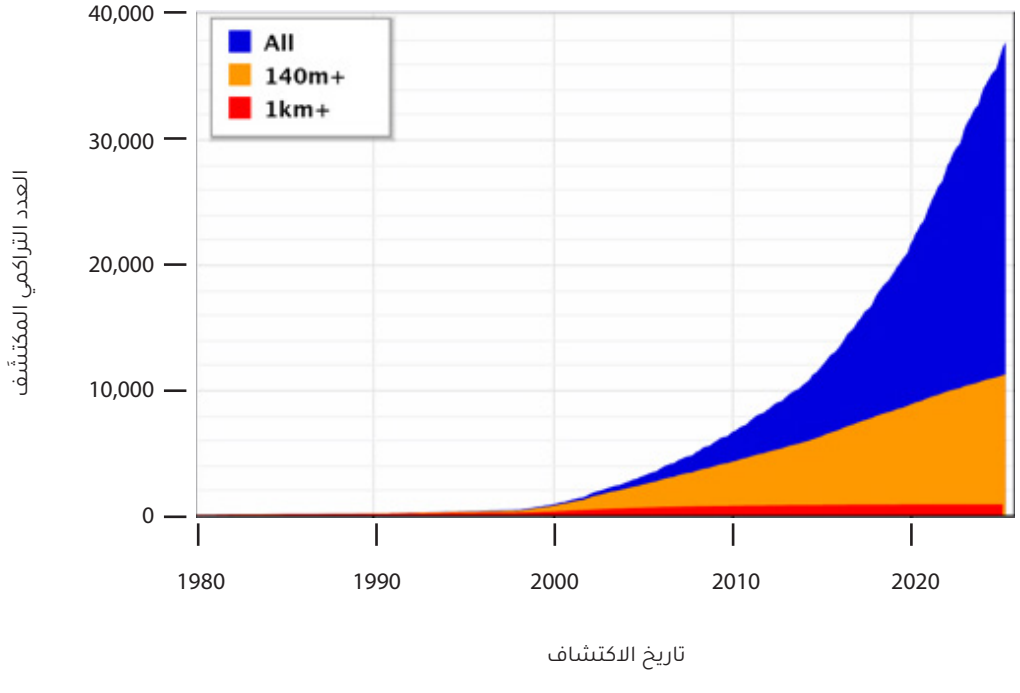
إن الاستعداد لمخاطر الأجسام القريبة من الأرض يُعد أمرًا بالغ الأهمية، لأن تأثيراتها - على الرغم من ندرتها - تمتلك القدرة على إحداث دمار كارثي إما على المستوى الإقليمي أو على نطاق عالمي. فقد أثبت التاريخ أن حتى الأجسام الصغيرة نسبيًا يمكن أن تُفضي إلى عواقب مدمّرة. لقد أسهم التقدم المتسارع في مجالي التكنولوجيا وعلم الفلك في تحسين قدرتنا على اكتشاف وتتبع الأجسام القريبة من الأرض، مما عزز من قدرات الرصد المبكر والتنبؤ بمسارات هذه الأجسام. غير أن التحدي لا يزال قائمًا، إذ لا تزال أعداد كبيرة من الأجسام الصغيرة تمر دون اكتشاف، بسبب حجمها الصغير أو سطحها المظلم أو مساراتها غير المتوقعة.

وبالنظر إلى الكثافة السكانية العالية في العالم، وتعقيد البنية التحتية في المناطق الحضرية الكبرى، فإن اصطدام كويكب متوسط الحجم بمنطقة مأهولة يمكن أن يؤدي إلى خسائر بشرية جسيمة، فضلاً عن أضرار اقتصادية فادحة تمتد آثارها لسنوات.

شهدت أنظمة رصد الأجسام القريبة من الأرض تطورًا هائلًا خلال العقود الأخيرة، بفضل التكنولوجيا المتقدمة والتعاون الدولي وزيادة الوعي بالمخاطر التي تشكّلها الكويكبات والمذنبات. وتعتمد الأنظمة الحديثة على شبكات من المراصد الأرضية، وتلسكوبات فضائية، بالإضافة إلى خوارزميات معقدة قادرة على تحليل المسارات ومعدلات السطوع والتسارع، لتحديد مواقع الأجسام القريبة وتتبعها بدقة عالية. وقد أدت برامج المسح مثل برنامج رصد الأجسام القريبة من الأرض التابع لوكالة ناسا (Near-Earth Object Observations Program)، وماسح السماء كاتالينا (CSS)، ونظام بان-ستارز Pan-STARRS (تلسكوب المسح البانورامي ونظام الاستجابة السريعة) إلى زيادة كبيرة في عدد الأجسام القريبة من الأرض المكتشفة، خاصةً تلك التي يتجاوز قطرها 140 مترًا.[8] ومن بين الأدوات الأشد فعالية في هذا المجال، تبرز المراصد الفضائية، وعلى رأسها مهمة نيووايز- NEOWISE التابعة لناسا، التي تتميز بقدرتها على رصد الأجسام المظلمة أو البعيدة، وهي فئة يصعب على المراصد الأرضية تتبّعها بدقة.

**شكل (2) : الكويكبات القريبة من الأرض المكتشَفة**

أحدث اكتشاف: 1 مارس 2025



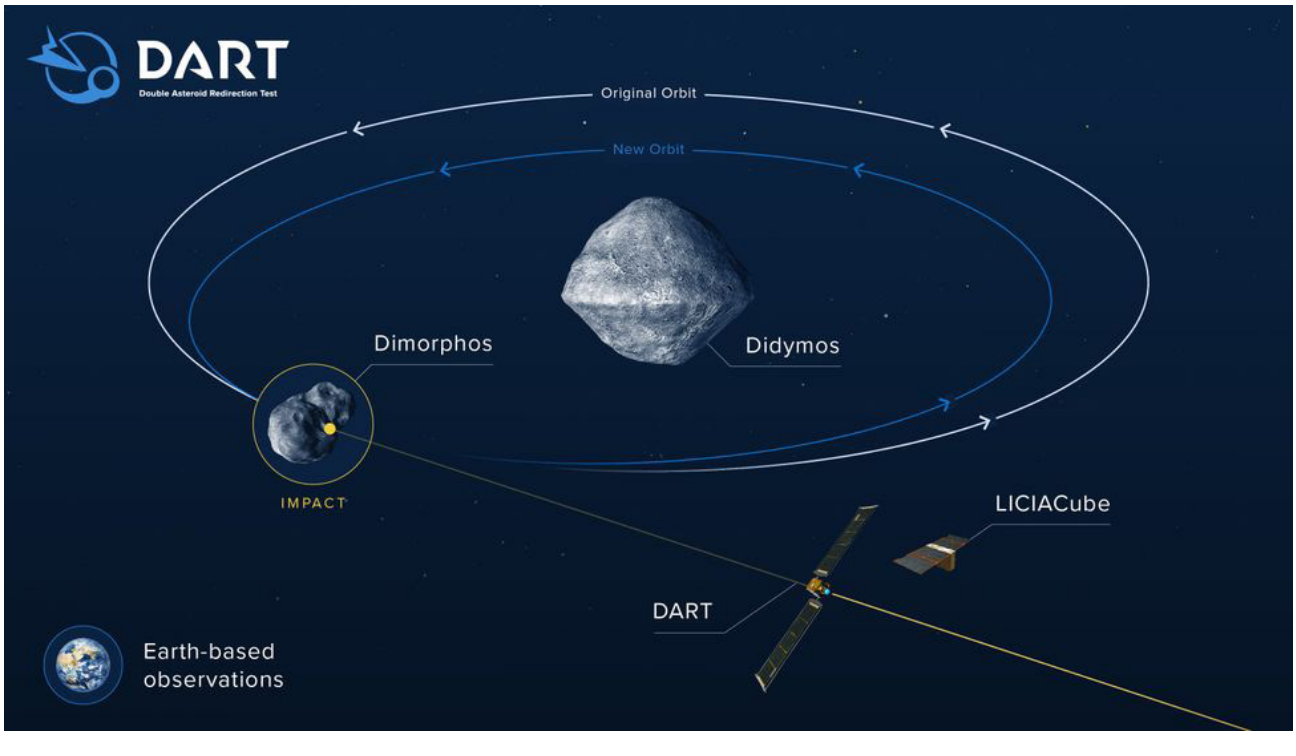

المصدر: NASA Center for Near Earth Object Studies

ساعدت التطورات التكنولوجية، بما في ذلك استخدام خوارزميات التعلُّم الآلي والتلسكوبات الآلية، على تحسين سرعة ودقة اكتشاف الأجسام القريبة من الأرض. فهذه الأنظمة المتقدمة باتت قادرة على تحليل كميات هائلة من البيانات الفلكية خلال فترات زمنية قصيرة، مما يمكّنها من تحديد الأجسام ذات المدارات غير المألوفة أو التي يحتمل أن تكون خطيرة. ويُتوقع أن يُحدث هذا التقدّم نقلة نوعية إضافية من خلال المهمات المرتقبة، من أبرزها: مرصد "فيرا سي روبين-Vera C. Rubin Observatory " ومهمة "نيو سيرفاير-NEO Surveyor" التابعة لوكالة ناسا (المقرر إطلاقها في موعد لا يتجاوز سبتمبر 2027)[9]. إذ تهدف هذه المهمات إلى تعزيز قدرة العلماء على اكتشاف الأجسام الصغيرة وتقديم تحذيرات مبكرة حول الاصطدامات المحتملة. ويهدف مشروع NEO Surveyor إلى خلافة مهمة NEOWISE الحالية، والعمل على تحقيق تقدم كبير نحو تنفيذ التفويض الصادر عن الكونغرس الأمريكي لوكالة ناسا، والذي يقضي بضرورة اكتشاف وتحديد أكثر من 90% من الأجسام القريبة من الأرض التي يتجاوز قطرها 140 مترًا.[10] ويُعد هذا الهدف محوريًا في منظومة الدفاع الكوكبي نظرًا لقدرة هذه الأجسام على التسبب بدمار واسع النطاق حال اصطدامها بالأرض، كما ثبت في حادثة نيزك تشيليابينسك عام 2013، الذي بلغ قطره نحو 20 مترًا فقط، لكنه انفجر في الغلاف الجوي دون أن يتم رصده مسبقًا، ما أدى إلى إصابة نحو 1,500 شخص. وتُعزى صعوبة اكتشاف هذه الأجسام الصغيرة إلى عدة أسباب، منها: ضعف انعكاسها للضوء، ما يجعل من الصعب رصدها بالتلسكوبات التقليدية، وسرعتها العالية وحركتها المفاجئة، ما يعقّد من تتبعها وتحديد مسارها بدقة.

وليس هذا التحدي الوحيد؛ إذ تواجه أنظمة الرصد الأرضية نقاط عمياء خطيرة. فتلسكوبات الأرض غير قادرة على مراقبة الأجسام القادمة من جهة الشمس بسبب شدة الإضاءة، ما يترك جزءًا كبيرًا من السماء دون مراقبة فعالة، ويخلق فجوة استراتيجية في منظومة الدفاع الكوكبي. أما التلسكوبات الفضائية، ورغم أنها توفّر تغطية أفضل وشاملة، إلا أن عددها المحدود حاليًا لا يكفي لتوفير مراقبة شاملة ودائمة للسماء. وتُضاف إلى ذلك تحديات التمويل، فضلًا عن نقص التنسيق الدولي الفعّال، وهو ما يُقيد من قدرة الدول والمؤسسات العلمية على توسيع هذه الأنظمة عالميًا، ويُضعف من سرعة الاستجابة في حال اكتشاف تهديد وشيك. تُبرز هذه الثغرات الهيكلية في قدرات الاكتشاف الحالية الحاجة الماسة إلى تبني استراتيجية شاملة للدفاع الكوكبي.

