



تحليل البيانات الضخمة في إدارة الكوارث

محمد يوسف المفتاح

باحث ماجستير، برنامج ماجستير الدراسات الأمنية، كلية الدراسات العليا، أكاديمية الشرطة، قطر

البريد الإلكتروني: Mohd.note2@gmail.com

المخلص

يتناول هذا البحث دور تحليل البيانات الضخمة في إدارة الكوارث والأزمات، في ظل تزايد وتيرة الكوارث الطبيعية والأزمات الإنسانية وشدها، وقصور الممارسات التقليدية القائمة على الاستجابة اللاحقة ورد الفعل المتأخر. وتتمحور إشكالية البحث حول مدى قدرة تحليلات البيانات الضخمة والتقنيات التنبؤية على إحداث تحول جذري في فعالية منظومة إدارة الأزمات نحو النمذجة الاستباقية، وأبرز التحديات والممارسات التطبيقية التي تحكم مسار هذا التحول. واعتمد البحث على أحدث الدراسات الميدانية والتجارب العالمية، وجاء في ثلاثة مباحث: تناول الأول مفهوم البيانات الضخمة ودور التحليلات التنبؤية في التنبؤ بالكوارث، وتناول الثاني طرق جمع البيانات الضخمة من مصادرها المتعددة كالهواتف المحمولة وصور الأقمار الصناعية وإنترنت الأشياء والتعهد الجماعي وما يرافقها من تحديات تقنية وأخلاقية، فيما تناول الثالث دور البيانات الضخمة في تحسين التخطيط والتنسيق أثناء الأزمات، مع مقارنة بين الأنظمة التقليدية والحديثة، واستعراض تجارب ناجحة مثل زلزال هايتي وإعصار هارفي وفيضانات باكستان، واستشراف الاتجاهات المستقبلية. وتوصل البحث إلى أن البيانات غير المنظمة تمثل أكثر من 80% من بيانات الأزمات، مما يجعل تقنيات التعلم العميق ومعالجة اللغة الطبيعية أدوات حتمية لاستخراج قيمتها، وأن منصات التواصل الاجتماعي تعمل بوصفها مستشعرات بشرية فعالة لتقييم الأثر السريع ورصد احتياجات الجمهور، وأن النماذج التنبؤية قادرة على توقع غرق الطرق وانقطاع الوصول إلى المستشفيات قبل وقوعه بما بين 4 و24 ساعة، في حين تمثل الخصوصية وأمن البيانات ونقص الكوادر المؤهلة أبرز التحديات. وأوصى البحث بضرورة بناء منصات حوسبة عالية الأداء، ووضع سياسات واضحة لحماية خصوصية المتضررين، وتفعيل مبادرات البيانات المفتوحة ومنصات تبادل البيانات الإنسانية لمنع تدخل الجهود، ودرم فجوة المهارات عبر برامج تدريبية متخصصة، والاعتماد على الأنظمة الهجينة التي تجمع بين سرعة الآلة وخبرة الإنسان في التحقق من المعلومات وتفسيرها.

الكلمات المفتاحية: البيانات الضخمة، إدارة الكوارث، إدارة الأزمات، التحليلات التنبؤية، المرونة الذكية، الذكاء الاصطناعي.



Big Data Analytics in Disaster Management

Mohammed Yousef Al-Muftah

Master's Researcher, Security Studies Program, College of Graduate Studies, Police Academy, Qatar

Email: Mohd.note2@gmail.com

ABSTRACT

This study examines the role of big data analytics in disaster and crisis management, in light of the growing frequency and severity of natural disasters and humanitarian crises and the limitations of traditional, reactive response practices. The research problem addresses the extent to which big data analytics and predictive technologies can fundamentally transform the effectiveness of crisis management toward proactive modeling, and the main challenges and applied practices that govern this transformation. Drawing on recent field studies and international experiences, the study is organized into three sections. The first addresses the concept of big data and the role of predictive analytics in forecasting disasters. The second discusses methods of collecting big data from sources such as mobile phones, satellite imagery, the Internet of Things and crowdsourcing, along with the associated technical and ethical challenges. The third explores the role of big data in improving planning and coordination during crises, compares traditional and modern systems, reviews successful cases such as the Haiti earthquake, Hurricane Harvey and the Pakistan floods, and outlines future trends. The study found that unstructured data account for more than 80% of crisis data, making deep learning and natural language processing indispensable; that social media platforms act as effective human sensors for rapid impact assessment; and that predictive models can anticipate road flooding and loss of access to hospitals 4 to 24 hours in advance, while privacy, data security and the shortage of qualified personnel remain the main challenges. The study recommends building high-performance computing platforms, adopting clear policies to protect the privacy of affected people, activating open and humanitarian data-sharing initiatives, bridging the skills gap through specialized training, and relying on hybrid systems that combine machine speed with human expertise.

Keywords: Big Data, Disaster Management, Crisis Management, Predictive Analytics, Smart Resilience, Artificial Intelligence.



المقدمة:

تمثل الكوارث الطبيعية والأزمات الإنسانية المعاصرة تحدياً وجدياً متزايداً يواجه المجتمعات الحديثة، حيث تشير الإحصاءات الدولية إلى أن وتيرة هذه الأحداث وشدها شهدت تصاعداً مستمراً بفعل التغيرات المناخية والتحول الجيوسياسي وانتشار الأوبئة، وقد ترتب على ذلك خسائر بشرية واقتصادية ضخمة تجاوزت تريليونات الدولارات، وفي ظل هذا الواقع المعقد برزت محدودية الممارسات التقليدية في إدارة الكوارث التي تركز على الاستجابة اللاحقة ورد الفعل المتأخر، إذ لم تعد قادرة على احتواء تداعيات الأزمات أو الحد من مخاطرها قبل وقوعها بشكل فعال، مما يكشف فجوة واضحة في آليات التعامل مع الأحداث الطارئة ويؤكد الحاجة إلى مقاربات أكثر استباقية ومرونة،

وفي ظل الثورة الرقمية الراهنة برزت البيانات الضخمة والتحليلات التنبؤية بوصفها قوة تحويلية استراتيجية أعادت تشكيل منظومة إدارة الأزمات، حيث تم الانتقال من النمط التقليدي الجامد إلى نموذج المرونة الذكية Smart Resilience القائم على الاستجابة الاستباقية، كما أن القدرة العالية على دمج ومعالجة تدفقات ضخمة من البيانات غير المتجانسة التي تشمل قنوات التواصل الاجتماعي وصور الأقمار الصناعية ومستشعرات البنية التحتية وبيانات التنقل والمعاملات الرقمية أسهمت في بناء مستوى متقدم من الوعي الظرفي لدى صناعات القرار، وهو وعي يتيح قراءة المشهد قبل اكتمال تشكله وتوقع مسارات الأزمة بدرجات أعلى من الدقة والوضوح.

ويهدف هذا البحث إلى تقديم رؤية شمولية ومعالجة تحليلية لدور البيانات الضخمة في إدارة الأزمات بالاعتماد على أحدث الدراسات الميدانية والتجارب العالمية، حيث يبدأ بتأصيل مفهوم البيانات الضخمة وتطبيقاتها في السياق الإنساني وما يرتبط بها من تحولات في أساليب التعامل مع المعلومات، ثم ينتقل إلى مناقشة المحرك الأساسي لهذه المنظومة والمتمثل في التحليلات التنبؤية ودورها في استشعار الكوارث قبل وقوعها، كما يتناول آليات جمع البيانات من مصادر متعددة ومتنوعة وما يصاحب ذلك من تعقيدات في الدمج والمعالجة، مع تسليط الضوء على التحديات التقنية والأخلاقية والإدارية التي تحيط بهذا المجال وخاصة ما يتعلق بقضايا الخصوصية والأمن وحوكمة البيانات بما يضمن الاستخدام المسؤول والفعال لهذه التقنيات في سياق إدارة الأزمات.

و يتناول البحث الدور الحيوي لهذه التقنيات في تحسين التخطيط والتنسيق الميداني بين المنظمات الإغاثية، مع إجراء مقارنة منهجية بين الأنظمة التقليدية والحديثة لمعالجة البيانات، حيث يتم إبراز الفجوة بين أساليب المعالجة التقليدية المحدودة والأنظمة الحديثة الأكثر مرونة وقدرة على التعامل مع تدفقات البيانات الضخمة، وإضافة البعد التطبيقي يستعرض البحث أمثلة ناجحة لتوظيف البيانات الضخمة في كوارث حقيقية مثل زلزال هايتي وإعصار هارفي وفيضانات باكستان، وما ترتب على ذلك من تحسين في سرعة الاستجابة ودقة توجيه الموارد، ثم يمتد التحليل إلى استشراف الاتجاهات المستقبلية التي ستشكل ملامح الجيل القادم من الاستجابة الرقمية للأزمات بما يسهم في بناء مجتمعات أكثر قدرة على الصمود في مواجهة المتغيرات المتسارعة.

وتتبلور إشكالية البحث في التساؤل الجوهرية التالي: إلى أي مدى يمكن لتحليلات البيانات الضخمة والتقنيات التنبؤية أن تحدث تحولاً جذرياً في فعالية منظومة إدارة الأزمات والتحول نحو النمذجة الاستباقية، وما هي أبرز التحديات والممارسات التطبيقية التي تحكم مسار هذا التحول في سياق الكوارث المعاصرة؟

أهمية البحث:

- تقديم إطار عمل استرشادي لصناع القرار والمنظمات الإغاثية للانتقال من نموذج الاستجابة التقليدي (رد الفعل) إلى التخطيط الاستباقي المبني على الأدلة الرقمية.
- تسليط الضوء على دور التقنيات الحديثة في تقليل الخسائر البشرية (إنقاذ الأرواح) والحد من التكاليف الاقتصادية الباهظة الناتجة عن الكوارث من خلال التنبؤ المبكر وتخصيص الموارد بكفاءة.
- معالجة الفجوة المتعلقة بتحديات الخصوصية والأمن وحوكمة البيانات، مما يساهم في وضع سياسات تضمن الاستخدام المسؤول للتكنولوجيا في الأزمات.



أهداف البحث:

- تحديد مفهوم "بيانات الأزمات الضخمة" وخصائصها الجوهرية (الحجم، التنوع، السرعة، القيمة، المصادقية).
- تحليل دور التحليلات التنبؤية والذكاء الاصطناعي في استشعار الكوارث وتوقع مساراتها قبل وقوعها.
- استعراض القنوات المتعددة لجمع البيانات الضخمة (الهواتف، الأقمار الصناعية، التعهيد الجماعي، إنترنت الأشياء).
- المقارنة بين كفاءة الأنظمة التقليدية والأنظمة الحديثة القائمة على الذكاء الاصطناعي في معالجة البيانات، وكذلك المقارنة بين مراحل دورة حياة الأزمة المختلفة.

دراسات سابقة:

1. دراسة (Qadir et al., 2016)

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل دور البيانات الضخمة في تحسين الاستجابة للأزمات والكوارث من خلال ما يعرف بتحليلات الأزمات (Crisis Analytics). وأوضحت أن استخدام مصادر بيانات متعددة مثل وسائل التواصل الاجتماعي وبيانات الهواتف المحمولة يساهم في توفير معلومات آنية تساعد في فهم طبيعة الكارثة واتخاذ قرارات سريعة وفعالة. كما بينت الدراسة أن التحليلات التنبؤية تمكن من التنبؤ بالأزمات قبل وقوعها وتقليل أثارها، مما يعزز كفاءة إدارة الكوارث في مختلف مراحلها، خاصة مرحلة الاستعداد والاستجابة.

2. دراسة (Duc & Ha, 2024)

هدفت هذه الدراسة إلى توضيح تكامل البيانات الضخمة مع تقنيات التحليلات التنبؤية من أجل تعزيز الاستعداد للكوارث وتحسين الاستجابة للطوارئ وتخصيص الموارد بكفاءة. اعتمدت الدراسة على دمج مصادر بيانات متعددة، مثل بيانات الطقس، ونظم المعلومات الجغرافية، وصور الأقمار الصناعية، وبيانات وسائل التواصل الاجتماعي، والبيانات السكانية، بهدف بناء نماذج تنبؤية دقيقة. كما استخدمت أساليب إحصائية وتقنيات التعلم الآلي والتعلم العميق للتنبؤ باحتمالية وقوع الكوارث وشدها، وتقدير عدد المتضررين، وتحديد الموارد اللازمة وآليات توزيعها الأمثل. وأظهرت نتائج الدراسة أن التحليلات شبه الفورية للبيانات تساهم في تحسين التنسيق أثناء الاستجابة للكوارث، وتعزز من كفاءة التخطيط المسبق وإدارة الموارد، مما يؤدي إلى تقليل الخسائر البشرية والمادية وتحقيق استجابة أكثر فاعلية واستباقية.