### الدفاع الكوكبي ودور الشرق الأوسط

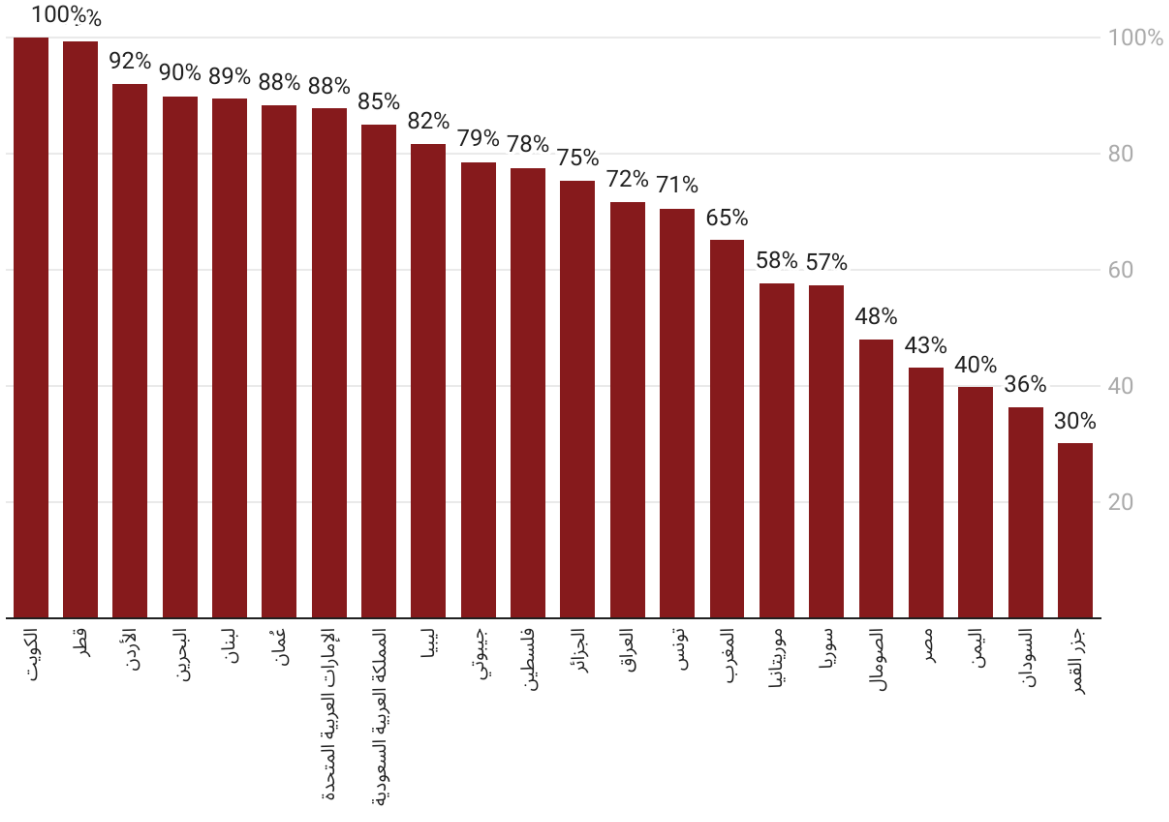
إن الاستعداد الاستباقي لمواجهة الأجسام القريبة من الأرض–من خلال تطوير أنظمة الرصد، وتعزيز التعاون الدولي، وتبني تقنيات متقدمة للتخفيف من الأثر مثل استراتيجيات الانحراف المداري–يوفّر للبشرية فرصة فريدة لتفادي أو




المصدر: NASA/Johns Hopkins APL

**شكل (3): معدل التحضر**

من عام 2023




المصدر: The World Bank

تقليل تداعيات تلك الأحداث الكارثية. وعلى عكس الكوارث الطبيعية الأخرى، مثل الزلازل أو الفيضانات أو الأعاصير التي يصعب توقعها بدقة أو منعها، فإن اصطدامات الكويكبات والمذنبات تُعد من بين الأحداث النادرة التي يمكن التنبؤ بها علميًا، بل وتفاديها بالكامل عند اتخاذ الاستعدادات الصحيحة. هذه القدرة النادرة على التدخل قبل وقوع الكارثة تجعل من التعامل مع تهديدات الأجسام القريبة من الأرض مسؤولية أخلاقية واستراتيجية تقع على عاتق الأجيال الحالية والأجيال المستقبلية.

شهد مجال الدفاع الكوكبي تطورًا نوعيًا مع إطلاق مهمة «اختبار إعادة توجيه الكويكب المزدوج» (دارت-DART) التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا، والتي مثّلت أول تجربة عملية ناجحة لتغيير مسار كويكب. أُطلقت المهمة في عام 2021 بهدف اختبار ما إذا كان بالإمكان استخدام مركبة فضائية لتغيير مدار كويكب عن طريق الاصطدام المباشر به. وقد تم اختيار الكويكب "ديمورفوس" (Dimorphos)، الذي يدور حول كويكب أكبر يُدعى "ديديموس" (Didymos)، كمسرح للتجربة، مع التأكيد على أن كلا الجرمين لا يشكلان أي تهديد للأرض في 26 سبتمبر 2022، اصطدمت مركبة "دارت" بكويكب ديمورفوس بسرعة بلغت 22,500 كيلومتر في الساعة (14,000 ميل في الساعة)، وهو ما أدى إلى تقصير فترة دورانه حول ديديموس بمقدار 32 دقيقة.[11] وتُعد هذه النتيجة أول دليل ميداني في تاريخ البشرية على أن الاصطدام الحركي يمكن أن يُحدث تغييرًا في مسار كويكب فعليًا، وهو ما يفتح الباب أمام اعتماد هذه التقنية كركيزة أساسية في منظومات الدفاع الكوكبي ضد التهديدات الفضائية المستقبلية.

يشكل نجاح مهمة "دارت" علامة فارقة في قدرة البشرية على التأثير في حركة الأجسام السماوية، حيث حوّلت فكرة انحراف الكويكبات من مجرد نظرية علمية إلى واقع عملي. ومع ذلك، فإن الدفاع الكوكبي لا يُعد مجرد إجراء احترازي، بل هو ضرورة حتمية. فاتباع نهج استباقي يجمع بين المراقبة الدقيقة، والتقنيات المتطورة، والتعاون الدولي القوي يُعد أكثر فاعلية

وكفاءة من حيث التكلفة مقارنةً بالاستجابة لكارثة بعد وقوعها. إن تطوير أساليب قادرة على حرف أو تدمير الأجسام الخطرة يُعد أمرًا بالغ الأهمية لتقليل احتمالية وقوع تأثيرات كارثية. وعلاوة على ذلك، وبما أن تهديدات الأجسام القريبة من الأرض تُعد قضية عالمية بطبيعتها، فلا يمكن لأي دولة منفردة أن تتعامل معها وحدها؛ فالشراكات الدولية ضرورية لضمان أمن وسلامة الكوكب بأسره.

وفي ضوء التطورات السياسية الجارية في الولايات المتحدة، بما في ذلك الاحتمالات المتزايدة لخفض التمويل المخصص للبحث العلمي ولوكالة ناسا، فإن خطر عدم اكتشاف أحد الأجسام القريبة من الأرض في الوقت المناسب سيرتفع بشكل كبير. كما أن محدودية التمويل ستُعيق كذلك جهود التخفيف من آثار الاصطدام المحتمل، والتي تتطلب إنفاقًا يفوق بكثير تكاليف الرصد. على سبيل المثال، كلّف برنامج "دارت" التابع لناسا ما يقرب من 324.5 مليون دولار أمريكي[12]، مقارنةً بمبلغ 4 ملايين دولار فقط كانت ناسا تخصصها سنويًا لرصد الأجسام القريبة من الأرض.[13] وقد تم، في 27 ديسمبر 2024، اكتشاف الكويكب YR4 2024، الذي يبلغ قطره حوالي 100 متر، وكان من المتوقع–وفقًا للتقديرات الأولية–أن يصطدم بالأرض في عام 2032. [14] وفي حال عدم قدرة ميزانية ناسا على دعم عمليات الرصد، قد يصبح حتى تأمين تمويل مستقل لجهود التخفيف أمرًا غير ممكن.

تُبرز هذه التحديات الحاجة الماسّة إلى توسيع نطاق التعاون الدولي، بمعزل عن الاعتماد الحصري على الولايات المتحدة، وهو ما يُعقّد المسألة نظرًا لاحتكار ناسا لجزء كبير من الخبرة العلمية، وللطبيعة التعاونية الجوهرية لعلم الفضاء. وفي هذا السياق، يبرز الشرق الأوسط كطرف فاعل محتمل ذو دور محوري، ليس فقط بسبب قدراته المالية التي تمكّنه من المساهمة الفعالة، ولكن أيضًا بسبب العوامل الجغرافية والديموغرافية التي تزيد من حدة المخاطر الناجمة عن اصطدامات الكويكبات.

فالمنطقة تضم بعضًا من أكثر المراكز الحضرية كثافة سكانية على مستوى العالم، مما يعني أن اصطدام كويكب متوسط الحجم قد يُسفر عن عواقب كارثية. وعلى عكس مناطق أخرى في العالم تحتوي على مساحات شاسعة غير مأهولة بالسكان، حيث قد يكون تأثير الاصطدام أقل دمارًا، فإن البنية التحتية والاقتصاد والسكان في الشرق الأوسط تتركز بشكل كبير في مراكز حضرية رئيسية. وبالتالي، فإن أي تأثير كبير سيؤدي إلى زعزعة الاستقرار الاقتصادي، وتعطيل إمدادات الطاقة، وخلق تداعيات جيوسياسية بعيدة المدى.

في الوقت الراهن، تشهد دول المنطقة توسعًا ملحوظًا في استثماراتها بمجال الفضاء، ويتجلى ذلك بوضوح في مهمة الإمارات إلى المريخ،[15] ومشروعها المزمع لاستكشاف حزام الكويكبات،[16] إلى جانب المبادرات الفضائية المتنامية للمملكة العربية السعودية.[17] إن هذا الزخم المعرفي والتقني الصاعد، عند اقترانه بالإمكانات المالية الواسعة لدول المنطقة، قد يؤهّل الشرق الأوسط ليصبح شريكًا محوريًا في الجهود العالمية للدفاع الكوكبي.

وعلى الرغم من هذه المؤشرات الإيجابية، لا تشارك أي من الدول العربية حاليًا في «الفريق الاستشاري المعني بالتخطيط للبعثات الفضائية»[18] (SMPAG)، وهي الهيئة التي تقود جهود الاستجابة للكويكب YR4 2024. كما لا توجد أي دولة عربية ضمن المشاركين في مركز تنسيق الأجسام القريبة من الأرض التابع لوكالة الفضاء الأوروبية [19] (NEOCC).

وهذا الغياب يثير تساؤلات ملحّة، لا سيما في ظل اهتمام المنطقة المتزايد بالتطور التكنولوجي، وكونها من أكثر المناطق تعرضًا للمخاطر المحتملة الناجمة عن اصطدام الكويكبات. ففي ضوء هذه المعطيات، ينبغي للشرق الأوسط أن يُعزز استثماراته في مجالات رصد وتخفيف آثار الأجسام القريبة من الأرض، وأن يندمج في المنظومة العالمية للتعامل مع هذه التهديدات. وهذا ليس مجرد خيار استراتيجي يعود بالنفع على الدول العربية فحسب، بل هو ضرورة ملحة تفرضها طبيعة التهديدات الكونية التي لا تعترف بالحدود السياسية.

إن التهديد الذي تمثله الأجسام القريبة من الأرض هو تهديد حقيقي وملموس، ويتطلب اهتمامًا فوريًا ومستدامًا. وقد أثبت التاريخ أن لدى اصطدامات الكويكبات القدرة على إحداث دمار هائل، ولا تزال احتمالات وقوع اصطدامات مستقبلية تمثّل خطرًا جديًا على البشرية. ولهذا، فإن الاستثمار في أنظمة الكشف، والبحث العلمي، وتقنيات الانحراف، إضافة إلى تعزيز التعاون الدولي، يُمثل الركائز الأساسية لبناء منظومة فعّالة للدفاع الكوكبي، وضمان أمن طويل الأمد للكرة الأرضية. ومن خلال تبوّء دور ريادي في هذا المجال الحيوي، يمكن للشرق الأوسط أن يحقق هدفين مزدوجين: الأول هو حماية مصالحه وشعوبه من المخاطر الكونية المتزايدة، والثاني هو الإسهام الفاعل في تأمين سلامة الكوكب بأسره.