3. دراسة (البكري والدليمي، 2025):

هدفت هذه الدراسة إلى إبراز أهمية التنبؤ المبكر بالأزمات المالية باستخدام نماذج التحليل المتقدمة، في ظل التعقيد المتزايد للأسواق المالية. وأوضحت أن النماذج التقليدية لم تعد كافية للتنبؤ بالأزمات، مما استدعى الاعتماد على تقنيات حديثة مثل نماذج الإنذار المبكر، والتعلم الآلي، وتحليل البيانات الضخمة، إلى جانب النماذج الهجينة. كما تناولت الدراسة مقارنة بين هذه النماذج من حيث الكفاءة والدقة في التنبؤ، حيث أظهرت النتائج أن النماذج المعتمدة على البيانات الضخمة والتعلم الآلي أكثر قدرة على تقديم إشارات مبكرة وموثوقة للأزمات. كما توصلت الدراسة إلى أن دمج مصادر بيانات متعددة، خاصة البيانات غير التقليدية مثل الأخبار ووسائل التواصل الاجتماعي، يساهم في تحسين دقة التنبؤ، حيث توفر هذه البيانات رؤى أعمق حول سلوك الأسواق والاتجاهات الخفية التي قد لا تظهر في البيانات التقليدية. وأكدت الدراسة أن استخدام هذه التقنيات يعزز من استقرار الأنظمة المالية من خلال دعم متخذي القرار بمعلومات دقيقة وفي الوقت المناسب.



المبحث الأول: مفهوم البيانات الضخمة ودورها في التنبؤ بالكوارث

المطلب الأول: مفهوم البيانات الضخمة في إدارة الأزمات

في عالمنا المعاصر نغرق في بحر من البيانات، إذ تولد كميات هائلة من البيانات العامة يوميًا. ويتزايد هذا الفائض من البيانات بشكل متسارع نتيجة الانتشار السريع للهواتف المحمولة، وتزايد رقمنة جميع جوانب الحياة العصرية بفضل تقنيات مثل إنترنت الأشياء (IoT). وتتعامل شركات كبرى روتينياً مع بيتابايتات من البيانات يوميًا. تشير "البيانات الضخمة" إلى قدرتنا المتنامية على جمع ومعالجة وتحليل كميات هائلة من البيانات غير المهيكلة إلى حد كبير (مثل مستندات Word، ورسائل البريد، وبيانات وسائل التواصل) من مصادر متعددة لاكتشاف رؤى لم تكن متاحة سابقاً. يمكننا تعريف البيانات الضخمة بأنها البيانات التي تتجاوز قدرة معالجة قواعد البيانات التقليدية وتقنيات التحليل. (Qadir et al., 2016)

ومصطلح البيانات الضخمة من المصطلحات الحديثة التي ظهرت كاتجاه حديث في وصف التدفق الهائل للبيانات، فكما هو ملاحظ جميعاً نقوم بإنتاج كم هائل من البيانات الرقمية يوميًا، هذه البيانات التي أنتجتنا من أنشطتنا على الإنترنت ومن مختلف الأجهزة والأدوات التي نتعامل معها يتم تسجيلها وعادة ما يتم تخزينها سحابياً في مختلف التطبيقات والبرامج المتاحة. (الدارودي، 2023، ص 335)

تشير بيانات الأزمات الضخمة، ببساطة، إلى البيانات الضخمة التي تجمع أثناء الأزمات أو حالات الطوارئ الجماعية. وكما هو الحال مع البيانات الضخمة، يمكن تصنيف بيانات الأزمات الضخمة إلى نوعين: بيانات منظمة وبيانات غير منظمة (مع كون الأخيرة هي السائدة)، وقد أشير إلى أن أكبر ثغرة في معلوماتية بيانات الأزمات الضخمة حالياً تكمن في استخلاص المعلومات المنظمة من الكم الهائل من المعلومات غير المنظمة. (Qadir et al., 2016)

وعرفت البيانات الضخمة أيضاً بأنها: "عبارة عن مجموعة من التقنيات المتطلبة أشكلاً جديدة من التكامل للكشف عن القيم المخفية وراء كم هائل من البيانات المتنوعة والمعقدة ذات النطاق الواسع"، وهناك تعريف يشير إلى: "أن مصطلح البيانات الضخمة يشير إلى معالجة البيانات التي مصدرها خطوط متنوعة؛ ليتم بعد ذلك تحويلها إلى معلومات ذات قيمة باستخدام ذكاء العمال وتحليل البيانات". (الهاشمية، 2019، ص 12)

وتعرف أيضاً بأنها "صفات وأرقام مشوشة ومزدحمة وغير مرئية ولا يمكن استخراج أي حكمة منها أو قاعدة قبل أن يتم معالجتها، وبالتالي هي تشكل الصورة الخام للمعلومات قبل عمليات الفرز والترتيب والمعالجة".

وتعرف أيضاً بأنها: "كم هائل من قواعد البيانات يصعب تحليلها عملياً باستخدام أنظمة إدارة قواعد البيانات أو البرامج التقليدية، بينما تتطلب تقنيات متقدمة لالتقاط البيانات وتخزينها وتوزيعها وإدارتها وتحليلها بشكل جيد".

والبيانات الضخمة هي "مصطلح ينطبق على الأجسام الضخمة للبيانات التي تتنوع في طبيعتها سواء أكانت منظمة أو شبه منظمة، بما في ذلك من المصادر الداخلية أو الخارجية للمنظمة، ويتم توليدها بدرجة عالية من السرعة مع نموذج مضطرب، والتي لا تتفق تماماً مع مخازن البيانات التقليدية والمنظمة وتتطلب نظام إيكولوجي قوي ومعقد مع منصة حوسبة عالية الأداء وقدرات تحليلية للالتقاط ومعالجة وتحويل وكشف واستخلاص القيمة والرؤى العميقة في غضون وقت زمني مقبول. (خوان، 2022، ص 527)

وعرفت أيضاً البيانات الضخمة بأنها الركيزة التي تقوم عليها منظمات الأعمال، وتوفر البيانات والتحليلات الضخمة العديد من المزايا، فهي تساعد على خلق أنواع مختلفة من القيم، كما تخلق الشفافية ويمكن تجريب ذلك من خلال اكتشاف الاحتياجات واكتشاف التباين، وتحسين الأداء.

ويمكن تعريفها أيضاً بأنها مجموعات كبيرة للغاية من البيانات غير المنظمة القادمة بأشكال متنوعة، تم جمعها من مصادر مختلفة بمعدل سريع، لدرجة أنه يتجاوز قوة معالجة الخادم التقليدي (أبو هلال، 2023، ص 784)

ولا تقتصر المساعدات الإنسانية والاستجابة للطوارئ على حالات الكوارث الطبيعية فحسب، بل إن العمل الإنساني الرقمي القائم على البيانات يغير وجه المساعدات الإنسانية والتنمية في مجالات متنوعة، منها: (1) أزمات الهجرة/اللاجئين؛ (2) أزمات الأوبئة؛ (3) الكوارث الطبيعية؛ (4) مشاكل السيطرة على الحشود؛ (5) الهجمات الإرهابية؛ (6) الحروب الأهلية؛ (7) العنف العام؛ و(8) حالات الكوارث الأخرى. (Qadir et al., 2016)



فحليلات بيانات الأزمات الكبرى يجمع هذا المجال بين تخصصات علوم الحاسوب، والإحصاء، ومعالجة الإشارات، واستخراج البيانات، والتعلم الآلي، والتقنيات الجغرافية، لاستخلاص رؤى قيمة. ويهدف تحليل بيانات الأزمات الضخمة إلى الاستفادة من تقنيات تحليل البيانات الضخمة والمنصات الرقمية لتحقيق استجابة إنسانية فعالة. وتشمل التطبيقات: علم الأوبئة الرقمي، مراقبة السكان والتحليلات الحضرية، ومعلوماتية الأزمات وعلم الاجتماع (استخراج الواقع). يمكن إجراء مهام اكتشاف (كالتجميع والكشف عن القيم الشاذة) ومهام تنبؤ (كالتصنيف والانحدار والتوصية). (Qadir et al., 2016)

وتتجلى أهمية الاستجابة للكوارث من منظور البيانات الضخمة والتكنولوجيا في تخصيص تقرير الكوارث العالمي لعام 2013 لموضوع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الإنسانية.

المطلب الثاني: دور التحليلات التنبؤية في التنبؤ بالكوارث

يمثل الانتقال من رد الفعل إلى الاستباق الوقائي أساساً مهماً في إدارة الأزمات الحديثة، حيث لم يعد التعامل مع الكوارث يقتصر على لحظة وقوعها، بل تم توجيه الاهتمام نحو توقعها والاستعداد لها مسبقاً، ويعتمد هذا التحول على ما توفره التحليلات التنبؤية من قدرة على قراءة الأنماط، وكذلك على توظيف تقنيات البيانات الضخمة التي تسمح بجمع كميات هائلة من المعلومات من مصادر متعددة، ومن ثم يتم تحليلها بصورة تساعد على فهم مسارات الكوارث قبل حدوثها، وهو ما يعزز قدرة المجتمعات على التكيف ويمنحها درجة أعلى من المرونة.

التحول نحو الإدارة الاستباقية للكوارث:

وقد أحدثت التحليلات التنبؤية تحولاً واضحاً في مجال إدارة الكوارث، حيث تم نقل هذا المجال من الاستراتيجيات التفاعلية التي تقتصر على الاستجابة أثناء وقوع الحدث، إلى نهج استباقي أكثر شمولاً، وتعتمد هذه التحليلات على دمج كميات كبيرة من البيانات واستخدام أساليب إحصائية وتقنيات مثل التعلم الآلي والتعلم العميق لتطوير نماذج دقيقة قادرة على التنبؤ باحتمالية وقوع الكارثة وتقدير شدتها وتحديد عدد المتأثرين بها وحساب الموارد اللازمة للاستجابة (Duc & Ha, 2024, p. 1)

وبفضل هذا الأسلوب أصبح بإمكان الحكومات والمنظمات التنبؤ بالكوارث والاستعداد لها بصورة أفضل، مما يسهم في تقليل الخسائر الاقتصادية وحماية الأرواح من خلال تعزيز مرونة المجتمعات وتطوير أنظمة إنذار مبكر أكثر فاعلية (Duc & Ha, 2024, p. 2)، وقد أظهرت النتائج أن الاعتماد على النمذجة التنبؤية يحدث تحولاً واضحاً نحو التوقع المسبق وتقليل المخاطر، مع الابتعاد عن القيود المرتبطة بأساليب الاستجابة التقليدية التي لم تعد كافية في مواجهة الكوارث المتزايدة (Duc & Ha, 2024, p. 9).

المنهجيات التحليلية واستكشاف المؤشرات التنبؤية:

تستند قوة التحليلات التنبؤية إلى تقنيات استخراج البيانات التي يتم تطبيقها على بيانات الطقس والنماذج المناخية بهدف استكشاف المؤشرات التي تسبق وقوع الكوارث المعقدة مثل الأعاصير والفيضانات، حيث يسهم تحليل الأنماط التاريخية والمتغيرات البيئية في رفع دقة أنظمة الإنذار المبكر بصورة واضحة (Duc & Ha, 2024, p. 3)، كما تظهر الأساليب الإحصائية وتقنيات التعلم الآلي قدرة كبيرة على التنبؤ بالتوزيع المكاني للكارثة وشدة تأثيرها، وذلك من خلال دمج البيانات الديموغرافية والمؤشرات الاجتماعية والاقتصادية والأنماط التاريخية السابقة (Duc & Ha, 2024, p. 3)، ولتحقيق ذلك يتم استخدام أدوات تحليلية متقدمة، مثل نماذج الانحدار التي تتنبأ باحتمالية وقوع الكارثة اعتماداً على متغيرات الطقس، وكذلك خوارزميات الغابة العشوائية التي تساعد في تقدير أعداد المتضررين وحجم الموارد المطلوبة بشكل مبكر (Duc & Ha, 2024, p. 5).