## المـــراجع


1. NASA Center for Near-Earth Object Studies (CNEOS), "Near-Earth Object (NEO) Groups." NASA Jet Propulsion Laboratory, accessed January 12, 2025, https://cneos.jpl.nasa.gov/about/neo_groups.html
2. Ibid.
3. Ibid.
4. Allen, N. H., M. Nakajima, K. Wünnemann, S. Helhoski, and D. Trail, "A Revision of the Formation Conditions of the Vredefort Crater." Journal of Geophysical Research: Planets 127, no. 11 (2022): e2022JE007186. https://doi.org/10.1029/2022JE007186.
5. Peter Schulte et al, "The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous-Paleogene Boundary." Science 327, no. 5970 (2010): 1214–1218. https://doi.org/10.1126/science.1177265
6. Chyba, Christopher F., Paul J. Thomas, and Kevin J. Zahnle, "The 1908 Tunguska Explosion: Atmospheric Disruption of a Stony Asteroid." Nature 361, no. 6407 (1993): 40-44. https://doi.org/10.1038/361040a0
7. National Museums Scotland, "Falling to Earth: The Chelyabinsk Meteorite," National Museums Scotland, accessed January 15, 2025, https://www.nms.ac.uk/discover-catalogue/falling-to-earth-the-chelyabinsk-meteorite
8. Center for Near Earth Object Studies (CNEOS), "NEOWISE," NASA Jet Propulsion Laboratory, accessed January 13, 2025, https://cneos.jpl.nasa.gov/stats/wise.html
9. NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL), "Near-Earth Object Surveyor". Accessed January 19, 2025, https://www.jpl.nasa.gov/missions/near-earth-object-surveyor/
10. Ibid.
11. NASA, "NASA Confirms DART Mission Impact Changed Asteroid's Motion in Space," NASA, October 11, 2022, accessed February 3, 2025, https://www.nasa.gov/news-release/nasa-confirms-dart-mission-impact-changed-asteroids-motion-in-space/
12. The Planetary Society, "How Much Did DART Cost?" The Planetary Society, accessed February 3, 2025 https://www.planetary.org/space-policy/cost-of-dart
13. National Research Council, 2010. Defending Planet Earth: Near-Earth-Object Surveys and Hazard Mitigation Strategies. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/12842
14. NASA, "Asteroid 2024 YR4," NASA Science, accessed February 14, 2025 https://science.nasa.gov/solar-system/asteroids/2024-yr4/
15. UAE Space Agency, "Emirates Mars Mission," UAE Space Agency, accessed February 19, 2025 https://space.gov.ae/en/initiatives-and-projects/emirates-mars-mission
16. UAE Space Agency, "UAE Mission to Asteroid Belt (EMA)," UAE Space Agency, accessed February 19, 2025 https://space.gov.ae/en/initiatives-and-projects/uae-mission-to-asteroid-belt-ema
17. Arab News, " Saudi Arabia's space sector soars with strategic initiatives," Arab News, February 27, 2024, accessed February 20, 2025 https://www.arabnews.com/node/2553221/business-economy
18. European Space Agency (ESA), "SMPAG Members," European Space Agency, accessed February 21, 2025 https://www.cosmos.esa.int/web/smpag/smpag_members
19. European Space Agency (ESA) NEO Coordination Centre, "NEOCC Observing Facilities." Accessed February 21, 2025 https://neo.ssa.esa.int/neocc-observing-facilities

# كارثة وشيكة

## ماذا لو اندلعت حرب نووية في الشرق الأوسط؟

بقلم: مصطفى أحمد

عاد ملف الأسلحة النووية ليبرز مجددًا وبشكل مثير للقلق، بعد أن كان يُعتقد أنه في طور التراجع عقب انتهاء الحرب الباردة، إلا أن هذه العودة جاءت مصحوبة بزخم ينذر بخطورة متصاعدة. يشهد العالم اليوم تجددًا في سباق التسلح النووي، وتآكلًا ملحوظًا في الأعراف والمعاهدات الدولية التي ساهمت لعقود في منع وقوع كارثة نووية. فمنذ فبراير 2022، أدت الحرب الروسية على أوكرانيا، إلى جانب الخطاب الرسمي والمحلي الروسي، والذي تضمن تهديدات صريحة ومبطنة باستخدام الأسلحة النووية، إلى تفكيك ما تبقى من المحرمات التي سادت في الحقبة التي تلت الحرب الباردة. كما أن نشر روسيا لأسلحة نووية في بيلاروسيا أسهم في تصعيد التوترات، وعزز من تطبيع النقاش حول احتمال نشوب حرب نووية، مما يطرح تحديات جسيمة على الأمن والاستقرار الدوليين.[1] وقد تردد صدى هذه التطورات على المستوى العالمي، إذ أبدت دول مثل كوريا الجنوبية وألمانيا وبولندا اهتمامًا متجددًا بالردع النووي، سواء من خلال تطوير برامجها الخاصة أو من خلال استضافة الأسلحة النووية الأمريكية.[2] ويُعد تفكير بولندا في الانضمام إلى كلٍ من بلجيكا وألمانيا وإيطاليا وهولندا وتركيا كمضيف للأسلحة النووية الأمريكية مؤشّرًا مقلقًا على هذا الاتجاه الخطير.[3] وفي الوقت ذاته، يستمر تطوير كوريا الشمالية [4] لترسانتها النووية دون رادع.[5] كما أن التوتر النووي المستمر بين الهند وباكستان يمثل تذكيرًا صارخًا بالخطر النووي الذي لا يزال قائمًا على مستوى العالم.

في الوقت الراهن، يواجه الشرق الأوسط، الذي يُعتبر بؤرة للاضطرابات الإقليمية، تصعيدًا خطيرًا ومقلقًا في المخاطر النووية. إذ يعكس الوضع الراهن في المنطقة حالة من عدم اليقين المتزايد، حيث أصبحت احتمالية اندلاع حرب نووية أكثر واقعية مما كانت عليه في السابق، ينبع هذا القلق المتزايد من غياب الضوابط الراسخة لإدارة النزاعات المستمرة في المنطقة. فقد كشف هذا الصراع، الذي يُعد أحد الملفات

الحساسة في الشرق الأوسط، عن إمكانية واقعية لاستخدام الأسلحة النووية في المنطقة. وتحتفظ إسرائيل، التي يُعتقد على نطاق واسع بأنها تمتلك ترسانة نووية كبيرة، بسياسة «الغموض النووي» أو ما يُعرف بـ «الضبابية النووية»، التي تقوم على عدم التأكيد أو النفي الرسمي لامتلاكها هذه القدرات. ورغم أن هذه السياسة كانت تهدف إلى تحقيق الردع، إلا أنها أسهمت في تعميق المخاوف وزيادة الشكوك الإقليمية. وقد عززت تصريحات أدلى بها مؤخراً أحد الوزراء اليمينيين المتطرفين في إسرائيل، والتي أشار فيها إلى أن استخدام السلاح النووي في قصف غزة هو «خيار قائم»، من تأكيد القدرات النووية الإسرائيلية، وفي الوقت نفسه، هزّت سياسة الغموض التي ظلت راسخة لعقود.[6]

في الوقت نفسه، تزداد تعقيدات المشهد بسبب التوتر المستمر حول برنامج إيران النووي. ورغم إصرار إيران على أن برنامجها ذو طابع سلمي، فإن المجتمع الدولي- وخاصةً إسرائيل والغرب- لا يزال يبدي شكوكًا عميقة. ومن المرجح أن تؤدي التصريحات التصعيدية والتحركات الاستفزازية من جانب كل من إيران وإسرائيل والولايات المتحدة إلى ترسيخ قناعة الدول العربية بأهمية امتلاك الردع النووي، وهو ما قد يشعل سباق تسلُّح نووي في المنطقة، ويقوض بشكل أكبر جهود الحد من انتشار الأسلحة النووية على الصعيد العالمي.

إن التوازن الهش للردع، الذي حال لعقود دون وقوع تبادل نووي في الشرق الأوسط، بات تحت ضغط شديد. فاحتمال أن يؤدي سوء التقدير، أو سوء الفهم، أو حتى عدوان متعمد إلى اندلاع نزاع نووي أصبح اليوم أكبر من أي وقت مضى. ويتفاقم هذا الخطر في ظل تعدد النزاعات الجارية التي تشمل دولًا تملك أسلحة نووية، أو أخرى تطمح إلى امتلاكها.

يهدف هذا المقال إلى استكشاف ثلاثة أسئلة محورية: أولًا، ما مدى احتمال اندلاع صراع نووي في الشرق الأوسط في ظل القدرات النووية والعقائد العسكرية والدوافع الجيوسياسية الحالية؟ ثانيًا، ما هي العواقب الكارثية المحتملة الفورية وطويلة الأمد، إقليميًا وعالميًا في حال فشل الردع النووي في هذه المنطقة المتقلبة؟ ثالثًا، ما مدى جاهزية دول الشرق الأوسط لمواجهة تداعيات مثل هذا الحدث الكارثي؟

## لماذا الآن؟

تُعد احتمالية اندلاع حرب نووية مدمّرة في الشرق الأوسط مصدر قلق بالغ، نتيجة عدة عوامل مترابطة، تشمل التنافسات الجيوسياسية، وانتشار الأسلحة النووية، والسياق التاريخي للصراعات في المنطقة. فقد شكّل الشرق الأوسط على الدوام نقطة محورية للتوترات الدولية، لا سيّما خلال الحرب الباردة، حينما خاضت القوى العظمى- كالولايات

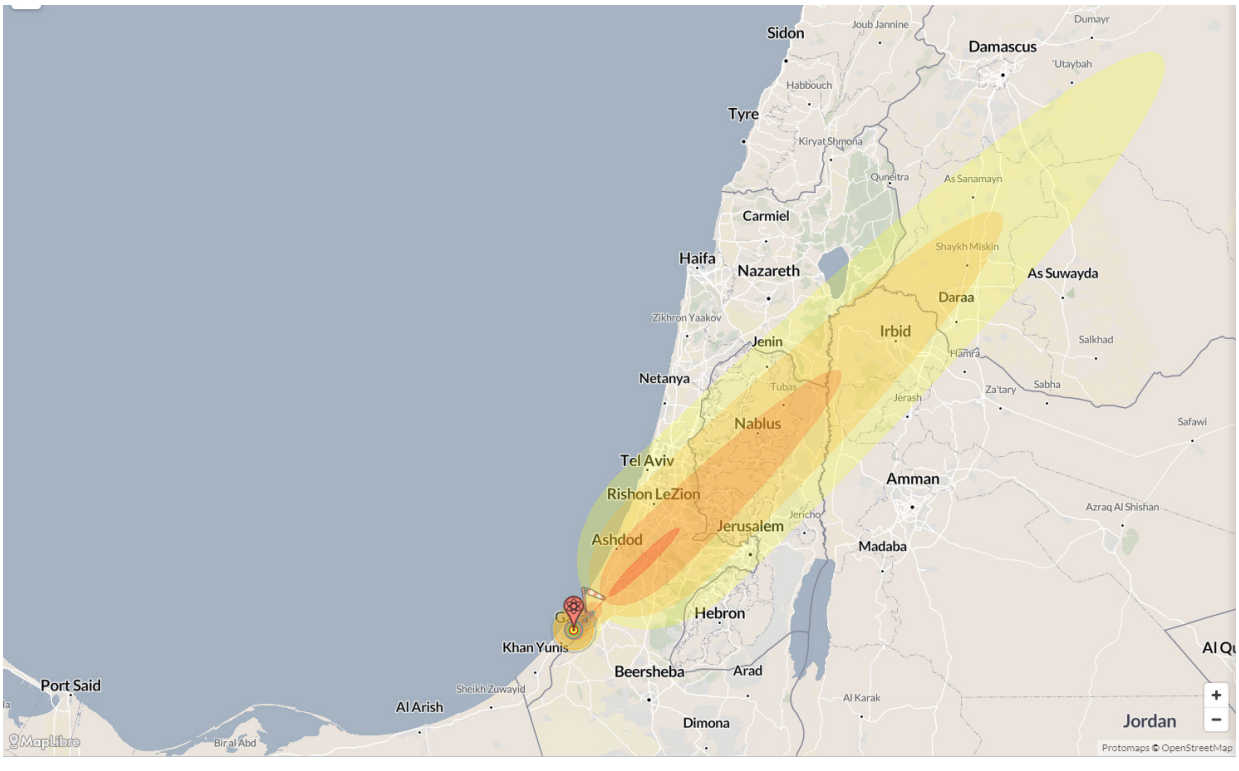
المتحدة والاتحاد السوفيتي- مواجهات استراتيجية أسهمت في تشكيل المشهد السياسي للمنطقة.[7] وقد مهّد هذا الإرث التاريخي الطريق للصراعات المعاصرة، خصوصًا في ظل سعي دول المنطقة إلى امتلاك قدرات نووية وسط استمرار الخصومات الإقليمية.

وتزداد تعقيدات المشهد الجيوسياسي بفعل تدخل القوى الخارجية، وعلى رأسها الولايات المتحدة والصين، اللتان تمتلكان مصالح راسخة في المنطقة. فالولايات المتحدة سعت تاريخيًا إلى الحفاظ على نفوذها من خلال دعم حلفائها، وعلى رأسهم إسرائيل، ومواجهة الطموحات الإيرانية، ما أدى إلى توازن هش في موازين القوى يمكن أن ينهار في أي لحظة.[8] وبالمثل، فإن انخراط الصين المتنامي في المنطقة، مدفوعًا باحتياجاتها من الطاقة ومصالحها الاستراتيجية، يضيف طبقة إضافية من التعقيد إلى شبكة العلاقات المتوترة بين دول الشرق الأوسط.[9] ويؤدي التداخل بين هذه المصالح الدولية والنزاعات المحلية إلى خلق بيئة متقلّبة للغاية، يمكن لأي حسابات خاطئة أن تفضي فيها إلى عواقب كارثية.

وفّر الصراع الإسرائيلي الفلسطيني، ولا سيّما الحرب الإسرائيلية على غزة، لحظة خطيرة سلّطت الضوء على شبح الحرب النووية في المنطقة بشكل ساطع ومقلق. ففي مطلع نوفمبر 2023، أي بعد أقل من شهر على اندلاع الحرب، أدلى وزير التراث الإسرائيلي، عميحاي إلياهو، بتصريح أحدث صدمة واسعة النطاق، إذ أشار إلى أن إسقاط قنبلة نووية على غزة هو "خيار ممكن".[10] ورغم أن رئيس الوزراء بنيامين نتنياهو نأى بنفسه علنًا عن هذه التصريحات وعلّق مشاركة الوزير في اجتماعات الحكومة، فإن الأخير بقي في منصبه،[11] بل وجدد تأييده للموقف النووي ذاته في أواخر يناير2024. ولا يمثل هذا الحادث مجرد زلة لسان معزولة، بل يكشف عن تحول خطير نحو تطبيع الخطاب النووي في الخطاب العام الإسرائيلي.

وقد أكدت تعليقات إلياهو -رغم ما أثارته من استهجان-

**شكل (1): يُظهر التفجير السطحي على قطاع غزة**




المصدر: NukeMap

ضمنيًا ما كان يُعد واحدًا من أكثر أسرار الشرق الأوسط انتشارًا: امتلاك إسرائيل لأسلحة نووية. فعلى مدار عقود، التزمت إسرائيل بسياسة "أميموت"- وهي الكلمة العبرية التي تعني "الغموض" أو "الضبابية"- إذ لم تؤكد أو تنفِ بشكل رسمي امتلاكها لترسانة نووية. وقد صُمّمت هذه السياسة نظريًا للمحافظة على جهود عدم الانتشار في الشرق الأوسط من خلال ردع الخصوم المحتملين دون إثارة سباق تسلُّح إقليمي، إلا أنها أصبحت على ما يبدو غير ذات جدوى. فقد أدى هذا الغموض إلى تغذية مشاعر الريبة وانعدام الثقة، وتُظهر واقعة إلياهو أن هذه السياسة لم تعد قادرة على احتواء النقاش النووي داخل إسرائيل نفسها.

في سيناريو افتراضي -وإن كان مستبعدًا- يتم فيه تفجير قنبلة نووية فوق مدينة غزة، فإن هناك شكلين رئيسيين لمثل هذا التفجير: تفجير سطحي (يحدث عند مستوى الأرض)، أو تفجير جوي (يحدث على ارتفاع لا تلامس فيه كرة النار الناتجة عن الانفجار سطح الأرض).

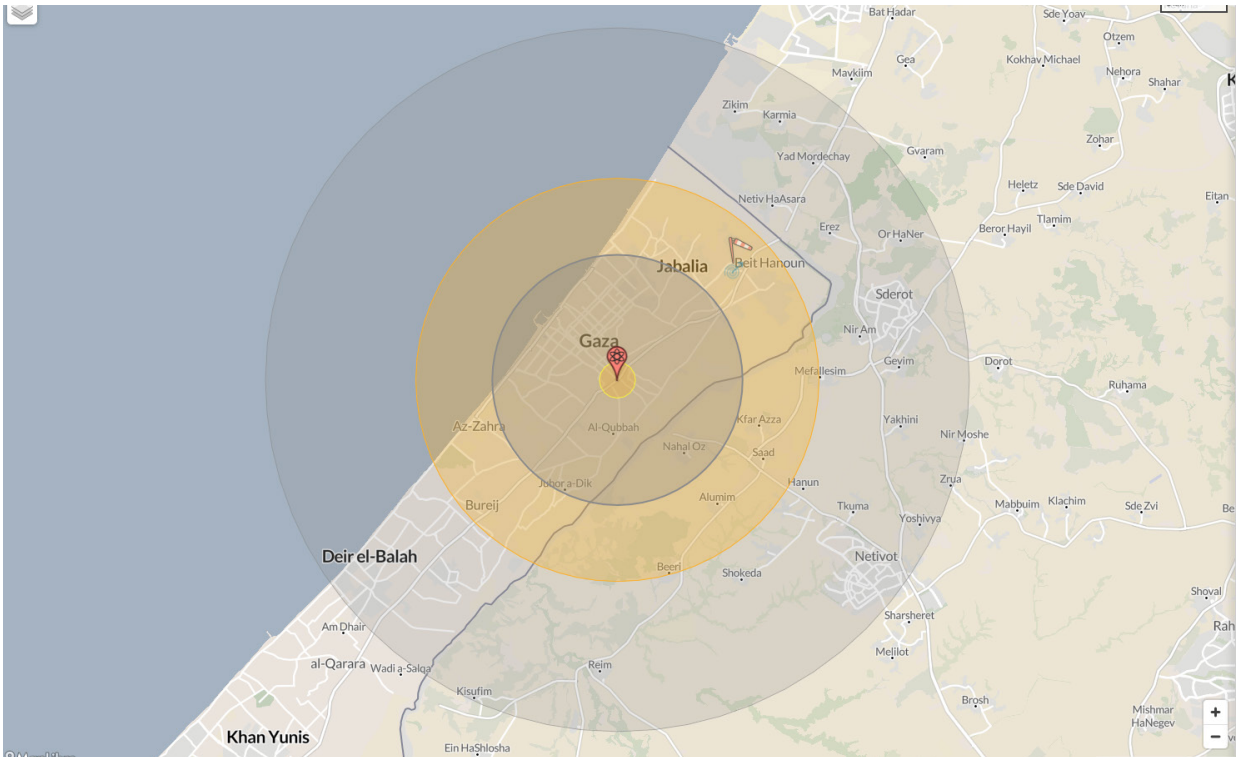
إن تفجيرًا سطحيًا لقنبلة نووية افتراضية بقوة 50 كيلوطنًا قد يُنتج سحابة إشعاعية كبيرة، كما هو موضَّح في الشكل التالي. وتُقدَّر المساحة الجغرافية التي قد تتعرض لمعدل جرعة إشعاعية يتجاوز 1 راد/ساعة بحوالي 2800 كيلومتر مربع.

وقد تمتد المسافة القصوى للانتشار الإشعاعي وفقًا لهذا المعدل من التلوث حتى 164 كيلومترًا باتجاه الريح. ويعتمد التوزيع الجغرافي الدقيق للتلوث على العوامل الجوية، وخصوصًا اتجاه الرياح وسرعتها. ومن الناحية النظرية، يمكن أن تقع مراكز سكانية إسرائيلية كبرى، بما في ذلك تل أبيب والقدس، ضمن نطاق هذه السحابة الإشعاعية المنطلقة من غزة.

ومن الجدير بالذكر أن التفجيرات النووية التاريخية الأولى كانت تتم غالبًا على شكل تفجيرات جوية. فالتفجير الجوي يقلّل من الإشعاع المحلي الفوري بالمقارنة مع التفجير السطحي، لكنه في المقابل يتسبب في منطقة أكبر متضررة من ضغط الموجة الانفجارية. فعلى سبيل المثال، يُقدَّر أن تفجيرًا جويًا لقنبلة بقوة 50 كيلو طنًا سيتسبّب في أضرار متوسطة في منطقة تصل مساحتها إلى نحو 21.1 كيلومتر مربع، في حين أن تفجيرًا سطحيًا بنفس القوة سيُحدث أضرارًا مشابهة ولكن على مساحة أصغر تبلغ حوالي 8.94 كيلومتر مربع.

بات الوضع الراهن مختلفًا بشكل جوهري وأكثر خطورة من

**شكل (2): يُظهر التفجير الجوي على قطاع غزة**




المصدر: NukeMap

العقود الماضية. فمستوى التوتر لا يزال مرتفعًا بشكل خطير، ويتفاقم بفعل استمرار الصراع وتهديدات التصعيد الإقليمي الواسع. وقد شكّل مسلسل الهجمات والهجمات المضادة بين إسرائيل وإيران في أبريل 2024، والذي بلغ ذروته في ضربة إسرائيلية دقيقة قرب منشأة نووية في أصفهان الإيرانية، دليلًا مرعبًا على القدرات والنوايا. وقد حمل اختيار الهدف رسالة واضحة ومقصودة: تمتلك إسرائيل القدرة على تنفيذ ضربات خفية ضد المواقع النووية الإيرانية متى رأت ضرورة ذلك. لقد رفعت هذه الحادثة سقف التوترات بشكل كبير، وزادت من تقويض المحرم النووي الهش في المنطقة.[12]

وها هي إيران تقف اليوم أمام قرار مصيري، طالما كان محل جدل داخل أروقة قيادتها: هل تواصل الحفاظ على وضعها الحالي كـ «دولة على عتبة النووي» - أي أنها تمتلك القدرة على إنتاج أسلحة نووية بسرعة ولكنها تختار عدم القيام بذلك؟ أم تُعلن نفسها صراحة كدولة نووية، سواء من خلال اختبار سلاح نووي أو إعلان رسمي؟[13] وقد تدفع الضربة الإسرائيلية قرب أصفهان، بالإضافة إلى تزايد الحديث العلني في إسرائيل عن الخيارات النووية، إيران إلى الخيار الثاني، إذ قد ترى أن الردع النووي المُعلن وحده قادر على ضمان أمنها. وإذا حدث ذلك، فقد يؤدي إلى سلسلة متتالية من حالات الانتشار النووي في المنطقة، إذ تسعى دول أخرى- تخشى من كلٍ من إسرائيل وإيران- إلى امتلاك أسلحتها النووية الخاصة. وهكذا تنهار الحواجز التي شُيدت بشق الأنفس- رغم كونها غير مثالية- للحد من الانتشار النووي في المنطقة، تحت وطأة التصعيد المتسارع والخطاب المتزايد في تهوره.

## موازين القوى النووية في الشرق الأوسط

تشبه الساحة النووية في الشرق الأوسط رقعة شطرنج عالية المخاطر، حيث إن كل حركة قد تطلق سلسلة من ردود الفعل المتتالية.

تُعد إسرائيل واحدة من تسع دول فقط حول العالم تمتلك أسلحة نووية، إذ يُعتقد أنها تحتفظ بترسانة تتراوح بين 80 و90 رأسًا نوويًا.[14] يمكن إيصالها عبر الصواريخ والطائرات وربما المنصات البحرية.[15] وعلى الرغم من اعتراف العديد من الخبراء، بل وحتى تلميحات بعض المسؤولين السابقين، بامتلاك إسرائيل لهذه الترسانة، إلا أنها، إلى جانب العديد من الحكومات الغربية، تلتزم بسياسة "أميموت" (الغموض الاستراتيجي)، التي لا تؤكد ولا تنفي حيازتها للأسلحة النووية.[16] ويجعل هذا الغموض، إلى جانب ما يُقدَّر بنحو 1.2 مليار دولار أنفقتها إسرائيل

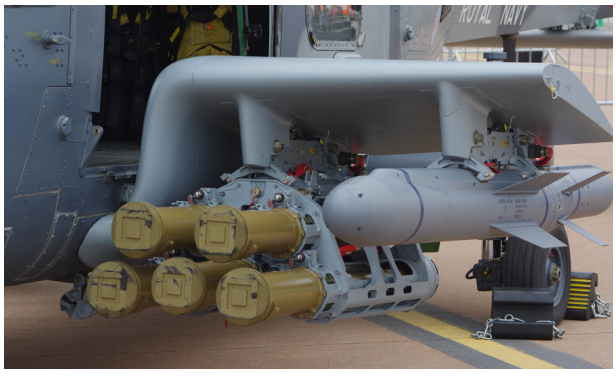
على برنامجها النووي في عام 2022 فقط، وتغييب أي عقيدة مُعلنة بشأن استخدام هذه الأسلحة، من الصعب للغاية تقييم احتمالية لجوء إسرائيل إلى استخدامها. وقد انطلق برنامج إسرائيل النووي في الأساس من دوافع وجودية بعد حرب عام 1948، في ظل شعورها المستمر بالتهديد من جيرانها، ويُعتقد أن إسرائيل أصبحت تملك أسلحة نووية عملياتية بحلول أواخر الستينيات.[17] وتُضفي هذه الخلفية، إلى جانب استعداد إسرائيل المتكرر لشن ضربات استباقية ضد ما تعتبره تهديدات نووية إقليمية - مثل الضربات التي استهدفت منشآت نووية سورية مشبوهة - عنصرًا من الغموض والانفجار المحتمل على معادلة الأمن في المنطقة. فالظروف التي قد تدفع إسرائيل فعليًا إلى استخدام ترسانتها النووية تظل غير واضحة بشكل خطير. وهذه الضبابية، رغم أنها تهدف إلى الردع، فإنها تعزز في المقابل خطر سوء التقدير والتصعيد في منطقة تقف أصلًا على شفا الهاوية.

**ويُعتقد أن إسرائيل تمتلك "ثالوثًا نوويًا" يوفّر لها خيارات متعددة للإيصال، تشمل:**

- **الطائرات:** تمتلك إسرائيل أسطولًا من طائرات "إف16- آي سوفا"، وربما "إف15- إيغل"، التي يُعتقد أنها قادرة على إيصال قنابل نووية تقليدية. وتشير التقديرات إلى أن نحو 30 رأسًا نوويًا مخصّصة لهذا النوع من الإيصال. وقد حصلت إسرائيل أيضًا على طائرات "إف35- آي" المتقدمة؛ وبينما قامت الولايات المتحدة بترقية نسخها لتكون قادرة على حمل الأسلحة النووية، لا يُعرف بعد ما إذا كانت إسرائيل قد فعلت الشيء نفسه.

- **الصواريخ البرية:** تشغّل إسرائيل سلسلة صواريخ "أريحا" الباليستية. ويُعتقد أن "أريحا 2"، التي يتجاوز مداها 1500 كيلومتر، يجري استبدالها أو دعمها بصواريخ "أريحا 3"، وهي صواريخ باليستية متوسطة المدى، يتراوح مداها بين 4800 و6500 كيلومتر، ويُعتقد أنها دخلت الخدمة حوالي عام 2011. وتشير مؤشرات إلى تطوير نسخ أطول مدى. ويُعتقد أن نحو 50 رأسًا نوويًا مخصّصة للقوة الصاروخية البرية، وغالبًا ما تُنشر على منصات إطلاق متحركة داخل ملاجئ محصّنة أو كهوف، ربما في قاعدة «سْدوت ميخا» الجوية. وقد كشفت صور الأقمار الصناعية عن تحديثات في هذه المنشآت.