التوظيف الميداني في مرحلتي التخفيف والاستعداد:

تؤدي مخرجات التحليلات التنبؤية دوراً مهماً في مراحل إدارة الكوارث، وخاصة مرحلتي التخفيف والاستعداد، ففي مرحلة التخفيف يمكن تحديد المناطق الأكثر عرضة للفيضانات بدقة جغرافية، وهو ما يوفر معلومات تساعد صناع القرار على توجيه الاستثمارات نحو البنية التحتية بشكل استباقي، أما في مرحلة الاستعداد فتظهر أهمية هذه التحليلات في توقع النقص في الموارد الحيوية، وتسهيل نشر وحدات الطوارئ مسبقاً وفق مسار الكارثة.



المتوقع، حيث يعمل نظام التحليل بشكل مستمر على كشف العلاقات الخفية داخل البيانات والاتجاهات المتوقعة التي يعتمد عليها التخطيط الوقائي (Duc & Ha, 2024, p. 6).

التطبيقات العملية: التنبؤ بتأثيرات الأعاصير وتوجيه الإخلاء

يظهر أثر التحليلات التنبؤية بوضوح في التطبيقات العملية، حيث تم إجراء تجربة لمحاكاة تأثير إعصار قوي من الفئة الرابعة على مدينة ميامي، وفي هذا السيناريو تم دمج البيانات الجوية والبيانات الجغرافية وبيانات السكان لتحليل الوضع المتوقع (Duc & Ha, 2024, p. 7)، وقد تمكنت النماذج من تقدير حجم الأضرار التي قد تلحق بالمباني وتحديد المناطق الأكثر عرضة للخطر، كما تم توقع عدد المتأثرين بحوالي تسعين ألف شخص، إضافة إلى تحديد عدد من المرافق الحيوية المهددة، وهو ما ساعد في رسم مسارات إخلاء أكثر أماناً وتوجيه الموارد بشكل أدق (Duc & Ha, 2024, p. 8).

التنبؤ الزمني والتحسين الديناميكي لعمليات الإنقاذ:

تمنح التحليلات التنبؤية ميزة زمنية مهمة قبل وقوع الكارثة، وقد ظهر ذلك في تجربة تتعلق بالفيضانات، حيث تم استخدام نماذج متقدمة من الشبكات العصبية للتنبؤ بمستوى المياه المتوقع في الأحياء قبل أربع وعشرين ساعة، اعتماداً على بيانات الأنهار وتضاريس الأرض، وقد سمح هذا التوقع باتخاذ إجراءات وقائية مبكرة مثل توزيع فرق الإنقاذ وقوارب الطوارئ في المواقع الأكثر عرضة للخطر، مما أدى إلى زيادة عدد من تم إنقاذهم بنسبة ملحوظة مقارنة بالأساليب التقليدية (Duc & Ha, 2024, p. 8).

رؤية استراتيجية لصناعة القرار المدعوم بالبيانات:

تشكل التحليلات التنبؤية أساساً مهماً في تطوير إدارة الكوارث، حيث يتم من خلالها دمج مصادر البيانات المختلفة واستخدام النماذج التنبؤية لتوفير صورة أوضح لصناع القرار، وهذا يساهم في فهم تطور الكارثة قبل وقوعها واتخاذ إجراءات استباقية تقلل من أثارها، كما يساعد هذا التوجه على تحويل البيانات إلى قرارات عملية تساهم في حماية الأرواح وتقليل الخسائر، ومع استمرار الاعتماد على هذا الأسلوب تتجه إدارة الأزمات نحو قدر أكبر من الكفاءة والجاهزية مقارنة بالأساليب التقليدية (Duc & Ha, 2024, p. 10).

المبحث الثاني: طرق جمع البيانات الضخمة خلال الكوارث والتحديات التقنية والأخلاقية أثناء عملية الجمع:

المطلب الأول: كيفية جمع البيانات الضخمة من مختلف المصادر خلال الكوارث

في ظل الأزمات المتسارعة التي يواجهها عالمنا اليوم، لم تعد المعلومات التقليدية كافية وحدها لاتخاذ قرارات مصيرية؛ لذا سنبحث في هذا الجزء من الدراسة في التساؤل الجوهري: من أين تأتي كل هذه البيانات الضخمة أثناء الكارثة وكيف نتمكن من الإمساك بها في الوقت المناسب؟ سنستعرض كيف تتحول أجهزتنا اليومية من هواتف ذكية ومستشعرات وحتى منشوراتنا البسيطة على منصات التواصل الاجتماعي، إلى قنوات حيوية تضخ كميات هائلة من المعلومات. كما سنتناول الآليات التقنية التي تدمج هذه المصادر المتباينة، سواء كانت قادمة من الفضاء عبر الأقمار الصناعية أو من قلب الميدان عبر المتطوعين، لنرى كيف تتحول هذه البيانات المتناثرة إلى نظام واحد متكامل يمنح فرق الطوارئ رؤية واضحة وشاملة تساعد في التحرك بسرعة لإنقاذ الأرواح وتخفيف الأضرار.

الشمولية وتنوع مصادر الاستقطاب الأساسية

يعتمد نجاح أنظمة إدارة الكوارث الحديثة على القدرة على جمع البيانات من مصادر متعددة ومختلفة، حيث إن فهم الأزمة لا يكتمل من زاوية واحدة، بل يتم بناؤه من خلال دمج أبعاد بيئية وبشرية وتقنية، ولذلك يستند الإطار المقترح إلى مجموعة واسعة من المصادر، تشمل البيانات الجوية التاريخية، وقراءات أجهزة الاستشعار التي يتم تحديثها بشكل مستمر، إضافة إلى تنبؤات الطقس، وكذلك النماذج الارتقاعية الرقمية وخرائط استخدام الأراضي (Duc & Ha, 2024, p. 5).



ولا يقتصر الأمر على البيانات البيئية فقط، بل يمتد ليشمل البيانات السكانية التي توفر معلومات دقيقة عن توزيع الأفراد ومستويات المعيشة، وهو ما يساعد على فهم الفئات الأكثر عرضة للخطر، كما يتم الاعتماد على سجلات الكوارث السابقة لاستخلاص أنماط الأضرار وتكرارها، إلى جانب المعلومات المرتبطة بإمكانات وحدات الطوارئ ومواقعها، وبذلك يتم تكوين قاعدة بيانات شاملة تدعم التحليل الدقيق، وتساعد في تحديد حجم المخاطر والاستعداد لها بشكل أفضل (Duc & Ha, 2024, p. 5).

استنفاد البيانات وإنترنت الأشياء والأثر الرقمي

لتحقيق هذه الشمولية، حددت الأدبيات العلمية ستة أنواع رئيسية لمصادر البيانات وتقنيات جمعها. يبدأ ذلك بما يعرف بـ "استنفاد البيانات" (Data Exhaust)، وهي المعلومات الهائلة التي تجمع تلقائياً كمنتج ثانوي لا غنى عنه نتيجة استخدام التكنولوجيا الرقمية الحديثة، وأبرز أمثلتها سجلات تفاصيل المكالمات الهاتفية (CDRs) وبيانات المعاملات البنكية، والتي غالباً ما تكون مملوكة لشركات القطاع الخاص (Qadir et al., 2016). ويتعزز هذا التدفق الآلي للبيانات من خلال "إنترنت الأشياء" (IoT)، حيث تربط أجهزة الاستشعار والمحركات المختلفة بأنظمة حاسوبية مركزية لتوفير بيانات مستمرة ولحظية، كما يظهر جلياً في تطبيقات مراقبة الرعاية الصحية في الوقت الفعلي. وفي السياق ذاته، يبرز الاعتماد على "البيانات الصغيرة وبياناتي" (Small Data/MyData)، والتي تستفيد من الآثار الرقمية اليومية التي يتركها المستخدمون، ليتم توظيفها في تقديم حلول مخصصة للأفراد المتضررين، لا سيما في مجالات الرعاية الصحية والطب المخصص أثناء الأزمات (Qadir et al., 2016).

الهواتف المحمولة والنشاط عبر الإنترنت كأدوات استشعار

أحدثت الهواتف المحمولة والمنصات الرقمية تحولاً واضحاً في طرق جمع البيانات الميدانية، حيث لم تعد الهواتف مجرد وسيلة للاتصال، بل تم استخدامها كأدوات متكاملة تجمع بين الحوسبة والاستشعار، وذلك بفضل ما تحتويه من تقنيات مثل نظام تحديد المواقع العالمي وأجهزة قياس الحركة وتقنيات الاتصال المختلفة، وهو ما أتاح إمكانية تتبع المواقع وجمع البيانات بشكل لحظي، ومن خلال هذه الإمكانيات توفر شركات الاتصالات سجلات بيانات المكالمات التي تساعد في تحديد المواقع التقريبية للمستخدمين، الأمر الذي يجعلها مصدراً مهماً لدراسة أنماط التنقل وحركات النزوح الجماعي بتكلفة أقل وفي وقت قصير، كما يتم توظيف الهواتف في تنفيذ استبيانات ميدانية منظمة باستخدام أدوات مفتوحة المصدر مثل Open Data Kit، حيث يتم جمع البيانات من الميدان بصورة مباشرة ومنظمة (Qadir et al., 2016).

كما يظهر دور النشاط عبر الإنترنت كعنصر مهم في هذا المجال، حيث يتم تحليل البيانات التي ينتجها المستخدمون من خلال عمليات البحث ومنصات التواصل الاجتماعي مثل Facebook وTwitter، ومن خلال هذه البيانات يمكن التعرف على اتجاهات الرأي العام، واكتشاف المؤشرات المبكرة لوقوع الكوارث، إضافة إلى تحديد المناطق الأكثر عرضة للخطر اعتماداً على تدفق المعلومات المباشر من مواقع الأحداث (Qadir et al., 2016).

تقنيات الاستشعار الفيزيائي والبيانات المفتوحة

تمثل التقنيات الفيزيائية أساساً مهماً في بناء البيانات المكانية، حيث تعتمد عمليات جمع المعلومات على منظومات استشعار متعددة المستويات، فيتم استخدام الاستشعار عن بعد عبر الأقمار الصناعية والطائرات لمسح سطح الأرض، كما تستخدم شبكات الاستشعار اللاسلكية لتتبع التغيرات البيئية بشكل مستمر، إضافة إلى توظيف الأجهزة المحمولة ضمن ما يعرف بالاستشعار التشاركي، وكذلك يتم الاعتماد على الطائرات بدون طيار لجمع بيانات دقيقة من مناطق يصعب الوصول إليها، وهو ما يوسع نطاق الرصد ويزيد من دقة التحليل ومن ناحية أخرى، يبرز دور البيانات المرتبطة بالجمهور والبيانات المفتوحة، حيث تعتمد الجهات الرسمية على جمع معلومات سكانية وخدمية يتم تخزينها رقمياً، ثم يتم إتاحتها ضمن سياسات البيانات المفتوحة بهدف دعم الشفافية وتعزيز سرعة الاستجابة في الأزمات، وقد تم دعم هذا التوجه من خلال مبادرات دولية مثل نبض الأمم المتحدة العالمي ومبادرة الشفافية الدولية للمساعدات، حيث تسعى هذه الجهود إلى توسيع نطاق الوصول إلى البيانات وتحسين استخدامها في العمل الإنساني، كما يمتد هذا الإطار ليشمل تقنيات البيانات المترابطة التي تهدف



إلى ربط المعلومات المتفرقة على الويب بطريقة منظمة، مما يسهل تبادلها واستخدامها بكفاءة أعلى، وبذلك تتكامل المصادر المختلفة ضمن منظومة واحدة تتيح فهماً أدق للأزمات وتسهم في دعم القرارات المبنية على بيانات موثوقة (Qadir et al., 2016)

الحوسبة الجماعية والتحليلات المرئية ورسم خرائط الأزمات:

ويمثل الإشراف المجتمعي أحد أهم المسارات في دعم جمع البيانات، حيث يعتمد على ما يعرف بالمصادر الجماعية التي تقوم على دعوة عدد كبير من المستخدمين للمساهمة في توفير المعلومات من خلال الرسائل والمنشورات والمحتوى الرقمي، وبذلك تتحول المجتمعات إلى مصدر مباشر للبيانات، لا مجرد متلقٍ لها. وقد نتج عن هذا التوجه ظهور مجالات تحليلية حديثة، من بينها التحليلات المرئية ومفهوم الجغرافيا الجديدة، حيث يتم الاعتماد على المحتوى الجغرافي الذي ينشئه الأفراد بشكل تطوعي عبر منصات مثل OpenStreetMap و Missing Maps، وهو ما أسهم في تطوير فهم أدق للبيئات المتأثرة بالأزمات. وبرز تطبيق رسم خرائط الأزمات كأداة فعالة، حيث يتم إنشاء خرائط ديناميكية تعتمد على صور حديثة وبيانات يتم جمعها بشكل جماعي، مما يوفر تصوراً أنياً لمواقع الخطر، وقد ظهرت تطبيقات عملية ناجحة مثل منصة Ushahidi التي تم استخدامها خلال زلزال هايتي، إلى جانب HealthMap التي تستخدم لمتابعة انتشار الأمراض، وكذلك جهود مبادرة هارفارد الإنسانية في تحليل صور الأقمار الصناعية، حيث أسهمت هذه الأدوات في تحسين الاستجابة الإنسانية وتوفير معلومات دقيقة تدعم اتخاذ القرار (Qadir et al., 2016).