- **الصواريخ البحرية:** تشغّل إسرائيل غواصات "دولفين" ألمانية الصنع، وهي غواصات تعمل بالديزل والكهرباء، مع خطط لإدخال غواصات "دولفين 2" و "داكار" الأكثر تقدمًا إلى الخدمة. ويُعتقد أن هذه الغواصات مزودة بأربعة أنابيب طوربيد كبيرة بشكل غير معتاد (650 ملم) بالإضافة إلى الأنابيب التقليدية، ويُرجح أن هذه الأنابيب صمّمت لإطلاق



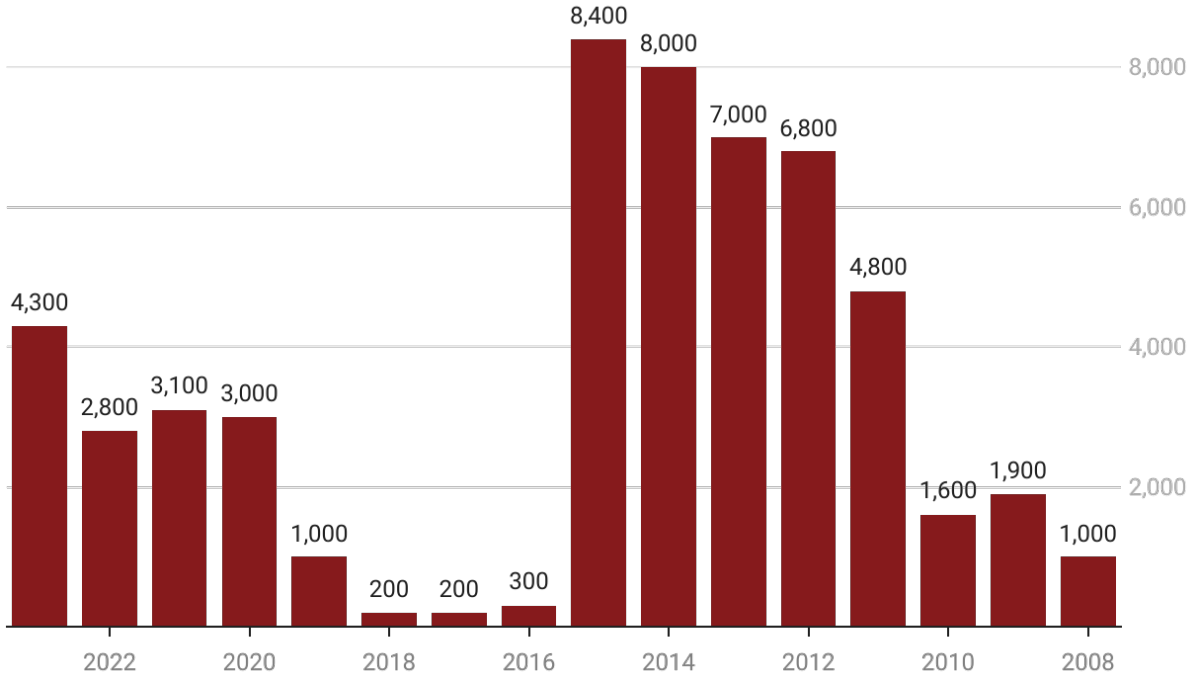
صواريخ كروز بحرية محلية الصنع مسلحة نوويًا، ربما نسخة معدَّلة من صاروخ "بوباي"، بمدى يقل عن 1500 كيلومتر. ويُقدر أن نحو 10 رؤوس نووية مخصَّصة لهذا الردع البحري.[18]

ويستند هذا التفوق النووي غير المعلن، ولكن المعترف به ضمنيًا، إلى ما يُعرف بـ «عقيدة بيغن» الخاصة بالتصدي للانتشار النووي، والتي تم تطبيقها لأول مرة في الضربة الجوية على مفاعل "أوزيراك" العراقي عام 1981. وتمنح هذه العقيدة إسرائيل ما تعتبره "حقًا" في تنفيذ ضربات عسكرية استباقية ضد أي برنامج نووي ناشئ في المنطقة قد يُشكّل تهديدًا. وقد تجسدت هذه العقيدة مجددًا في ضربة 2007 التي استهدفت مفاعلًا نوويًا سوريًا مشبوهًا (عملية «البستان»)، ويُعتقد على نطاق واسع أنها تشمل أيضًا عمليات سرية، مثل الهجوم الإلكتروني "ستاكسنت" الذي عطّل أجهزة الطرد المركزي الإيرانية، والذي يُعتقد أنه كان عملية مشتركة أمريكية-إسرائيلية.

ويهدف هذا النهج الاستباقي إلى الحفاظ على التفوق النووي الإسرائيلي الإقليمي، ومنع بروز أي قوة نووية منافسة قد تهدد أمنها أو تُجبرها على الدخول في ردع متبادل مع نظير نووي. إلا أن هذه العقيدة تترك أثرًا بالغًا على هيكل الأمن الإقليمي، إذ تدفع خصومًا محتملين كإيران إلى استثمار موارد ضخمة في تحصين منشآتها النووية وتفريقها وإخفائها، ما يُصعّب على هيئات الرقابة الدولية، كوكالة الطاقة الذرية، مراقبتها بشكل فعّال، وتُسرّع من الجداول الزمنية للاختراق النووي في حال تم تطوير منشآت سرية. كما تُعتبر هذه الضربات الاستباقية سلوكًا عدائيًا من قِبَل الدول الإقليمية الأخرى، ما يفاقم «معضلة الأمن»، حيث تُفسَّر الإجراءات التي تتخذها إسرائيل لتعزيز أمنها على أنها تهديدات هجومية، فتدفع الآخرين إلى البحث عن قدرات ردعية مقابلة، بما في ذلك الأسلحة النووية.

يُعدّ برنامج إيران النووي التحدي الأبرز على صعيد الانتشار في الشرق الأوسط اليوم. فمنذ انسحاب الولايات المتحدة الأحادي من "خطة العمل الشاملة المشتركة" عام 2018، بدأت إيران تدريجيًا في التخلي عن القيود التي فرضها الاتفاق، ما أدى إلى توسّع كبير في أنشطتها النووية. وبحلول أوائل

**شكل (3): تطوُّر مخزون إيران من اليورانيوم المخصب**
بالكيلوجرام




البيانات تقديرية حتى عام 2023
المصدر: International Atomic Energy Agency - BLOOMBERG

عام 2025، وصل البرنامج إلى مرحلة حرجة، جعلته على أعتاب امتلاك القدرة النووية بشكل كامل.

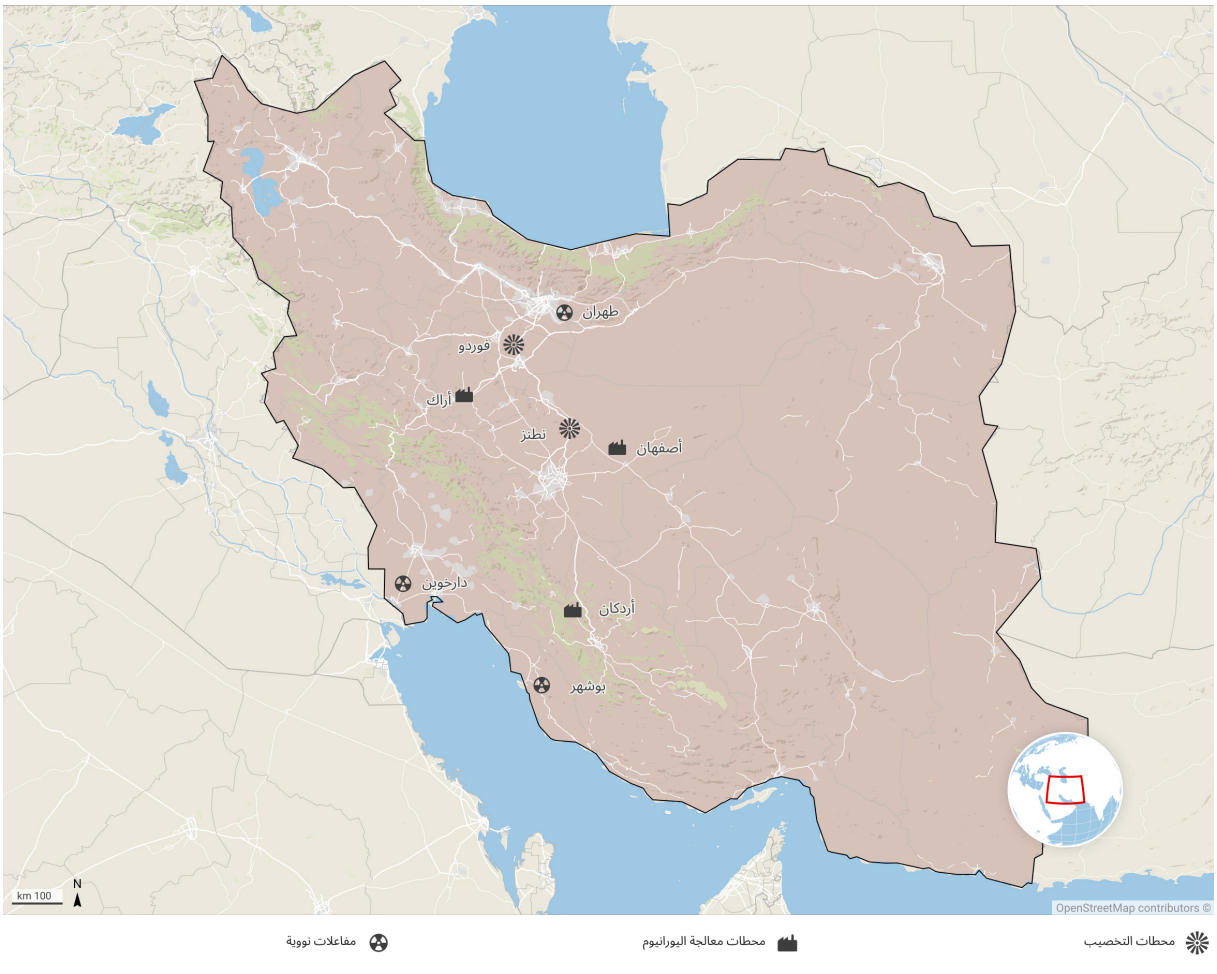
ووفقًا لأحدث تقارير الوكالة الدولية للطاقة الذرية، تمتلك إيران بنية تحتية نووية كبيرة ومخزونًا متزايدًا من المواد النووية. وهي تقوم بتخصيب اليورانيوم حتى نسبة 60% من النقاء، وهو مستوى قريب للغاية من 90%، الذي يُعد النسبة المعتادة لصنع الأسلحة النووية. ومن اللافت أن إيران هي الدولة الوحيدة غير النووية، الموقّعة على معاهدة عدم الانتشار، التي تقوم بتخصيب اليورانيوم إلى هذا المستوى المرتفع.[19] وتشير بعض التقديرات إلى أن إيران قد تكون على بُعد ستة أشهر فقط من تصنيع جهاز نووي بدائي، وما يقرب من 18 شهرًا من تطوير رأس نووي يمكن تحميله على صاروخ. إن هذا الوقت القصير جدًا لاختراق العتبة النووية يُشكّل تحديًا حادًا أمام الجهود الدولية للحد من الانتشار.

ورغم أن إيران لا تُعتبر في الوقت الحالي دولة تعمل على تصنيع السلاح فعليًا، فإن بنيتها التحتية المدنية المتطورة - التي تشمل مواقع بحثية، ومناجم يورانيوم، ومفاعلًا بحثيًا، ومنشآت للتخصيب - تمنحها وقتًا قياسيًا لاختراق العتبة، وهو ما قدّره مدير وكالة الاستخبارات المركزية الأمريكية، ويليام بيرنز، في أكتوبر 2024، بأسبوع واحد فقط لإنتاج ما يكفي من المواد الانشطارية لصنع قنبلة نووية واحدة.[20] وعلى الرغم من أن إيران كانت قد استكشفت تكنولوجيا التسلُّح النووي قبل عام 2003، فإنها لم تتجاوز رسميًا العتبة النووية حتى الآن.[21] غير أنها ابتعدت بشكل واضح عن التزاماتها بموجب الاتفاق النووي، فزادت نسبة تخصيب اليورانيوم، وقلَّلت من تعاونها مع مفتشي الوكالة الدولية، بما في ذلك إلغاء تصاريح عدد من المفتشين ذوي الخبرة.

وقد أدى تبادل الضربات الأخير بين إسرائيل وإيران، خاصةً الضربة الإسرائيلية قرب منشأة أصفهان النووية، إلى تقوية أصوات داخل القيادة الإيرانية تنادي بالسير قدمًا نحو تطوير قدرة نووية كاملة كوسيلة ردع. غير أن اتخاذ مثل هذا القرار سيحمل معه مخاطر هائلة، منها احتمال قيام إسرائيل بتوجيه ضربة استباقية، بالإضافة إلى مزيد من التدهور في علاقات إيران مع جيرانها، ما قد يشعل سباق تسلح نووي في المنطقة.