المهام الصغيرة والآليات التقنية لاستخراج وتكامل البيانات:

لتحليل هذا الحجم الكبير من البيانات النصية والبصرية يتم الاعتماد على ما يعرف بالحوسبة الجماعية والمهام الصغيرة، حيث يتم تقسيم العمليات التحليلية المعقدة إلى وحدات بسيطة يمكن تنفيذها من خلال عدد كبير من المتطوعين عبر الإنترنت، ويتم ذلك عبر منصات مثل Amazon Mechanical Turk و Crowdcrafting، وبذلك يتم تحويل العمل التحليلي إلى جهد جماعي واسع النطاق. ومن التطبيقات البارزة في هذا المجال منصة MicroMappers التي طورها معهد قطر لبحوث الحوسبة، حيث يتم من خلالها تصنيف الصور والنصوص ومقاطع الفيديو المتعلقة بالكوارث باستخدام أدوات بسيطة يطلق عليها تطبيقات مصغرة مثل أدوات تصنيف الصور والترجمة، كما تبرز منصة Tomnod التي تم استخدامها لتحليل صور الأقمار الصناعية، وقد ساهمت في جهود تتبع الطائرة الماليزية المفقودة، من خلال إشراك عدد كبير من المتطوعين في تحليل البيانات البصرية (Qadir et al., 2016). ومن الناحية التقنية يتم تنظيم تدفق البيانات عبر ما يعرف بوحدات جمع البيانات التي تعمل في بداية البنية التحتية للنظام، حيث تستقبل هذه الوحدات البيانات الحرة وتقوم بنقلها بشكل مستمر إلى أنظمة التخزين السحابي، ويتم دعم هذه العملية بآليات استخراج وتحميل متقدمة لضمان استمرارية تدفق المعلومات (Duc & Ha, 2024, p. 6).

كما يتم توسيع نطاق جمع البيانات من خلال استخدام واجهات برمجة التطبيقات التي تسمح بربط النظام بالتطبيقات الخارجية بشكل مباشر، مما يضمن تدفق البيانات في الوقت الفعلي، وبعد ذلك يتم دمج البيانات المختلفة عبر عمليات دمج البيانات والفهرسة الجغرافية المكانية، بحيث يتم توحيد المصادر المتعددة في قاعدة بيانات واحدة متماسكة يمكن الاعتماد عليها في التحليل المتقدم واتخاذ القرار (Duc & Ha, 2024, pp. 5, 7).

المطلب الثاني: التحديات التقنية والأخلاقية لاستخدام البيانات الضخمة

تتيح البيانات الضخمة منافع كبيرة وجليّة للأفراد والمؤسسات والمجتمعات على حد سواء، ولكنها في الجانب المقابل تثير مخاوف وتحديات جسيمة، ولا سيما في الجوانب المتعلقة بخصوصية الأفراد وأمن البيانات المعلوماتية. وقد خضعت هذه التحديات والمخاطر لتحليلات دقيقة من قِبل خبراء حماية البيانات حول العالم، وفقاً لما أوردهت الدراسة الصادرة عن رقابة حماية البيانات الأوروبية (EDPS, 2015). وتشير هذه الدراسة إلى أن الكم الهائل من البيانات المتدفقة بوتيرة لحظية (كل دقيقة بل كل ثانية) بات من الصعب للغاية السيطرة عليه أو



التنبؤ الدقيق بنتائج تحليله. وبشكل عام، يمكن تقسيم وتجميع هذه التحديات والمخاطر ضمن ثلاثة محاور رئيسية تشمل: تحديات البيانات، وتحديات المعالجة، وتحديات إدارة البيانات.

1. تحديات البيانات:

• الحجم:

يشير حجم البيانات في سياقها العام إلى مقدارها الضخم بناءً على معايير قياس المعلومات الرقمية (bits and bytes) (Geczy, 2014)، وقد شهد هذا الحجم انفجاراً غير مسبوق، حيث أصبحت البيانات تنمو وتتراكم بسرعة فائقة يومياً من مصادر متنوعة وجديدة، وتلعب منصات التواصل الاجتماعي دوراً محورياً في هذا التضخم، إذ تنتج Twitter وحدها ما يقارب 7 تيرابايت من البيانات في اليوم الواحد، بينما ينتج Facebook نحو 10 تيرابايت يومياً، كما تسهم الهواتف المحمولة بشكل كبير في ذلك، حيث وصل عدد الهواتف المحمولة قبل سبع سنوات من الآن إلى 6 مليارات هاتف (Zicari, 2013)، وفي العصر الحالي يتم تتبع وتسجيل كل نشاط بشري وببئي (بيانات تجارية، طبية، بيئية، مراقبة) عبر الأجهزة الإلكترونية والآلية، فعلى سبيل المثال تقوم أجهزة الصراف الآلي (ATM) بتخزين كافة المعاملات البنكية، وتقوم أنظمة الطيران بتسجيل جميع طلبات الدخول، كما توثق كاميرات المراقبة الانتهاكات ومخالفات السرعة، وقد أوجد هذا الكم الهائل تحدياً يتمثل في استحالة إدارته بواسطة أنظمة الإدارة التقليدية (Thabet & Soomro, 2015)، ورغم زيادة القوة الحاسوبية لأنظمة المعالجة إلا أن حجم البيانات يرتفع بمعدلات أسرع بكثير من قدرة هذه الأنظمة (Qadir et al., 2016)،

• التنوع:

فرض الحجم الهائل للبيانات تحدياً إضافياً يتمثل في التباين الكبير في نوع وشكل البيانات، فالיום تندرج أكثر من 80% من المعلومات المتاحة تحت فئة البيانات غير المنظمة، وهي عادة ما تكون ضخمة جداً ويصعب إدارتها، وتسعى الشركات للاستفادة من هذه البيانات التي تتدفق من مصادر داخلية وخارجية متنوعة مثل الوثائق والعقود وبيانات المستشعرات ووسائل التواصل والسجلات الطبية والبريد الإلكتروني، والكثير من هذه البيانات غير منظم أو يمتلك بنية معقدة يصعب تمثيلها في صفوف وأعمدة كما هو الحال في البيانات المنظمة التقليدية (Zicari, 2013)، وتؤكد الدراسات أن 20% فقط من البيانات هي التي يمكن معالجتها بالأنظمة التقليدية، أما الـ 80% المتبقية فلا تخضع للتحليل وبالتالي لا تستخدم في دعم القرارات (Thabet & Soomro, 2015)، ويمكن التحدي هنا في كيفية التعامل مع هذا التعدد النوعي والمصدري (اليحيائية، 2018، ص 10).

• السرعة:

تمثل السرعة تحدياً حرجاً للشركات، إذ لا تستطيع معظمها مواكبة وتيرة تدفق البيانات السريع، وغالباً ما تتم عمليات نقل البيانات بقدرة أقل من سعة النظم المتاحة، حيث تكون معدلات النقل محدودة مقابل طلبات غير محدودة، مما يجعل تدفق البيانات في الوقت الحقيقي أو شبه الحقيقي تحدياً تقنياً كبيراً (Tol, 2013)، وتنقسم سرعة البيانات إلى مكونين، سرعة التدفق الداخلي وهي السرعة القصوى لقناة الإدخال واكتساب البيانات، وسرعة التدفق الخارجي وهي السرعة القصوى لقناة الإخراج والتدفق من النظام، وتقاس هذه السرعة بالبت أو البايت لكل ثانية، وتتفاوت الاحتياجات حسب نوع البيانات، فبينما قد تتطلب البيانات الصوتية سرعات في حدود الكيلوبت (kilobits) لكل ثانية، تحتاج بيانات الفيديو عادةً إلى الميجابايت (megabits) لكل ثانية (Geczy, 2014).

• القيمة:

وفقاً لدراسة (Thabet & Soomro, 2015)، تشير القيمة إلى مدى دقة وصلاحيّة البيانات لاستخدامها في صنع قرارات سليمة، ويتوقف وصف البيانات بأنها عالية أو منخفضة القيمة على أربعة عوامل أساسية، (1) التكامل (Complete) ويقصد به توفر كافة التفاصيل ذات العلاقة مثل توفر اسم وعنوان وحساب البائع بشكل كامل، (2) الدقة (Accurate) وتعني خلو البيانات من الأخطاء الإملائية والمطبعية والاختصارات الخاطئة، (3) الإتاحة (Available) وتعني سهولة العثور على البيانات وتوفرها عند الحاجة، (4) التوقيت المناسب (Timely) ويعني أن تكون البيانات محدثة وجاهزة لدعم اتخاذ القرار في حينه (اليحيائية، 2018، ص 11).



• المصادقية:

ترتبط المصادقية بمفاهيم التحيز والشكوك وعدم اليقين والبيانات المفقودة، وهي تقيس دقة البيانات ومدى إمكانية الاعتماد عليها في التحليل، ويعتقد باحثون أن المصادقية تمثل أحد أكبر التحديات المعاصرة (Thabet & Soomro, 2015)، حيث يذكر بول ميلر (Zicari, 2013) أن المعالجة الجيدة قد تؤدي لنتائج سيئة إذا بنيت على بيانات مشكوك فيها، وكمثال توضيحي إذا كانت بيانات المتضررين من زلزال تسونامي عالية الجودة في بلد ما وضعيفة في بلد آخر فإن الاستجابة للمساعدات ستكون منحرفة وغير عادلة تجاه البلد الذي تمت عملية مسحه وتوثيق بياناته بشكل ضعيف، والتحدي هنا يكمن في كيفية التحقق من صحة وشمولية التغطية البيانية.

• القلب أو القيمة المتغيرة:

يشير هذا التحدي إلى عمر البيانات ومدة صلاحيتها، أي كم من الوقت يجب الاحتفاظ بالبيانات في القواعد الخاصة بنا قبل أن تفقد قيمتها، ففي عالم يعتمد بشكل متزايد على بيانات الوقت الحقيقي يصبح من الضروري معرفة اللحظة التي تصبح فيها البيانات غير صالحة للاستعمال أو التحليل (Thabet & Soomro, 2015).

• الاكتشاف:

يتمثل التحدي في كيفية إيجاد واكتشاف بيانات ذات جودة عالية وموثوقة وسط هذا الكم الهائل والشاسع من مجموعات البيانات المنتشرة على شبكة الويب (Qadir et al., 2016)،

• وجهات النظر:

ويقصد بها التزمّت والجمود تجاه الأرقام دون قبول النقاش، حيث يحذر (Zicari, 2013) من الركود المطلق للأرقام والمؤشرات، فلا بد لخبراء المجال والحس المشترك أن يظل لهم دور، فعلى سبيل المثال سيكون من الخطأ الجسيم أن يستجيب قطاع الصحة لانتشار وباء كالإنفلونزا بناءً على أرقام ومؤشرات بحث جوبل فقط دون مراعاة الجوانب الميدانية والطبية التخصصية.

• الشمولية:

يكمن التحدي في الفجوة المعلوماتية، إذ إن بعض المناطق الجغرافية قد لا تتوفر فيها تغطية تقنية كافية، مما يعني انعدام البيانات القادمة منها، وهو ما يترتب عليه نتائج ناقصة أو قرارات غير شاملة في إدارة الأزمات (العريشي، 2020، ص 261).

2. تحديات المعالجة:

تشمل هذه المجموعة كافة العقبات والتحديات التي تواجه منظومة البيانات الضخمة خلال مراحل معالجتها المختلفة؛ وهي رحلة تبدأ من لحظة التقاط البيانات الأولية وتنتهي عند تقديم النتائج النهائية أو المخرجات للمستفيدين وصناع القرار، وتستعرض الفقرات التالية هذه التحديات بالتفصيل استناداً إلى الدراسة العلمية التي أعدها كل من (Thabet & Soomro, 2015): نظراً إلى التدفق الهائل للمعلومات يتم التعامل مع مسألة جمع البيانات بحذر، فلا يتم السعي إلى التقاط كل ما يتوفر من بيانات، بل يتم التركيز على ما هو مفيد فقط، ولهذا تظهر الحاجة إلى عمليات فلترة وضغط قبل التخزين، وهنا تبرز صعوبة حقيقية تتمثل في كيفية تحديد معايير الفرز، إذ يتطلب الأمر قدرة تحليلية عالية للتمييز بين البيانات ذات القيمة والبيانات غير المفيدة، لذلك تتجه بعض الدراسات إلى تطوير علم يركز على تقليل حجم البيانات حتى تصبح أكثر قابلية للإدارة، مع تقليل التشويش الذي قد يعيق المستخدم أثناء التعامل معها، كما يتم العمل على تطوير خوارزميات قادرة على معالجة التدفق المستمر للبيانات وتقليل حجمها قبل تخزينها النهائي (البحيانية، 2018، ص 12)

ويظهر تحدٍ آخر يتمثل في الجبل الأوتوماتيكي للبيانات الوصفية (Metadata)، وهي البيانات التي تصف أصل البيانات وطريقة جمعها وقياسها، ففي البيانات العلمية مثلاً يتم توثيق كل الشروط والإجراءات لضمان دقة النتائج وإمكانية تفسيرها بشكل صحيح، وعلى الرغم من إمكانية تخزين هذه البيانات بسهولة نسبياً أثناء جمع المعلومات، إلا أن إدارتها تتطلب جهداً بشرياً منظماً، كما أن مسألة تتبع مصدر البيانات أصبحت قضية أساسية، إذ يتم تسجيل أصل البيانات ومسار انتقالها عبر مراحل المعالجة المختلفة، مما يساعد على تحسين تصميم قواعد البيانات وتطوير طرق أكثر كفاءة في إدارتها أو حتى إعادة التفكير في البنية التقليدية لها (العريشي، 2020، ص 260-261)



• **معالجة الاستعلام: نمذجة البيانات والتحليل (Query processing, data modeling, and analysis)**
تختلف تقنيات الاستعلام والتحليل في البيانات الضخمة عن الأساليب التقليدية بشكل واضح، حيث تنقسم البيانات الضخمة بكونها غير متجانسة وأحياناً مشوشة ومتزايدة بشكل معقد، ورغم ذلك فإنها تحمل قيمة تحليلية كبيرة مقارنة بالعينات الصغيرة، فشبكات البيانات الواسعة تسمح بالاستفادة من المعلومات الزائدة لتعويض النقص في البيانات الأخرى، كما تساعد في التحقق من العلاقات غير الدقيقة واكتشاف الأنماط المخفية داخل البيانات (Qadir et al., 2016).

ويتطلب التعامل مع هذا النوع من البيانات اتباع معايير دقيقة تشمل التنقية والدمج والتحقق من الصحة، إضافة إلى توفير واجهات استعلام مرنة، كما تسهم عمليات التحليل في تحسين جودة البيانات وتفسيرها وتطوير أدوات ذكية تساعد في تصحيح الأخطاء وتقليل الغموض، وفي هذا السياق تتجه البيانات الضخمة إلى دعم ما يعرف بالتحليل الفوري الذي يتيح التعامل مع تدفقات البيانات في الوقت الحقيقي، مثل التوصيات الفورية في المواقع الإلكترونية، مع القدرة على التمييز بين البيانات ذات القيمة العالية وتلك التي يمكن الاستغناء عنها. ومن المشكلات التقنية التي تواجه هذا المجال وجود فجوة بين أنظمة قواعد البيانات التقليدية وأدوات التحليل التي لا تعتمد على لغة SQL، حيث يضطر المحللون إلى نقل البيانات خارج النظام ثم معالجتها وإعادة تحميلها مرة أخرى، وهو ما يؤدي إلى بطء في الأداء، لذلك تبرز الحاجة إلى تطوير أدوات تحليل مدمجة داخل أنظمة قواعد البيانات نفسها لتسريع العملية وتحسين دقة النتائج وضمان اتخاذ القرار في الوقت المناسب (اليحيائية، 2018، ص 13).

• التفسير:

تظل قيمة التحليل محدودة إذا لم يتم فهم نتائجه بشكل صحيح من قبل المستخدمين، إذ إن سوء التفسير قد ينتج عن أخطاء في النماذج أو في البيانات أو حتى في الافتراضات الأولية، لذلك يحتاج المستخدم النهائي إلى القدرة على فهم المخرجات والتحقق منها، وهو ما يمثل تحدياً متزايداً مع تعقد البيانات الضخمة (العريشي، 2020، ص 260).

وترافق الافتراضات عملية تحليل البيانات منذ بدايتها، حيث يتم استخدامها في جمع البيانات وفي جميع مراحل المعالجة، ولذلك لا يكفي عرض النتائج فقط، بل يجب توضيح طريقة الوصول إليها والخطوات التي تم الاعتماد عليها، مما يتطلب تطوير أساليب توثق مسار البيانات وتشرح كيفية اشتقاق النتائج وربطها بمصادر الأصلية. وفي النهاية يصبح عرض النتائج بصرياً عنصراً أساسياً في عملية الفهم، حيث تساعد تقنيات التصور على تبسيط المعلومات المعقدة ونقلها بشكل أوضح، فبدلاً من الاعتماد على الجداول التقليدية يتم استخدام أشكال مرئية تسهل القراءة والتحليل، كما يجب أن توفر الأنظمة الحديثة أدوات تتيح للمستخدم فهم أسباب النتائج ومصدر البيانات، لأن الهدف لا يقتصر على عرض المخرجات فقط بل يمتد إلى فهم سياقها الكامل وكيفية إنتاجها (اليحيائية، 2018، ص 14).

3. تحديات إدارة البيانات:

إدارة البيانات الضخمة عملية شديدة التعقيد، إذ لا تقتصر على جانب التخزين أو المعالجة التقنية فقط، بل تمتد لتشمل أبعاداً قانونية وأخلاقية وتنظيمية وبشرية مترابطة، وهو ما يجعل التعامل معها أكثر حساسية ويتطلب سياسات واضحة وقدرة تنظيمية عالية، وفيما يلي أبرز هذه التحديات.

• الخصوصية:

تعتبر الخصوصية من أكثر القضايا إلحاحاً في عصر البيانات الضخمة، فقد أظهر تقرير صادر عن وزارة الاتصالات القطرية (2014) أن دمج بيانات تبدو مجهولة الهوية من مصادر مختلفة قد يؤدي إلى إعادة التعرف على هوية الأفراد بدرجة عالية من الدقة، وهو ما أحدث حالة من القلق لدى المستخدمين بشأن كيفية استخدام بياناتهم وإمكانية إساءة استغلالها، سواء بشكل متعمد أو غير مقصود.

كما يشير (Thabet & Soomro, 2015) إلى أن هناك تصوراً خاطئاً لدى البعض بأن إخفاء الاسم يكفي لحماية الخصوصية، بينما يظل الموقع الجغرافي نقطة ضعف رئيسية، إذ إن تتبع المواقع عبر الخدمات الرقمية يمكن أن يكشف هوية المستخدم تدريجياً من خلال ما يشبه تراكم "الأثار الرقمية"، حيث يتم تحليل أنماط الحركة بمرور الوقت للوصول إلى معلومات حساسة مثل الحالة الصحية أو التوجهات الشخصية.



وفي هذا السياق تظهر منصات التواصل الاجتماعي مثل Facebook و Twitter كمساحات يتم فيها تبادل كميات ضخمة من البيانات الشخصية، دون وعي كافٍ لدى المستخدمين بإمكانية ربط هذه البيانات وتحليلها للوصول إلى تفاصيل دقيقة عن حياتهم، وهو ما يفاقم إشكالية الخصوصية (بوعرقي وآخرون، 2021، ص 5). ومن الناحية التنظيمية يشير (Tole, 2013) إلى أن الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) يمنح الأفراد حق التحكم في بياناتهم، إلا أن الشركات تستفيد من البيانات المنشورة لبناء ملفات تعريفية تستخدم في التسويق وتطوير الخدمات، كما أن سياسات الموافقة المسبقة (Opt-in) رغم أهميتها قد تخلق تعقيدات تقنية أو تؤثر على وظائف بعض التطبيقات، وفي المقابل تسعى الشركات إلى حماية بياناتها الحساسة مثل البيانات المالية وخطط العمل وقوائم العملاء، وغالباً ما يتم تخزين هذه البيانات في بيئات سحابية أو هجينة وفق اعتبارات التكلفة والأمان (اليحيائية، 2018، ص 15).

• الأمن:

تزداد التحديات الأمنية مع نمو البيانات الضخمة من حيث الحجم والسرعة والتنوع، إذ لم تعد آليات الحماية التقليدية كافية للتعامل مع هذا النوع من البيانات، خاصة عند انتقالها عبر حدود دولية أو أنظمة متعددة، وهو ما يضيف بعداً سيادياً إلى مشكلة الأمن. وتقوم المؤسسات اليوم ببناء بيئات حوسبة ضخمة لاستثمار البيانات في تحسين الأداء، إلا أن هذا التوسع يقابله ارتفاع في المخاطر الأمنية، حيث تصبح مستودعات البيانات هدفاً مباشراً للهجمات الإلكترونية، نظراً لما تحتويه من معلومات حساسة عن العملاء والموظفين والأسرار التجارية، وقد أشار (Thabet & Soomro, 2015) إلى أن أي اختراق في هذا المستوى قد يؤدي إلى خسائر كبيرة، خصوصاً في القطاعات المالية والصحية. وفي محاولة للحد من هذه المخاطر تلجأ بعض المؤسسات إلى بناء بنية تحتية خاصة بها، إلا أن هذا الخيار يفرض تكاليف مرتفعة وصعوبات تشغيلية، خاصة بالنسبة للمؤسسات الصغيرة التي تحتاج إلى فرق تقنية متخصصة وصيانة مستمرة، وهو ما يزيد العبء المالي والإداري عليها (Tole, 2013).

• الحوكمة:

مع تزايد الاعتماد على البيانات الضخمة أصبحت الحوكمة عنصراً أساسياً لضمان جودة البيانات وصلاحياتها للتحليل، إذ تسهم الحوكمة الجيدة في دعم اتخاذ القرار وتقليل الأخطاء الناتجة عن البيانات غير الدقيقة أو غير المكتملة، كما تساعد في تحسين التخطيط المستقبلي وتقليل التكاليف المرتبطة بإعادة معالجة البيانات. غير أن تطبيق الحوكمة يواجه تحديات عملية، إذ يتطلب التزاماً بمعايير أمنية معقدة وبنية تقنية متقدمة، بينما لا تزال العديد من المؤسسات تعتمد على أنظمة قديمة (Legacy systems) لا تتكامل بسهولة مع متطلبات البيانات الضخمة ولا تدعم التحديث السريع أو الجدولة المرنة، مما يحد من كفاءة تطبيق سياسات الحوكمة (Qadir et al., 2016).