أما المملكة العربية السعودية، فإن برنامجها النووي الناشئ

**شكل (4): المنشآت النووية في إيران**
في عام 2023




المصدر: إعداد الباحث من مصادر متعددة.

يُثير مخاوف متصاعدة. فقد صرّح ولي العهد الأمير محمد بن سلمان بشكل جلي بأن بلاده ستسعى لامتلاك أسلحة نووية إذا ما امتلكتها إيران، ما يُنذر بتأثير "الدومينو".[22] وبينما تؤكد الرياض أن طموحاتها النووية تنحصر في الأهداف السلمية، وخصوصًا تنويع مصادر الطاقة، فإن سعيها المحموم نحو التكنولوجيا النووية يثير قلقًا كبيرًا على صعيد الانتشار. ويشير قرب اكتمال أول مفاعل نووي سعودي بالقرب من الرياض عام 2019 [23]، إلى جانب تقارير ظهرت عام 2020 عن منشأة، يُعتقد أنها شُيّدت بمساعدة صينية، لاستخلاص اليورانيوم الخام، إلى أن لدى المملكة قدرات متنامية يمكن أن تُحوَّل بسرعة لأغراض عسكرية.[24] إن هذه الإمكانية، إذا ما تجاوزت إيران العتبة النووية، تجعل من السعودية لاعبًا رئيسيًا في ميزان الردع الهش في المنطقة، وربما محفزًا لتسابق أوسع نحو التسلُّح النووي في الشرق الأوسط.

ومن جهة أخرى، تأتي الإمارات العربية المتحدة، التي أصبحت أول دولة عربية تُشغّل محطة طاقة نووية، بافتتاح محطة "براكة" للطاقة النووية في عام 2020. [25] وبينما أظهرت الإمارات التزامًا واضحًا بالاستخدام السلمي للطاقة النووية، عبر امتلاكها لسجل قوي في عدم الانتشار، وتطبيقها للضمانات الدولية، فإن مجرد وجود هذه البنية التحتية المتقدمة، وما يصاحبها من خبرات فنية، يعني وجود قدرة كامنة- وإن كانت كامنة فقط- قد تُستخدم، نظريًا، لتطوير أسلحة في حال تصاعد التوتر الإقليمي بشكل خطير. ورغم أن هذا السيناريو بعيد في الوقت الراهن، إلا أنه يضيف بُعدًا آخر إلى المشهد النووي المعقّد والمتقلب في المنطقة.

إن تاريخ الشرق الأوسط حافل بمحاولات سابقة، سواء تم إحباطها أو بقيت طموحة، لامتلاك أسلحة نووية، ما يعكس حجم القلق المتجذر، والرغبة المستمرة في امتلاك وسائل

ردع فعَّالة. فقد اقترب العراق، في عهد صدام حسين، من تطوير قنبلة نووية في ثمانينيات وتسعينيات القرن الماضي، قبل أن توقفه عمليات التفتيش التي قادتها الوكالة الدولية عقب غزو الكويت. أما مفاعل سوريا السري، الذي يُعتقد أنه بُني بتعاون مع كوريا الشمالية، فقد تم تدميره بغارة جوية إسرائيلية عام 2007 قبل أن يدخل حيز التشغيل. وفي ليبيا، حصل نظام القذافي على معدات نووية وتقنيات عبر شبكة «عبد القدير خان»، غير أن معظم هذه المعدات بقيت غير مستخدمة حتى سقوط النظام. كما عبّرت مصر، وهي من أوائل الدول الموقّعة على معاهدة عدم الانتشار وداعمة للاتفاق النووي مع إيران، عن مخاوف جدية من أن يؤدي برنامج إيران النووي المنفلت إلى سباق تسلح إقليمي، مشيرة ضمنيًا إلى احتمال رغبتها في امتلاك رادع نووي مستقبلي.[26]

وتُضيف تركيا، العضو في حلف شمال الأطلسي (ناتو) والطامحة لدور إقليمي أوسع، طبقة جديدة من التعقيد. فقد عبّرت أنقرة مرارًا عن استيائها مما تعتبره ازدواجية في معايير نظام عدم الانتشار، متسائلة: لماذا يُمنع عنها امتلاك أسلحة نووية، بينما تمتلكها إسرائيل- التي لم توقّع أصلًا على معاهدة عدم الانتشار؟ ويُضاف إلى ذلك اهتمام تركيا المتزايد بالتكنولوجيا النووية لأغراض الطاقة، ما يُغذّي التكهنات حول نواياها بعيدة المدى، ويُعمّق الشعور العام بعدم اليقين النووي في المنطقة. وتُظهر المحاولات التاريخية، والقلق الراهن بين هذه الدول، مدى التجذّر العميق لرغبة امتلاك الردع النووي في الشرق الأوسط، وهي رغبة تتفاقم بفعل التوترات المتصاعدة، وفشل الأطر الحالية في كبح جماح الانتشار.

لتحليل المشهد الراهن، يقدّم الجدول التالي لمحة مقارنة عن القدرات النووية والمواقف الرسمية لأبرز الفاعلين الإقليميين:

**جدول 1: القدرات النووية والمواقف المعلنة للدول الرئيسية في الشرق الأوسط**

| | إسرائيل | إيران | السعودية | تركيا | مصر |
|---|---|---|---|---|---|
| **وضع معاهدة عدم الانتشار** | غير موقّعة | طرف في المعاهدة (منذ 1970) | طرف | طرف | طرف |
| **وضع الأسلحة النووية** | غير مُعلن (يُعتقد بامتلاكها) | دولة على العتبة النووية | لا تمتلك (ضمن حالة تحوط) | لا تمتلك (تحوط محتمل) | لا تمتلك |
| **عدد الرؤوس النووية المقدرة** | 80-400 (غير مؤكد) | (اختراق محتمل في غضون أسابيع/أشهر) | - | - | - |
| **أنظمة الإيصال الرئيسية** | **جوًّا:** "إف-15"/ «إف-16" (إف-35)<br>**برًّا:** "أريحا-2"/ «أريحا-3" (متوسطة المدى/ بعيدة المدى؟)<br>**بحرًا:** غواصات دولفين بصواريخ كروز؟ | **جوًّا:** قدرات محدودة<br>**برًّا:** صواريخ باليستية متنوعة (متوسطة المدى- "سجّيل")<br>**بحرًا:** صواريخ كروز<br>**أخرى:** طائرات مسيّرة | **جوًّا:** مقاتلات متقدّمة<br>**برًّا:** صواريخ باليستية (متوسطة المدى)<br>**بحرًا:** قدرات محدودة | **جوًّا:** مقاتلات متقدمة ("إف-16" وطائرات "قان" قيد التطوير)<br>**برًّا:** قيد التطوير<br>**بحرًا:** غواصات<br>**أخرى:** طائرات مسيّرة | **جوًّا:** مقاتلات حديثة<br>**برًّا:** نسخ "سكود"، وغيرها<br>**بحرًا:** قدرات محدودة |
| **التخصيب/ إعادة المعالجة** | نعم (خارج الرقابة الدولية) | نعم (أجهزة طرد متقدمة، تخصيب 60%) | تسعى للحصول على الحق، لا تمتلك القدرة | اهتمام محتمل، لا قدرة معلنة | لا (بحوث على نطاق محدود) |
| **العقيدة المعلنة/ الدوافع** | الغموض؛ الردع (خيار شمشون)؛ مكافحة الانتشار (عقيدة بيغن) | برنامج سلمي (فتوى)؛ خطاب متغير نحو الردع عند التهديد | موازنة إيران؛ التوازن الإقليمي؛ تنويع مصادر الطاقة | الاستقلال الاستراتيجي؛ المكانة؛ موازنة إيران؛ أمن الطاقة | الدعوة لمنطقة خالية من أسلحة الدمار الشامل؛ التوازن الإقليمي؛ أمن الطاقة |
| **الدفاع الصاروخي** | القبة الحديدية، مقلاع داوود، آرو 2/3، شعاع الحديد (قيد التطوير) | أقل تطورًا ("إس-300"، أنظمة محلية) | باتريوت (باك-3)، ثاد | أنظمة "الناتو"؛ تطوير محلي | قدرات محدودة/ أنظمة قديمة |
| **الاستعداد للحماية المدنية** | مرتفع (ملاجئ، قيادة الجبهة الداخلية، وكالة الطوارئ الوطنية) | منخفض/ متوسط (غموض؛ فجوات في المستشفيات) | متوسط (قيد التطوير؛ مديرية الدفاع المدني، مجلس المخاطر) | متوسط (ضمن إطار "الناتو"؛ إدارة الكوارث والطوارئ) | متوسط (قيد التطوير) |

## دوافع الانتشار النووي في الشرق الأوسط

لا يُعزى الانتشار المحتمل للأسلحة النووية في الشرق الأوسط إلى عامل وحيد، بل ينبع من تفاعل معقّد بين الهواجس الأمنية، وديناميات القوة الإقليمية، والطموحات الوطنية، وتوافر التكنولوجيا. وفهم هذه المحركات أمر أساسي لصياغة استراتيجيات فعّالة لعدم الانتشار.

### أولًا: معضلات الأمن

تُشكّل حالة انعدام الأمان المتفشية، والديناميكية المعروفة باسم «معضلة الأمن»، الدافع الجوهري وراء الاهتمام المتزايد بالقدرات النووية في الشرق الأوسط.

تُعد القدرات النووية المتقدّمة لإيران المحفز الأبرز المعاصر لمخاوف الانتشار في المنطقة.[27] فاقتراب إيران من بلوغ حالة الدولة النووية يثير قلقًا بالغًا بين خصومها الإقليميين، إذ تخشى بعض الدول من أن يخل ذلك بالتوازن الإقليمي لصالح طهران.

ومن وجهة نظر إيران، كما العديد من الدول العربية، تُعتبر الترسانة النووية الإسرائيلية، غير المُعلنة منذ عقود، المصدر الأساسي للقلق والاختلال الاستراتيجي في المنطقة.[28] وتُقدّم إيران برنامجها النووي- ولو جزئيًا- كرد على هذا التهديد. علاوة على ذلك، فإن سياسة إسرائيل الاستباقية في مكافحة الانتشار - «عقيدة بيغن» - والتي تجلّت في ضربات عسكرية وعمليات سرية ضد البرامج النووية في العراق وسوريا وإيران، تُنظر إليها في المنطقة على أنها سلوك عدائي، ما يعزز من دوافع التسلُّح المقابل.[29]

كما أن الدول التي تُدرك تفوق خصومها التقليديين في القدرات العسكرية التقليدية، قد ترى في الأسلحة النووية وسيلة لتحقيق توازن ردعي. فعلى سبيل المثال، قد تعتبر إيران ترسانتها الصاروخية وقدراتها النووية الناشئة عناصر حاسمة في ردع أي هجوم أمريكي أو إسرائيلي محتمل، أو محاولات لتغيير النظام.

كذلك، فإن حسابات دول مثل تركيا، الحليفة للولايات المتحدة، تعتمد بدرجة كبيرة على تقييمها لمدى مصداقية وفعالية الضمانات الأمنية الخارجية.[30] وحين تتشكك هذه الدول في استعداد واشنطن للدفاع عنها ضد تهديدات كبرى- مثل إيران نووية أو هجمات تقليدية ضخمة- فإن الحاجة إلى امتلاك قدرات ردع مستقلة، بما في ذلك النووية، تصبح أكثر إلحاحًا.[31] وتؤدي فترات الانكفاء الأمريكي النسبي عن المنطقة إلى تغذية هذه المخاوف، وربما دفع الدول نحو خيارات نووية.

تخلق هذه الدورة المتكررة من التصعيد المتبادل حلقة مفرغة من انعدام الثقة. فالردع الإسرائيلي يؤجج الطموح الإيراني، الذي بدوره يدفع خصوم طهران إلى تطوير قدراتهم الخاصة. وهكذا تصبح أي خطوة لتعزيز الأمن من طرف ما، مُفسّرة كتهديد هجومي من قِبل الآخر، فيرد بخطوة مقابلة، ما يُعمّق من الشعور بعدم الأمان لدى الطرف الأول. وتُصعّب هذه الديناميكية من تحقيق الاستقرار الإقليمي، كما تجعل كبح الانتشار النووي مهمة شديدة التعقيد، إذ تتطلب بناء الثقة وتبديد الهواجس الأمنية في بيئة مشبعة بالصراعات والتاريخ العدائي. ولن يكفي لتحقيق ذلك الاكتفاء بإجراءات تقنية، بل لا بد من تغييرات جذرية في العلاقات السياسية الإقليمية والرؤية الأمنية المتبادلة.

### ثانيًا: المكانة والهيمنة الإقليمية

بعيدًا عن التهديدات الأمنية المباشرة، توجد عدة دوافع أخرى تُضفي على السلاح النووي جاذبية خاصة في الشرق الأوسط.