• المهارات:

البيانات الضخمة تعتبر مجالاً حديثاً نسبياً يتطلب مهارات متعددة التخصصات، تجمع بين التحليل الإحصائي وإدارة البيانات والتقنيات البرمجية وفهم السياقات التطبيقية، وقد أشارت تقارير (Gartner, 2012) إلى توقع وجود ملايين الوظائف في هذا المجال عالمياً، إلا أن جزءاً كبيراً منها لن يتم شغله بسبب نقص الكفاءات المؤهلة. لذلك تحتاج المؤسسات إلى إعادة بناء قدراتها البشرية بما يتناسب مع طبيعة هذا المجال، حيث لم يعد الاكتفاء بالمهارات التقليدية كافياً، بل أصبح من الضروري امتلاك خبرات تجمع بين التحليل والتقنية والفهم التطبيقي، لأن هذه المهارات هي التي تمكن من تحويل البيانات إلى قيمة حقيقية قابلة للاستخدام في تحقيق الميزة التنافسية (اليحيائية، 2018، ص 16).

المبحث الثالث: دور البيانات الضخمة في تحسين التخطيط أثناء الأزمات والتجارب الناجحة:

المطلب الأول: دور البيانات الضخمة في تحسين التخطيط والتنسيق أثناء الأزمات

تمثل الكوارث الطبيعية والأزمات الإنسانية المتلاحقة تحدياً عالمياً متزايداً يفرض أعباءً جسيمة على الأرواح والاقتصادات، مما يجعل الأساليب التقليدية التفاعلية في إدارة الطوارئ غير كافية لمواجهة هذه المخاطر المعقدة،



وفي ظل الثورة الرقمية المعاصرة برزت البيانات الضخمة والتحليلات التنبؤية كقوة تحويلية أعادت صياغة مفهوم المرونة الذكية تجاه الكوارث، حيث مكنت المجتمعات من الانتقال من مرحلة رد الفعل إلى مرحلة الاستباق والاستشراف، وتعتمد هذه التقنيات على القدرة على دمج ومعالجة تدفقات معلوماتية هائلة وغير متجانسة تشمل صور الأقمار الصناعية وبيانات مستشعرات البنية التحتية ونشاط وسائل التواصل الاجتماعي وبيانات التنقل والمعاملات الرقمية، مما يمنح صناع القرار وعياً ظرفياً شاملاً ودقيقاً، كما أن تسخير هذه البيانات لا يقتصر على التنبؤ بموعد وقوع الكارثة وشدتها فقط بل يمتد إلى تحسين التخطيط الديناميكي وتنسيق جهود الإغاثة بين مختلف الوكالات وتقييم الأثر بشكل سريع، وهو ما يساهم في تقليص فترات التعافي وضمان التخصيص الأمثل للموارد وحماية الأرواح والممتلكات في عالم يتسم بتسارع المتغيرات وتزايد تعقيداتها.

• التحول نحو التخطيط الاستباقي والوعي الظرفي الشامل

تؤدي البيانات الضخمة دوراً محورياً في تحويل إدارة الكوارث من استجابة تقليدية لاحقة إلى تخطيط استباقي قائم على التحليل الدقيق، حيث تتيح التحليلات المتقدمة للبيانات المتكاملة رفع كفاءة الاستعداد والتخطيط الاستراتيجي وتنسيق الاستجابة الميدانية وعمليات التعافي (Duc & Ha, 2024, p. 1)، ويظهر ذلك من خلال بناء ما يعرف بالوعي الظرفي الشامل الذي يوفر رؤية موحدة لتدفقات بيانات متعددة تشمل تنبؤات الطقس والبيانات الجيومكانية ووسائل التواصل الاجتماعي والبيانات السكانية، بما يجعل عملية اتخاذ القرار أكثر دقة وشمولاً في مختلف مراحل إدارة الكارثة (Duc & Ha, 2024, p. 4)، وفي هذا الإطار تسهم المرونة الذكية في تعزيز قدرة المجتمعات على التكيف عبر توظيف البيانات الضخمة على مستوى واسع، حيث يتمكن مخططو المدن وصناع القرار من تحديد المناطق الأكثر عرضة للغمر المائي وتقدير الاحتياجات العاجلة للسكان قبل وقوع الأزمة، وهو ما يرفع من جاهزية الاستجابة ويقلل من حجم الخسائر المتوقعة (Yuan et al., 2022, pp. 1, 2).

• تنسيق الاستجابة خلال دورة حياة الأزمة

تتجلى أهمية البيانات الضخمة في تعزيز التنسيق داخل مراحل دورة حياة الأزمة المختلفة، ففي مرحلة الاستجابة أثناء الأزمة يتم التركيز على رفع كفاءة العمل بين وكالات الإغاثة، حيث يتم تنسيق الجهود بشكل مستمر لمعالجة أي نقص في المعلومات، مع تعديل حجم المساعدات وفق الحاجة الفعلية ومراقبة تدفقها بصورة لحظية، بما يضمن وصول الموارد إلى الأماكن الأكثر احتياجاً في الوقت المناسب وبالكمية المناسبة (Qadir et al., 2016).

وفي مرحلة ما بعد الأزمة يتحول دور البيانات الضخمة إلى وظيفة تقييمية ورقابية، إذ يتم استخدامها في عمليات التدقيق والإبلاغ عن الأداء الإنساني، كما يتم من خلالها قياس مدى فاعلية الاستجابة التي تم تنفيذها على أرض الواقع، مع العمل على استخلاص الدروس المستفادة من التجربة، الأمر الذي يتيح تطوير فهم أعمق لطبيعة الأزمات المستقبلية وتحسين أساليب التعامل معها، ويؤدي هذا النهج إلى رفع قدرة المؤسسات على التكيف مع المتغيرات وضمان قدر أكبر من الشفافية والمساءلة في توزيع المساعدات (Qadir et al., 2016).

• النظام البيئي لبيانات الأزمات والمبادرات العالمية

يعتبر إنشاء نظام بيئي لبيانات الأزمات أحد الركائز الأساسية لتحسين التنسيق في إدارة الكوارث، حيث يقوم هذا النظام على دمج جهود متعددة الجهات في إطار واحد مترابط يجمع بين المنظمات الإنسانية التقليدية مثل اللجنة الدولية للصليب الأحمر وأطباء بلا حدود، وبين المنظمات الإنسانية الرقمية مثل شبكة العمل الإنساني الرقمي DHN والمجتمعات التطوعية والتقنية V&TCS، ويعمل هذا التكامل على تعزيز سرعة الاستجابة ودقتها، إذ يساهم العاملون الرقميون في تتبع محتوى وسائل التواصل الاجتماعي وتحليلها، إضافة إلى رسم خرائط الأزمات وترجمة المحتوى المحلي، وهو ما يساعد على تحسين قدرة المنظمات الرسمية على الوصول إلى المناطق المتضررة وتحديد الاحتياجات الفعلية بشكل أدق (Qadir et al., 2016)، كما تتوسع هذه المنظومة عبر مبادرات البيانات الضخمة من أجل التنمية التي تجمع بين أطراف متعددة، تشمل مجموعات الحوسبة الاجتماعية مثل نبض الأمم المتحدة، ومبادرات الشركات التقنية الكبرى مثل جوجل للاستجابة للأزمات ومايكروسوفت، إلى جانب المؤسسات الأكاديمية مثل معهد MIT وجامعة هارفارد، فضلاً عن منظمات غير ربحية مثل



DataKind، حيث يتم العمل بشكل تنسيقي لتبادل البيانات والرؤى بما يعزز كفاءة الاستجابة الإنسانية ويطور أدوات اتخاذ القرار (Qadir et al., 2016)

• التخصيص الأمثل للموارد والتنسيق الميداني لمنع التداخل

تساهم التحليلات الآنية للبيانات الضخمة في تحسين التخطيط الديناميكي وتخصيص الموارد بناءً على الاحتياجات الفعلية، حيث تتيح التنبؤات الدقيقة النشر المسبق لوحات الاستجابة وقوارب الإنقاذ في المواقع الحرجة (Duc & Ha, 2024, pp. 5, 8). وقد أثبتت الدراسات أن استراتيجيات التخصيص المحسنة المعتمدة على التنبؤ أدت لزيادة فعالية الإنقاذ بنسبة واحد وأربعين بالمائة (Duc & Ha, 2024, p. 8). علاوة على ذلك، يبرز دور البيانات الضخمة في التنسيق لمنع "الاستجابة المزدوجة" (Double response) وتداخل الجهود؛ فعندما تتوفر منصات بيانات موحدة، يمكن لكل وكالة معرفة نطاق عمل الوكالات الأخرى، وهو ما تم تطبيقه بنجاح في الأردن لتنسيق جهود 60 وكالة إغاثة لمساعدة اللاجئين السوريين (Qadir et al., 2016). كما تساعد هذه التحليلات في توجيه الموارد بناءً على تحمل المجتمع للانقطاعات؛ فتحديد أولويات توزيع الغذاء والموارد الطبية يتم بناءً على رصد مشاعر الجمهور واحتياجاته الملحة (Yuan et al., 2022, p. 10).

• تخطيط الإخلاء والربط بين الإغاثة والتنمية (LRRD)

إن البيانات الضخمة أداة محورية في دعم تخطيط مسارات الإخلاء وتنظيم العمليات اللوجستية أثناء الأزمات، إذ يتم توظيفها في تحليل الطرق المحتمل تعرضها للغرق أو الانسداد، مع العمل على تحديد المسارات البديلة التي تضمن وصول فرق الإغاثة إلى المرافق الحيوية مثل المستشفيات في الوقت المناسب (Duc & Ha, 2024, pp. 8, 12).

ولا يقتصر دور هذه البيانات على مرحلة التدخل العاجل فقط، بل يمتد ليشمل تعزيز التكامل بين الإغاثة الفورية وعمليات التنمية طويلة الأمد، وذلك من خلال ما يعرف بربط الإغاثة والتأهيل والتنمية LRRD، حيث يتم إدماج التحليلات القائمة على البيانات الضخمة لضمان تنسيق أكثر فاعلية بين المنظمات الإنسانية ومؤسسات التنمية بما يحقق استدامة النتائج ويمنع تكرار نقاط الضعف بعد انتهاء الأزمة (Qadir et al., 2016). كما يساهم تحليل بيانات المعاملات البنكية وأنماط استخدام الهواتف المحمولة في توفير فهم أعمق للبنية الاجتماعية للمناطق المتضررة، حيث يتم تحديد الأحياء التي تعاني من هشاشة اجتماعية مرتفعة والتي قد تحتاج إلى فترات أطول للتعافي، الأمر الذي يساعد صناع القرار على تصميم خطط تعافٍ أكثر دقة تراعي الفروقات الثقافية واللغوية، وتدعم بناء مجتمعات أكثر قدرة على الصمود والتكيف مع الأزمات المستقبلية (Yuan et al., 2022, pp. 15, 16).

المطلب الثاني: مقارنة بين الأنظمة التقليدية والحديثة لتحليل البيانات الضخمة:

تعتمد قواعد البيانات العلائقية التقليدية على نظم تعتمد على بنية صارمة للبيانات، حيث يتم إدخال المعلومات في حقول وجدول ثابتة، وهذا يجعلها غير قادرة على استيعاب البيانات غير المهيكلة أو الضخمة بكفاءة عالية، بينما تتجه الأنظمة الحديثة إلى استخدام قواعد بيانات غير علائقية أكثر مرونة وقابلية للتوسع، ومن أبرز أمثلتها أنظمة مثل Dynamo التابعة لشركة أمازون وBigtable التابعة لجوجل، حيث تتميز هذه الأنظمة بالسرعة والقدرة على التعامل مع كميات ضخمة ومتنوعة من البيانات، إلا أن التحدي الأساسي فيها يتمثل في أن خصائص الاتساق والاعتمادية في المعالجة يجب ضبطها وبرمجتها بشكل يدوي بدلاً من كونها مدمجة تلقائياً كما في الأنظمة التقليدية (Qadir et al., 2016).

• في تحليل البيانات (الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي مقابل البشر والخبراء):

تعتمد الطرق التقليدية في التحليل على الخبراء البشريين الذين يقومون بعملية التفسير واتخاذ القرار، غير أن هذا الأسلوب يتأثر بعوامل بشرية مثل التحيز أو الإرهاق أو البطء في معالجة كميات كبيرة من البيانات، بينما تعتمد الأنظمة الحديثة على خوارزميات التعلم الآلي التي تقلل من الاعتماد المباشر على العنصر البشري وتزيد من سرعة المعالجة، وفي هذا السياق يظهر التعلم الخاضع للإشراف الذي يعتمد على بيانات مصنفة مسبقاً ويحقق دقة عالية لكنه يواجه صعوبة في التكيف مع بيانات مختلفة، في حين يعمل التعلم غير الخاضع للإشراف على اكتشاف



الأنماط الخفية دون الحاجة إلى تصنيف مسبق، كما يساهم التعلم العميق في معالجة البيانات المعقدة مثل الصور واللغة الطبيعية بكفاءة أعلى وقدرة على فهم العلاقات غير الظاهرة (Qadir et al., 2016).

• في اللغويات ورؤية الحاسوب (معالجة اللغة ورؤية الحاسوب):

تقوم الأساليب التقليدية في معالجة اللغة على التحليل اليدوي أو القواعد الثابتة لفهم النصوص، بينما تعتمد الأساليب الحديثة على تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل المحتوى اللغوي بشكل آلي، مثل تحليل المشاعر في وسائل التواصل الاجتماعي وترجمة الرسائل النصية، مما يتيح معالجة كميات هائلة من البيانات في وقت قصير، رغم أن التحدي ما زال قائماً في تطوير أدوات فعالة تغطي جميع اللغات والسياقات. وفي مجال الرؤية الحاسوبية يتم الانتقال من التحليل البصري اليدوي للصور الفضائية إلى التحليل الآلي باستخدام الخوارزميات، وهو ما يرفع من سرعة ودقة معالجة البيانات البصرية، ويقلل الاعتماد على المراجعة البشرية المباشرة،

• الأنظمة الهجينة (التكامل بين الإنسان والآلة):

تتجه النماذج الحديثة إلى الدمج بين القدرات البشرية والأنظمة الذكية، حيث تقوم الآلات بتنفيذ المهام الروتينية والمعالجة الأولية للبيانات، بينما يتولى البشر تفسير الحالات المعقدة والتعرف على الأنماط غير المعتادة، ويعد هذا النموذج أكثر كفاءة من الاعتماد على أحد الطرفين بشكل منفرد، ومن الأمثلة التطبيقية على ذلك أنظمة تصنيف المحتوى التي تجمع بين التعلم الآلي والمشاركة البشرية، حيث يتم اللجوء إلى التدخل البشري عندما تتخفف درجة الثقة في نتائج النظام الآلي إلى مستوى معين، وهو ما يحقق توازناً بين السرعة والدقة (Qadir et al., 2016).

المطلب الثالث: أمثلة ناجحة على استخدام البيانات الضخمة في الكوارث

• زلزال هايتي 2010، واجهت هايتي زلزالاً مدمراً وتم تقديم المساعدات بطريقة رقمية اعتمدت على تحليل تدفقات المعلومات، حيث تم فرز رسائل SMS وبيانات السوشال ميديا عبر التعهيد الجماعي ومنصة Ushahidi لإنتاج خرائط أزمات ساعدت في توجيه المساعدات، وهو ما أسهم في بروز نموذج الاستجابة للكوارث 2.0، كما استخدمت منظمة FlowMinder بيانات الهواتف لتتبع النزوح السكاني والتنبؤ بحركته أثناء الزلزال وخلال وباء الكوليرا لاحقاً، في حين أصبحت بيانات OpenStreetMap مرجعاً أساسياً لتوفير الإمدادات للمستشفيات، (Qadir et al., 2016).

• أزمة المهاجرين في سوريا حلب والأردن وأوروبا، تم توظيف البيانات الميدانية والرقمية لرسم صورة دقيقة للوضع الإنساني، حيث قامت Caerus Associates بالتعاون مع First Mile Geo برسم خرائط للصراع في حلب عام 2014 عبر مسح آراء السكان المحليين وتحديد نقاط التفشي والمخابز باستخدام فريق محلي مدعوم بأدوات التخزين السحابي، مما ساعد في تحديد مناطق نقص الغذاء وفهم خريطة السيطرة الميدانية، وفي الأردن تم استخدام هذه البيانات لتنسيق عمل نحو 60 وكالة إغاثة وتقليل الازدواجية في الاستجابة، بينما أطلق الصليب الأحمر في أوروبا منصة Trace the Face لجمع ونشر صور المفقودين وربط العائلات المشتتة عبر التعهيد الجماعي، (Qadir et al., 2016).

• التنبؤ الدقيق بتأثيرات الأعاصير في ميامي، تم تطبيق إطار عمل البيانات الضخمة على إعصار افتراضي من الفئة الرابعة في مدينة ميامي بولاية فلوريدا من خلال دمج البيانات المترولوجية والجيومكانية لتقدير حجم السكان والبنية التحتية المتأثرة، واعتمد النظام على خوارزمية الغابة العشوائية للتنبؤ بمستويات الضرر التي قد تصيب المباني وفق سرعة الرياح وخصائص البناء، مع توظيف الشبكات العصبية التلافيفية لتحليل صور الأقمار الصناعية وتحديد مسارات الإخلاء المعرضة للغمر، وقد نجح هذا النموذج في تحديد مناطق الدمار المتوقع بدقة عالية وتقدير نحو تسعين ألف متضرر وتحديد خمسة وثلاثين مرفقاً حيوياً مهدداً مثل المدارس والمستشفيات، مما وفر أساساً عملياً لتوجيه عمليات الإخلاء وحشد الموارد بكفاءة، (Duc & Ha, 2024, pp. 7, 8).

• الرعاية الصحية (Healthcare Case Study)، قامت مبادرة الصحة الفردية في جامعة جونز هوبكنز بجمع بيانات المرضى وبناء نماذج حاسوبية تعمل على تصنيف الحالات الجديدة وتقديم مسارات علاج مبكرة



ومخصصة مثل علاج سرطان البروستاتا بهدف تقليل التشخيص المبالغ فيه وتحسين دقة القرار الطبي، كما يمثل نظام IBM Watson نموذجاً متقدماً يعتمد على دمج التعلم الآلي مع معالجة اللغة الطبيعية لتحليل السياق الطبي ومساندة خبراء الصحة في اتخاذ قرارات علاجية أكثر دقة وتخصيصاً لكل حالة، (Qadir et al., 2016).

• فيضانات باكستان 2010 وتطبيق PakReport.org، تم تطوير هذا التطبيق بهدف تمكين السكان في باكستان من جمع ومشاركة معلومات الأزمة في شكل خرائط تفاعلية تسهم في توضيح مناطق الخطر وتوجيه جهود الإغاثة بشكل أكثر فاعلية، (Qadir et al., 2016).

• التحسين الديناميكي للاستجابة للفيضانات وإنقاذ الأرواح، تمثل هذه التجربة قفزة نوعية في توفير التحليلات في الزمن الحقيقي لتحسين عمليات الاستجابة، حيث تم التركيز على التخصيص الأمثل لقوارب الإنقاذ وأفراد الطوارئ وتوجيههم نحو الأحياء الأكثر تضرراً بناءً على توقعات شدة الفيضان، وقد اعتمد النظام على بيانات مقاييس الأنهار اللحظية وخرائط التضاريس ومحاكاة الفيضانات، مع استخدام شبكات الذاكرة طويلة قصيرة المدى للتنبؤ بعمق الفيضانات في كل حي قبل 24 ساعة من وقوعها، مما أتاح نشر الموارد بشكل استباقي ورفع كفاءة الإنقاذ، وقد أدى ذلك إلى زيادة عدد الأشخاص الذين تم إنقاذهم بنسبة 41 بالمائة مقارنة بالأساليب التقليدية، (Duc & Ha, 2024, p. 8).

• البحث عن رحلة الخطوط الماليزية 370، تم استخدام منصة Tomnod بمشاركة نحو 8 ملايين متطوع قاموا بتحديد 15 مليون عنصر داخل مليار صورة أقمار صناعية خلال أربعة أيام فقط، وذلك عبر خوارزمية CrowdRank التي ساعدت في تحديد المواقع الأكثر احتمالاً للبحث.

• النمذجة التنبؤية لمخاطر الفيضانات في مقاطعة هاريس، يعد إعصار هارفي لعام 2017 مثالاً بارزاً لتطبيق المرونة الذكية، حيث تم استخدام بيانات مستشعرات الفيضانات لبناء نموذج شبكة بايزية للتنبؤ باحتمالات فشل القنوات والطرق المجاورة، وقد تمكن النموذج من رصد الفشل المتسلسل في الشبكات المائية والتنبؤ بالعقد الأكثر عرضة للفيضان قبل حدوثه بعدة خطوات زمنية، مما أتاح اتخاذ قرارات إخلاء مبكرة قبل وقوع الكارثة بساعات، كما ساعد في تحديد الأحياء الأكثر عرضة للخطر بناءً على قربها من القنوات المهددة، (Yuan et al., 2022, pp. 5, 6).

• الاستشعار الاجتماعي الآلي وتقييم الأثر السريع، أثبتت الدراسة نجاح استخدام تويتر والتعلم الآلي في التقييم السريع لتعطيل المجتمع أثناء إعصار هارفي، حيث تم الاعتماد على نموذج BERT المصنف للفئات الإنسانية مع خوارزميات التجميع القائمة على الرسوم البيانية لتحديد مواقع الأحداث المرتبطة بالإنقاذ والتطوع والتبرع بشكل آلي ثم تم إسقاطها على الخرائط الجغرافية، (Yuan et al., 2022, pp. 8, 9). وقد أتاح هذا النهج لفرق الإغاثة الحصول على معلومات ظرفية موثوقة حول أماكن انقطاع المرافق وتطور الاحتياجات الإنسانية مع مرور الوقت، (Yuan et al., 2022, p. 9)، كما برزت أداة SocialDISC التي قامت برسم خريطة للمشاعر الإنسانية تجاه تعطيل البنية التحتية، وقد أظهرت النتائج أن إطلاق المياه من خزانات Addicks and Barker تسبب في مشاعر سلبية قوية مثل الغضب والاشمئزاز مما ساعد صناع القرار على إدراك الفجوة بين توقعات السكان وقدرة المرافق، (Yuan et al., 2022, p. 10).

• التنبؤ الآني بانتشار الفيضانات عبر شبكات الطرق، تم تطوير نموذج العدوى الشبكي المستوحى من النماذج الوبائية للتنبؤ بانتشار الفيضانات على الطرق داخل مدينة هيوستن، حيث اعتمد على بيانات المرور واسعة النطاق لتحديد القطاعات التي ستغمرها المياه خلال فترة تتراوح بين 4 إلى 8 ساعات، (Yuan et al., 2022, p. 11). وقد أظهرت النتائج تطابقاً كبيراً بين التنبؤات والواقع الميداني مما مكن فرق الطوارئ من تحديد حجم الفيضانات ومواقعها وتحديد الأحياء التي قد تفقد الوصول إلى المرافق الحيوية مثل المستشفيات ومتاجر البقالة، (Yuan et al., 2022, pp. 11, 12)، وهو ما وفر أداة حيوية لإبلاغ السكان بالمناطق التي يصبح الإخلاء منها أكثر صعوبة قبل وقوع الكارثة، (Yuan et al., 2022, p. 11).

• تقييم التعافي الاقتصادي عبر بيانات المعاملات والزيارات، تم استخدام بيانات المعاملات البنكية وزيارات الهواتف المحمولة لتحليل التعافي بعد الإعصار، حيث ساعدت خرائط LISA في تحديد المناطق التي تعرضت لأثار كارثية شديدة خاصة في قطاعات الصيدليات ومتاجر البقالة، (Yuan et al., 2022, pp. 14, 15). كما أوضح تحليل زيارات نقاط الاهتمام POIs أن بعض الأنشطة مثل محطات الوقود ومتاجر البقالة تعافت بوتيرة



أسرع من غيرها، (Yuan et al., 2022, p. 15)، في حين تبين أن الأحياء ذات الضعف الاجتماعي العالي مثل ذوي الدخل المنخفض والأقليات احتاجت فترات أطول للتعافي مما يعكس ضرورة مراعاة العدالة في توزيع الدعم، (Yuan et al., 2022, pp. 15, 16).