يُنظر إلى امتلاك السلاح النووي، أو حتى التكنولوجيا النووية المتقدمة، في كثير من الأحيان، كرمز لمكانة الدولة كقوة عظمى، ويُعزز من قدرتها على التأثير في الأحداث الإقليمية وفرض شروطها.[32] وفي عدد من الدول، يُعدّ إتقان تقنيات متطورة مثل الطاقة النووية تعبيرًا عن الفخر الوطني والحداثة والسيادة. وقد عبّر قادة مثل الرئيس التركي رجب طيب أردوغان عن هذا التوجّه، من خلال تقديم السعي نحو القدرات النووية كنوع من التحدي للظلم الهيكلي في النظام النووي العالمي، الذي يحتكر فيه عدد محدود من الدول هذا السلاح.[33] ويتماشى هذا الخطاب مع المشاعر القومية، وقد يُسهم في تعزيز الدعم الشعبي والشرعية السياسية. ويُشكّل البرنامج النووي الإيراني مثالًا واضحًا على هذا التداخل بين الطموحات التقنية والفخر الوطني، إذ يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالهوية الثورية للنظام، ويُعتبر إنجازًا يُثبت قدرة البلاد على تحقيق الاكتفاء الاستراتيجي رغم العقوبات والضغوط الغربية.

كما تلعب العوامل الداخلية دورًا لا يُستهان به في تشكيل السياسات النووية. فقد تدفع المؤسسات العسكرية، أو المجتمعات العلمية، أو بعض الفصائل السياسية داخل الدولة باتجاه تطوير البرامج النووية، سواء لتعزيز مكانتها البيروقراطية، أو للحصول على تمويل أكبر، أو لتحسين صورتها الوطنية. وقد يسعى الزعماء السياسيون إلى امتلاك قدرات نووية كوسيلة لتأمين دعم داخلي، أو لصرف الانتباه عن الأزمات الداخلية، أو لتثبيت سلطتهم في مواجهة المعارضة.

وتُضيف هذه الدوافع غير الأمنية تعقيدًا كبيرًا أمام جهود عدم الانتشار. فالاستراتيجيات التي تركز فقط على معالجة التهديدات الأمنية- من خلال الردع أو الضمانات الأمنية- قد لا تكون كافية، إن كانت الدول مدفوعة أيضًا بطموحات مرتبطة بالهيبة والمكانة أو بحسابات داخلية. ويُبرز طموح تركيا لتحقيق «الاستقلال الاستراتيجي» أو تطلُّعها للقيادة الإقليمية كيف يمكن لهذه العوامل أن تتداخل مع الاعتبارات الأمنية التقليدية. وقد تتطلب مقاربات أكثر فاعلية لكبح جماح الانتشار النووي معالجة هذه الأبعاد الأوسع، من خلال مبادرات دبلوماسية بديلة، كأطر التعاون الإقليمي، أو الحوافز الاقتصادية المرتبطة بالالتزام بعدم الانتشار، أو برامج تهدف إلى بناء مكانة دولية بديلة من دون سلاح نووي.

**ثالثًا: الحصول على التكنولوجيا والدعم الخارجي**

يتأثر مدى إمكانية حصول الدول على قدرات نووية بشكل كبير بإمكانية الوصول إلى التكنولوجيا والمواد الحيوية والخبرة الفنية، والتي غالبًا ما تُستورد من الخارج.

وتُوفر برامج الطاقة النووية المدنية- رغم كونها حقًا منصوصًا عليه في معاهدة عدم الانتشار- بوابة مزدوجة الاستخدام، تُمكّن الدول من امتلاك البنية التحتية والتكنولوجيا والمعرفة العلمية التي تُسهّل لاحقًا عملية التحوُّل نحو التسليح النووي. ويشمل ذلك الخبرة في تشغيل المفاعلات، والتعامل مع الوقود النووي، وربما لاحقًا امتلاك تقنيات التخصيب أو إعادة المعالجة. وقد لجأت عدة دول- كانت لديها أو لا تزال لديها طموحات نووية- إلى هذا المسار.

ويُعدّ الوصول إلى التكنولوجيا النووية والمواد الأساسية من الدول المورّدة عاملًا حاسمًا بالنسبة للدول النامية التي تسعى لتأسيس برامج نووية. وتُعد روسيا والصين اليوم من أبرز المورّدين لمفاعلات نووية إلى دول في الشرق الأوسط، مثل إيران وتركيا ومصر، وربما لاحقًا السعودية. كما تُعد الولايات المتحدة مورّدًا محتمَلًا، خاصةً بالنسبة للسعودية، لكنها تفرض عادةً شروطًا أكثر صرامة فيما يتعلق بعدم الانتشار من خلال ما يُعرف باتفاقيات "123". ويُشكّل مدى استعداد المورّدين لتسليم تقنيات حسّاسة، مثل التخصيب وإعادة المعالجة، عنصرًا أساسيًا في تحديد مستوى مخاطر الانتشار.

وتهدف الأطر الدولية لمراقبة الصادرات، مثل "مجموعة موردي المواد النووية"، إلى تنظيم نقل المعدات والمواد النووية ذات الاستخدام المزدوج، منعًا لتحويلها إلى برامج تسلُّح. إلا أن فعالية هذه الأطر تعتمد على التطبيق المتسق من قِبل جميع الأعضاء، وهو ما قد يتأثر أحيانًا باعتبارات تجارية أو سياسية متضاربة. كما أن الدول المصمّمة على الحصول على قدرات نووية قد تسعى للالتفاف على هذه القيود عبر شبكات مشتريات غير مشروعة، تشمل دولًا غير أعضاء في المجموعة (مثل كوريا الشمالية تاريخيًا)، أو عبر ثغرات في الأنظمة الوطنية لمراقبة الصادرات.

وقد يُمثّل تطوير الصواريخ الباليستية- غالبًا تحت ذريعة برامج إطلاق الأقمار الصناعية- وسيلة فعّالة لبعض الدول لبناء قدرات لإيصال الرؤوس النووية مستقبلًا. ويُعدّ البرنامج الصاروخي الإيراني مثالًا على ذلك، إذ استفاد من تقنيات يمكن توظيفها لأغراض مدنية وعسكرية على حد سواء.

وتُجسد هذه المعادلة ما يُعرف بـ "معضلة الاستخدام المزدوج"، التي تُعد جوهر التحدي في التعاون النووي الدولي. فبينما تضمن معاهدة عدم الانتشار حق الدول في تطوير برامج نووية سلمية، غالبًا بدعم من الشركاء الدوليين، فإن هذا التعاون قد يسهم- عن غير قصد- في نشر الخبرات والتكنولوجيا ذات الصلة بتطوير الأسلحة. ويواجه الموردون النوويون تحديًا دائمًا في الموازنة بين الترويج للطاقة النووية لأسباب تجارية أو استراتيجية، وبين الالتزام بمبادئ عدم الانتشار. وعلى الرغم من وجود اتفاقيات رقابة مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية، أو اتفاقيات ثنائية مثل "123"، فإن هذه الأدوات ليست محصّنة من التحايل، خصوصًا في وجه دول لديها نوايا خفية. كما أن اختلاف مستويات الصرامة بين الدول المورّدة (مثل الولايات المتحدة مقابل روسيا أو الصين) يفتح الباب أمام بعض الدول للحصول على قدرات حساسة بشروط أقل صرامة.

## هل نحن مستعدون؟

إن تقييم مدى جاهزية دول الشرق الأوسط للتعامل مع تداعيات صراع نووي محتمل يكشف عن فجوة صارخة ومقلقة بين حجم الكارثة الممكنة والقدرات المتوفرة للاستجابة لها. ورغم أن بعض الدول تمتلك أطرًا وطنية للطوارئ، إلا أن هذه الأطر تتركز غالبًا على الكوارث التقليدية، والحوادث الصناعية، أو الحوادث الإشعاعية الصغيرة، وليس على التحديات الفريدة والمروعة التي قد تنجم عن حرب نووية.

لا توجد أدلة كافية على وجود بنية تحتية واسعة وقوية للدفاع المدني مخصَّصة للتعامل مع هجوم نووي (مثل الملاجئ المجهزة ضد الانفجارات والإشعاع لعدد كبير من السكان، أو أنظمة إنذار مبكر موثوقة) في معظم أنحاء المنطقة. وقد نفذت إسرائيل تدريبات دفاع مدني واسعة النطاق تحاكي هجمات صاروخية34، ويُعتقد أنها تملك البنية الأكثر تطورًا، غير أن مدى كفاءتها في مواجهة عدة تفجيرات نووية يظل موضع شك. أما المعلومات المتاحة حول أنظمة مماثلة في إيران أو السعودية أو دول رئيسية أخرى كالأردن ومصر فهي

محدودة، ما يشير إلى أن الجاهزية إما غير كافية أو معدومة في مواجهة سيناريو نووي. وتُركّز الخطط الوطنية في مصر، على سبيل المثال، على الكوارث الطبيعية والمخاطر التقليدية، وتقتصر استعداداتها الإشعاعية على سيناريوهات محدودة، مثل حوادث نقل المواد النووية (كمرورها عبر قناة السويس)، وليس انتشار التلوث الإشعاعي على نطاق واسع بفعل انفجارات.[35]

كما لا تتوفر مؤشرات كافية على وجود حملات توعية عامة واسعة النطاق أو برامج تعليمية تُرشد المواطنين حول كيفية التصرف أثناء وبعد الهجوم النووي في معظم دول الشرق الأوسط. وبينما تنظم جهات دولية مثل الوكالة الدولية للطاقة الذرية ورش عمل حول القانون النووي، والسلامة، والأمن، والاستعداد للطوارئ، تستهدف هذه البرامج غالبًا المسؤولين والخبراء فقط، ولا ترقى إلى حملات توعوية جماهيرية فعّالة.[36] وتوجد بعض المبادرات الوطنية، مثل إشراك الشباب الإماراتي في برامج التوعية النووية، أو تدريب السعودية للمستجيبين الأوائل على الطوارئ الإشعاعية، لكنها لا تُعوّض عن الغياب الواضح للتثقيف الجماهيري اللازم للتصدي لسيناريو أزمة نووية شاملة.

تمتلك معظم الدول خططًا وطنية للطوارئ، غالبًا ما طُوّرت بعد تجارب مع كوارث طبيعية كالزلازل. غير أن هذه الخطط- والتي صُممت في الأساس للتعامل مع حوادث إشعاعية محدودة، كتلك المتعلقة بمحطات الطاقة أو النقل- لا تصلح مطلقًا لمواجهة تداعيات حرب نووية. فالتحديات الناتجة عن مثل هذا السيناريو، كتعدد الإصابات الذي يتجاوز قدرة المنظومات الصحية، والدمار الواسع للبنية التحتية، وانتشار التلوث الإشعاعي الذي يعوق عمليات الإنقاذ والعلاج، وانهيار أنظمة القيادة والسيطرة، كلها ستجعل من هذه الخطط عاجزة منذ اللحظة الأولى. كما أن القدرات الطبية الاستيعابية، واللوجستيات الخاصة بنقل الإمدادات والأفراد عبر مناطق ملوثة، والمعدات المتخصصة لرصد الإشعاع والتطهير، كلها تبدو محدودة بشدة في غالبية دول المنطقة.

لا توجد مؤشرات على وجود خطط منسقة لتخزين وتوزيع الموارد الأساسية- مثل الغذاء، والمياه النظيفة، والإمدادات الطبية- في بيئة ما بعد كارثة نووية، حيث سيتعذر تشغيل سلاسل التوريد، وقد تنهار الزراعة بفعل التلوث أو التغير المناخي الناتج عن الحرب.

**جدول(2): مقارنة إقليمية حول مستوى الجاهزية النووية**

| الخاصية | إسرائيل | إيران | السعودية | حلفاء خليجيون |
|---|---|---|---|---|
| **الجهة المسؤولة عن الدفاع المدني** | قيادة الجبهة الداخلية/ هيئة الطوارئ الوطنية | منظمة إدارة الكوارث الوطنية/ منظمة الدفاع السلبي | المديرية العامة للدفاع المدني/ مجلس المخاطر الوطنية | الهيئة الوطنية لإدارة الطوارئ والأزمات والكوارث (الإمارات) |
| **البنية التحتية للملاجئ** | إلزامية/ واسعة الانتشار (مثل الملاجئ المنزلية "مَمَد") | محدودة/ غير معروفة (تركّز على البنية التحتية الحساسة) | محدودة/ قيد التطوير | محدودة/ قيد التطوير |
| **أنظمة الإنذار العام** | متقدمة (محلية، متعددة القنوات) | أساسية/ غير معروفة | قيد التطوير (بإشراف الدفاع المدني) | قيد التطوير |
| **الاستعداد النووي/الكيميائي/ البيولوجي** | مرتفع (قيادة الجبهة الداخلية، الصحة، الطوارئ، التركيز على الصمود) | متوسط/منخفض (غموض، فجوات في المستشفيات) | متوسط (قيد التطوير؛ مجلس المخاطر، المستشفيات، التنسيق) | متوسط (قيد التطوير؛ اعتماد على خطط وطنية) |
| **نقاط القوة** | نظام متكامل، صمود مجتمعي، تكنولوجيا متقدمة، خبرة | تركيز على القدرات الصاروخية الهجومية/ الطائرات المسيّرة، أمن النظام | قدرات تمويلية، شراكة أمريكية، تحديث المنظومة | قدرات تمويلية، شراكة أمريكية، بنية تحتية حديثة |
| **نقاط الضعف** | تكلفة عالية للأنظمة المتقدمة، احتمال الإفراط في الاعتماد على التكنولوجيا | ضعف الدفاع الجوي، جاهزية مدنية، غياب الشفافية | فجوات في الاستعداد النووي/ الكيميائي/البيولوجي، مشاكل في التنسيق العملياتي، اعتماد على أنظمة أجنبية | اعتماد على الأنظمة الأجنبية، فجوات محتملة في التنسيق داخل مجلس التعاون الخليجي |

تُوحي الأطر الحالية للاستعداد الإقليمي بأنها ربما تكون ملائمة للتعامل مع بعض الحوادث التقليدية أو الإشعاعية المحدودة، إلا أنها تُشكل وهمًا خطيرًا حين يتعلق الأمر بجاهزية مواجهة حرب نووية. فهي غير مؤهلة جوهريًا للتعامل مع التحديات الفريدة والمتعددة والمتزامنة التي ستُطلقها الانفجارات النووية - من خسائر بشرية هائلة، ودمار شامل، وتلوث إشعاعي واسع، وانهيار للبنية التحتية، وتفكك للنسيج المجتمعي، إلى كارثة بيئية طويلة الأمد. كما أن التركيز على الكوارث المحدودة يُغذّي شعورًا زائفًا بالأمان، في وقت يُمثل فيه التهديد النووي واقعًا مختلفًا تمامًا.