● التقييم السريع لأضرار الأعاصير القمعية في أوكلاهوما، اعتمد هذا المثال على تقنيات التعلم العميق باستخدام صور الأقمار الصناعية لتقييم الأضرار الناتجة عن إعصار قمعي، حيث تم تدريب نموذج الشبكة العصبية التلافيفية CNN على صور قبل وبعد الإعصار لتصنيف مستويات الضرر بين لا يوجد ضرر وضرر متوسط وضرر شديد، (Duc & Ha, 2024, p. 8)، وقد حقق النموذج دقة بلغت 82 بالمائة مقارنة بالتصنيف البشري، كما تمكن من إنتاج خريطة أضرار شاملة خلال ست ساعات فقط من وقوع الإعصار مما يعكس قدرة هذه النماذج على تسريع توجيه الموارد نحو المناطق الأكثر تضرراً، (Duc & Ha, 2024, p. 8).

المطلب الرابع: الاتجاهات المستقبلية في استخدام البيانات الضخمة للاستجابة للكوارث:

- تحليل الأزمات في الوقت الفعلي: الوقت عامل حاسم مثل إنقاذ المحاصرين تحت الأنقاض، حيث يتم غربة تدفق البيانات واستخلاص المعلومات بشكل فوري لأن البيانات تفقد قيمتها بسرعة وقد تتحول إلى عامل ضار عند تأخر معالجتها، وفي حالات الأزمات المتداخلة مثل اقتراب تسونامي من محطة نووية تساعد التحليلات الآنية في تحديد الأولويات الأكثر إلحاحاً وبت المعلومات للجمهور وتنسيق عمل الفرق الميدانية (Qadir et al., 2016).
- تحليلات الأزمات الآمنة والموثوقة والقادرة على تحمل الكوارث: يرتبط هذا المحور بتطوير بنى تحتية قادرة على الصمود أمام الكوارث مثل الزلازل وانقطاع الكهرباء، مع الحاجة إلى آليات مصادقة وترخيص لحماية البيانات الحساسة، ويتم دمج تقنيات الهاتف المحمول مع الحوسبة السحابية ضمن ما يعرف بالحوسبة السحابية المتنقلة مع التركيز على التكرار والتنوع في البنية التحتية لضمان استمرار الاتصال ومعالجة مشكلات الطاقة في الأجهزة الطرفية (Qadir et al., 2016).
- معلوماتية البيانات الضخمة متعددة الوسائط للأزمات: يقوم هذا التوجه على دمج مختلف أنواع البيانات مثل النصوص والصور والخرائط والتقارير لتجنب الرؤية الجزئية غير الدقيقة، ومن أمثلته منصة تبادل البيانات الإنسانية التي طورت مستكشف خرائط لتحليل أزمة بحيرة تشاد من خلال دمج بيانات النزوح والوفيات والتمويل والأمن الغذائي، إضافة إلى مشروع برنامج الأغذية العالمي الذي يعتمد على جمع البيانات عن بعد عبر الرسائل النصية والصوتية لإنتاج تقارير مرئية شاملة تدعم الفهم الشامل للأزمة (Qadir et al., 2016).
- تطوير الاستجابات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي والمراعية للسياق: يركز هذا الاتجاه على بناء خوارزميات تنبؤية قادرة على رصد الجرائم والكوارث والأوبئة بشكل أدق، مع العمل على تقليل نسب الخطأ والإنذارات الكاذبة، بما يعزز كفاءة أنظمة الإنذار المبكر ويدعم سرعة الاستجابة في الحالات الحرجة (Qadir et al., 2016).

الخاتمة:

في ختام هذا البحث يتضح جلياً أن البيانات الضخمة لم تعد مجرد ترف تقني، بل أصبحت شريان الحياة لمنظومة إدارة الأزمات الحديثة والركيزة الأساسية لما يعرف بالمرونة الذكية، ولقد كشفت الدراسة أن القوة الحقيقية لهذه التقنيات تكمن في قدرتها على كسر قيود الممارسات التقليدية، والانتقال من مرحلة انتظار وقوع الكارثة إلى مرحلة التنبؤ بها والاستعداد الاستباقي لها. ومن خلال دمج تدفقات البيانات غير المتجانسة من الفضاء والميدان والمنصات الرقمية أصبح بإمكان صناع القرار امتلاك وعي ظرفي شامل يتيح إنقاذ الأرواح وتقليل الخسائر الاقتصادية بفعالية غير مسبوقة. ورغم أن هذا المسار محفوف بتحديات تقنية وأخلاقية معقدة تتعلق بالخصوصية والأمن وحوكمة البيانات، إلا أن التكامل بين الذكاء الاصطناعي وحكمة الجماهير البشرية يفتح آفاقاً مستقبلية واعدة لبناء مجتمعات أكثر صموداً وقدرة على مواجهة عالم يتسم بالاضطرابات المتسارعة.



نتائج البحث:

1. تمثل البيانات غير المنظمة (نصوص، صور، فيديو) أكثر من 80% من إجمالي بيانات الأزمات، مما يضع ضغطاً كبيراً على الأنظمة التقليدية، ويجعل من تقنيات "التعلم العميق" و"معالجة اللغة الطبيعية" أدوات حتمية لاستخراج القيمة من هذه البيانات.
2. أثبتت منصات التواصل الاجتماعي أنها "مستشعرات بشرية" فعالة تتيح تقييم الأثر السريع ورصد المشاعر العامة، مما يساعد صناع القرار في فهم الفجوة بين احتياجات الجمهور وقدرات البنية التحتية.
3. التحليلات في الوقت الحقيقي هي الفاصل بين الحياة والموت في الأزمات؛ حيث أثبتت النماذج التنبؤية قدرتها على توقع غرق الطرق وانقطاع الوصول للمستشفيات قبل وقوعه بـ 4 إلى 24 ساعة.
4. تمثل الخصوصية الثغرة الأكبر في إدارة البيانات الضخمة، حيث يمكن لإعادة دمج البيانات المجهولة أن تكشف هويات الأفراد، بالإضافة إلى مخاطر الاختراقات الأمنية لمستودعات البيانات التي تحتوي على "مجوهرات الشركة" من معلومات حساسة.
5. هناك نقص عالمي حاد في الكوادر البشرية القادرة على التعامل مع تعقيدات البيانات الضخمة (يشغل ثلث الوظائف فقط)، فضلاً عن ضعف تكامل الأنظمة المتوارثة (Legacy systems) مع بروتوكولات الحوكمة الحديثة.

توصيات البحث:

1. ضرورة توجه الحكومات والمنظمات لبناء منصات حوسبة عالية الأداء وأنظمة تخزين سحابية قادرة على استيعاب ومعالجة التدفق الهائل للبيانات في الوقت الفعلي.
2. وضع سياسات واضحة لحماية خصوصية الضحايا وتنظيم عملية "العمل الخيري القائم على البيانات"، مع الالتزام بمبادئ الإنسانية والحيادية والاستقلالية في جمع وتحليل المعلومات.
3. تفعيل مبادرات "البيانات المفتوحة" والمشاركة في منصات تبادل البيانات الإنسانية (مثل HDX) لضمان التنسيق ومنع تداخل الجهود أو "الاستجابة المزدوجة" بين وكالات الإغاثة.
4. ردم فجوة المهارات من خلال برامج تدريبية متخصصة تجمع بين علوم الإحصاء وتحليل البيانات، والعمل الإنساني الميداني، لتمكين الفرق من استخراج رؤى دقيقة من البيانات المعقدة.
5. تشجيع الأبحاث التي تهدف إلى بناء خوارزميات تتناسب مع اللغات المحلية والبيئات الجغرافية المختلفة، لتقليل "الإنذارات الكاذبة" وضمان عدالة توزيع الموارد.
6. الاعتماد على الأنظمة الهجينة التي تدمج سرعة الآلات في المعالجة مع دقة المتطوعين والخبراء في تفسير الأنماط غير المعتادة والتحقق من مصداقية المعلومات.

المراجع

1. أبو هلال، مروان موسى. (2023). أثر تحليل البيانات الضخمة على تحسين جودة المعلومات المحاسبية: دراسة ميدانية على البيئة الفلسطينية. *مجلة الزرقاء للبحوث والدراسات الإنسانية*، 23(3).
2. البكري، جواد كاظم، والدليمي، حيدر. (2025). الأساليب الحديثة في التنبؤ بالأزمات المالية. *مجلة كلية الإدارة والاقتصاد للدراسات الاقتصادية والإدارية والمالية*، 17(3).
3. بوعركي، هنادي، وآخرون. (2021). دور المجتمع الكويتي في التعامل مع البيانات الضخمة وانتشار فيروس كورونا. *مجلة دراسات المعلومات والتكنولوجيا*، 4(2).
4. خوان، جهيدة شاوش. (2022). تحليل البيانات الضخمة ومستقبل الدراسات الاجتماعية. *مجلة العلوم الإنسانية*، (2).
5. الدارودي، نهى بنت عوض. (2023). البيانات الضخمة ودورها في اتخاذ القرار. في *أعمال المؤتمر والمعرض السنوي السادس والعشرين: التقنيات الناشئة وتطبيقاتها في المكتبات المتخصصة* (فرع الخليج العربي).
6. العريشي، جبريل. (2020). استخدام البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي في مواجهة جائحة فيروس كورونا المستجد. *المجلة العربية للدراسات الأمنية*، 36(2).





7. الهاشمية، كوثر بنت محمد. (2019). إدارة البيانات الضخمة ومجالات استثمارها في المؤسسات الحكومية بسلطنة عمان [رسالة ماجستير، جامعة السلطان قابوس].
8. اليحيائية، خديجة. (2018). البيانات الضخمة: التحديات. المؤتمر الرابع والعشرون: البيانات الضخمة وآفاق استثمارها: الطريق نحو التكامل المعرفي.
1. Bouarki, H., et al. (2021). The role of Kuwaiti society in dealing with big data and the spread of the coronavirus. *Journal of Information Studies & Technology*, 4(2). (in Arabic)
2. Duc, H. M., & Ha, N. T. T. (2024). Enhancing disaster preparedness, emergency response and resource allocation using big data integration and predictive analytics. *Journal of Big-Data Analytics and Cloud Computing*, 9(1).
3. European Data Protection Supervisor. (2015). *Opinion 7/2015: Meeting the challenges of big data: A call for transparency, user control, data protection by design and accountability*. EDPS.
4. Gartner. (2012, October 22). *Gartner says big data creates big jobs: 4.4 million IT jobs globally to support big data by 2015* [Press release]. Gartner, Inc.
5. Geczy, P. (2014). Big data characteristics. *The Macrotheme Review*, 3(6), 94–104.
6. Khouan, J. S. (2022). Big data analytics and the future of social studies. *Journal of Human Sciences*, (2). (in Arabic)
7. Qadir, J., Ali, A., ur Rasool, R., Zwitter, A., Sathiaselalan, A., & Crowcroft, J. (2016). Crisis analytics: Big data-driven crisis response. *Journal of International Humanitarian Action*, 1, Article 12. <https://doi.org/10.1186/s41018-016-0013-9>
8. Thabet, N., & Soomro, T. R. (2015). Big data challenges. *Journal of Computer Engineering & Information Technology*, 4(3). <https://doi.org/10.4172/2324-9307.1000133>
9. Tole, A. A. (2013). Big data challenges. *Database Systems Journal*, 4(3), 31–40.
10. Yuan, F., Fan, C., Farahmand, H., Coleman, N., Esmalian, A., Lee, C.-C., Patrascu, F. I., Zhang, C., Dong, S., & Mostafavi, A. (2022). Smart flood resilience: Harnessing community-scale big data for predictive flood risk monitoring, rapid impact assessment, and situational awareness. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2(2), Article 025006. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac7251>
11. Zicari, R. V. (2013). Big data: Challenges and opportunities. In R. Akerkar (Ed.), *Big data computing* (pp. 103–128). Chapman and Hall/CRC.