**ختامًا،** هناك عدة مسارات محتملة يمكن أن تُصعّد التوترات الحالية إلى صراع نووي، منها: اشتباك تقليدي بين إسرائيل وإيران يتطور ويخرج عن السيطرة؛ أو ضربة استباقية إسرائيلية تستهدف المنشآت النووية الإيرانية؛ أو قرار إيراني بتسريع امتلاك القدرة النووية، ما يدفع إلى ردٍّ إقليمي؛ أو تصاعد حرب بالوكالة تشمل فاعلين غير دول؛ أو «حرب تحفيزية» تبدأها جهة ثالثة لدفع إيران وإسرائيل إلى التصادم؛ ناهيك عن السيناريو الأخطر، وهو استخدام محدود لسلاح نووي يتطور سريعًا إلى تبادل نووي شامل في الشرق الأوسط.

## المـــراجع


1. Detsch, Jack, and Robbie Gramer. "Russia's Nuclear Weapons Are Now in Belarus." Foreign Policy, March 14, 2024. https://foreignpolicy.com/2024/03/14/russia-nuclear-weapons-belarus-putin/.
2. Smith, Noah. "Japan, S Korea and Poland Need Nuclear Weapons, Now." Asia Times, February 20, 2025. https://asiatimes.com/2025/02/japan-s-korea-and-poland-need-nuclear-weapons-now/#.
3. Sweeney, Mike. "Reconsidering U.S. Nuclear Weapons in Europe." Defense Priorities, September 14, 2020. Accessed April 21, 2025. https://www.defensepriorities.org/reports/reconsidering-us-nuclear-weapons-in-europe/.
4. APStaff. "Poland's President Calls on US to Place Nuclear Weapons in His Country." Defense News, March 13, 2025. https://www.defensenews.com/global/europe/2025/03/13/polands-president-calls-on-us-to-place-nuclear-weapons-in-poland/
5. Garlauskas, Markus. "Proactively Countering North Korea's Advancing Nuclear Threats." Atlantic Council. Atlantic Council, December 2021. Accessed April 21, 2025. https://www.atlanticcouncil.org/wp-content/uploads/2021/12/COUNTERING-NORTH-KOREA-4.pdf.
6. Bachner, Michael, and Tol Staff. "Far-right Minister Says Nuking Gaza an Option, PM Suspends Him from Cabinet Meetings." Times of Israel. November 5, 2023. https://www.timesofisrael.com/far-right-minister-says-nuking-gaza-an-option-pm-suspends-him-from-cabinet-meetings/.
7. Yurchenko, Volodymyr, 2024. "Confrontation between the USA and the USSR in the Middle East: geopolitical aspect", Foreign Affairs: 43-50. https://doi.org/10.46493/2663-2675.34(1).2024.43
8. Sarhan, Atallah S. Al, 2017. "United states foreign policy and the middle east", Open Journal of Political Science (04), 07:454-472. https://doi.org/10.4236/ojps.2017.74036
9. Evron, Yoram, 2015. "China's diplomatic initiatives in the Middle East: the quest for a great-power role in the region", International Relations (2), 31:125-144. https://doi.org/10.1177/0047117815619664
10. Bachner, Michael, and Tol Staff. "Far-right Minister Says Nuking Gaza an Option, PM Suspends Him from Cabinet Meetings." Times of Israel. November 5, 2023. https://www.timesofisrael.com/far-right-minister-says-nuking-gaza-an-option-pm-suspends-him-from-cabinet-meetings/.
11. Nicolas Camut, "Israel Minister Suspended after Calling Nuking Gaza an Option," POLITICO, November 5, 2023, https://www.politico.eu/article/israel-minister-amichai-eliyahu-suspend-benjamin-netanyahu-nuclear-bomb-gaza-hamas-war/.
12. Doreen Horschig, "The Israel-Hamas Conflict: Implications for Nuclear Security in the Region" (Centre for Strategic and International Studies, November 21, 2024), accessed February 8, 2025, https://www.csis.org/analysis/israel-hamas-conflict-implications-nuclear-security-region.
13. Patricia Lewis, "World Leaders Must Curb Nuclear Proliferation in the Middle East and Beyond," Chatham House – International Affairs Think Tank, May 3, 2024, https://www.chathamhouse.org/2024/05/world-leaders-must-curb-nuclear-proliferation-middle-east-and-beyond.
14. "Role of Nuclear Weapons Grows as Geopolitical Relations Deteriorate." SIPRI. SIPRI, June 17, 2024. Accessed April 21, 2025. https://www.sipri.org/media/press-release/2024/role-nuclear-weapons-grows-geopolitical-relations-deteriorate-new-sipri-yearbook-out-now.
15. Hans M. Kristensen and Matt Korda, "Nuclear Notebook: Israeli Nuclear Weapons, 2022 - Bulletin of the Atomic Scientists," Bulletin of the Atomic Scientists, February 12, 2022, accessed December 8, 2024, https://thebulletin.org/premium/2022-01/nuclear-notebook-israeli-nuclear-weapons-2022/
16. William Burr, Richard Lawless, and Henry Sokolski, "Why the U.S. Should Start Telling the Whole Truth about Israeli Nukes," The Washington Post, February 20, 2024, https://www.washingtonpost.com/opinions/2024/02/19/israel-nuclear-weapons/
17. Nuclear Energy in the Middle East? Regional Security Cooperation Needed - Belfer Center, accessed February 7, 2025, https://www.belfercenter.org/publication/nuclear-energy-middle-east-regional-security-cooperation-needed
18. SIPRI. "Role of Nuclear Weapons Grows as Geopolitical Relations Deteriorate," June 17, 2024. Accessed April 21, 2025. https://www.sipri.org/media/press-release/2024/role-nuclear-weapons-grows-geopolitical-relations-deteriorate-new-sipri-yearbook-out-now.

19. Albright, David, Sarah Burkhard, and Spencer Faragasso. "Analysis of IAEA Iran Verification and Monitoring Report — February 2025." Institute for Science and International Security, March 3, 2025. Accessed April 21, 2025. https://isis-online.org/isis-reports/detail/analysis-of-iaea-iran-verification-and-monitoring-report-february-2025/.

20. Carl, Nicholas, Kelly Campa, Andie Parry, Ria Reddy, Carolyn Moorman, Katherine Wells, Annika Ganzeveld, Siddhant Kishore, Ben Rezaei, and Alexandra Braverman. "Iran Updates." Institute for the Study of War. Institute for the Study of War, October 8, 2024. Accessed February 8, 2025. https://www.understandingwar.org/backgrounder/iran-update-october-8-2024

21. Jonathan Landay and Phil Stewart, "US Still Believes Iran Has Not Decided to Build a Nuclear Weapon, US Officials Say," Reuters, October 11, 2024, https://www.reuters.com/world/us-still-believes-iran-has-not-decided-build-nuclear-weapon-us-officials-say-2024-10-11/.

22. 22 Borger, Julian. "Crown Prince Confirms Saudi Arabia Will Seek Nuclear Arsenal if Iran Develops One," The Guardian, September 22, 2023, https://www.theguardian.com/world/2023/sep/21/crown-prince-confirms-saudi-arabia-seek-nuclear-arsenal-iran-develops-one

23. Borger, Julian. "Saudi Arabia's First Nuclear Reactor Nearly Finished, Sparking Fears over Safeguards," The Guardian, April 4, 2019, https://www.theguardian.com/world/2019/apr/04/saudi-arabias-first-nuclear-reactor-nearly-finished-sparking-fears-over-safeguards

24. Warren P. Strobel, Michael R. Gorden, and Felicia Schwartz, "Saudi Arabia, With China's Help, Expands Its Nuclear Program," The Wall Street Journal, August 4, 2020, https://www.wsj.com/articles/saudi-arabia-with-chinas-help-expands-its-nuclear-program-11596575671

25. Vivian Yee, "U.A.E. Becomes First Arab Nation to Open a Nuclear Power Plant," The New York Times, June 21, 2021, https://www.nytimes.com/2020/08/01/world/middleeast/uae-nuclear-Barakah.html

26. Gaby Tejeda, "The Potential for a Dangerous Arms Race in the Middle East," The Soufan Center, October 10, 2024, accessed January 8, 2025, https://thesoufancenter.org/intelbrief-2024-october-10/

27. Horschig, Doreen. "Israel – Iran: The Nuclear Factor." iMEdD Lab, February 25, 2025. Accessed April 21, 2025. https://lab.imedd.org/en/israel-iran-the-nuclear-factor/.

28. Reich, Julian. "The Nuclear Kingdom: Assessing Saudi Arabia's Nuclear Behavior." Georgetown Security Studies Review, December 18, 2024. Accessed April 21, 2025. https://georgetownsecuritystudiesreview.org/2024/12/18/the-nuclear-kingdom-accessing-saudi-arabias-nuclear-behavior/.

29. Al-Sayed, Sara. "Four Key Obstacles for the Zone and Efforts to Overcome Them." Middle East Treaty Organization. Accessed April 21, 2025. https://www.wmd-free.me/meto-student-journal/metosj01/msj01-09/.

30. Einhorn, Robert. "Nuclear Energy and Proliferation in the Middle East." The James Martin Center for Nonproliferation Studies. The James Martin Center for Nonproliferation Studies, May 2018. Accessed April 21, 2025. https://www.nonproliferation.org/wp-content/uploads/2018/07/180711-us-israel-nonproliferation-dialogue-robert-einhorn.pdf.

31. Zangiabadi, Younes. "Trump 2.0 and Iran: Nuclear Escalation, Geopolitical Risks and Diplomatic Possibilities". The Institute for Peace and Diplomacy, March 10, 2025. Accessed April 21, 2025. https://peacediplomacy.org/2025/03/10/trump-2-0-and-iran-nuclear-escalation-geopolitical-risks-and-diplomatic-possibilities/.

32. Wahdat-Hagh, Wahied. "Khamenei Confirms: A Nuclear Breakout Is a Purely Political, Not Religious, Decision." Middle East Forum. Middle East Forum, March 24, 2025. Accessed April 21, 2025. https://www.meforum.org/mef-observer/khamenei-confirms-a-nuclear-breakout-is-a-purely-political-not-religious-decision.

33. Ciddi, Sinan, and Andrea Stricker. "FAQ: Is Turkey the Next Nuclear Proliferant State?" Foundation for Defense of Democracies, February 5, 2025. Accessed April 21, 2025. https://www.fdd.org/in_the_news/2025/02/05/faq-is-turkey-the-next-nuclear-proliferant-state/.

34. Phillips, James. "An Israeli Preventive Attack on Iran's Nuclear Sites: Implications for the U.S." The Heritage Foundation. The Heritage Foundation, January 15, 2010. Accessed April 21, 2025. https://www.heritage.org/middle-east/report/israeli-preventive-attack-irans-nuclear-sites-implications-the-us.

35. National Report and Information on Disaster Reduction, accessed April 17, 2025, https://www.unisdr.org/2005/mdgs-drr/national-reports/Egypt-report.pdf

36. Troubat, Alix. "Nuclear Law Workshop for Middle East: Raising Awareness about Nuclear Law in the Middle East." International Atomic Energy Agency, February 14, 2025. Accessed April 21, 2025. https://www.iaea.org/newscenter/news/nuclear-law-workshop-for-middle-east-raising-awareness-about-nuclear-law-in-the-middle-east.

هذا الإصدار مجاني وغير مخصص للبيع أو التوزيع. ويُحظر بيعه أو توزيعه داخل أو خارج مصر، بدون تصريح كتابي من مركز الحبتور للأبحاث. ويحتفظ مركز الحبتور للأبحاث بجميع حقوق الملكية الفكرية للمحتوى.

www.habtoorresearch.com