

أثر إدارة مخاطر البيانات والتقنية على دقة التنبؤات ودعم القرار في
الأرصاد الجوية: دراسة ميدانية على العاملين في الأرصاد الجوية
بالمملكة العربية السعودية

إعداد الطالب/

أنور عبدالعزيز الشيخ / 253001085

المشرف الثاني/

د.فايز جراد

المشرف الرئيسي/

د. الفیصل عبد الحمید

العام الدراسي:

1448 – 2026



إِهْدَاء

إلى أولئك الذين جعلوا من رحلة العلم رحلة حياة،
إلى والديّ اللذين لم يتركوا يدي في العثرات،
إلى أساتذتي الذين كانوا نبراس الطريق،
إلى أصدقائي الذين منحوني القوة وقت التعب،
إلى نفسي التي لم تستسلم، ولم تتوقف رغم الصعوبات،
إلى كل من كان وجوده حولي دافعاً للاستمرار،
أهدي هذا العمل المتواضع، لا بوصفه نهاية الطريق،
بل بدايةً جديدة نحو غاياتٍ أكبر وأحلامٍ أعمق،
فلكم جميعاً، يا من صنعتُم من المستحيل ممكناً، كل الامتنان والتقدير.

شكر ونفقات

نحمد الله عزوجل الذي وفقنا في إتمام هذا البحث العلمي،

والذي ألهمنا الصحة والعافية والعزيمة.

فالحمد لله صمدًا كثيرًا

نتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور/

د. الفیصل عبد الحمید

د. فايز جراد

على كل ما قدمه لنا من توجيهات ومعلومات قيمة ساهمت في إثراء موضوع دراستنا في جوانبها

المختلفة.

والشكر والتقدير موصول إلى إدارة جامعة ميد أوشن ممثلة بالكادر الأكاديمي والإداري، لما قدموه

من تسهيلات وتشجيع وتوفير الخدمات المطلوبة.

كما أتقدم بالشكر الجزيل لكل من لم يسعني الحظ بذكر أسمائهم راجيًا من المولي عزوجل أن تكون

هذه الدراسة نافذة لدراسات أخرى .

مستخلص الدراسة

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها الأربعة المتمثلة في تقييم المخاطر التقنية، وأمن البيانات والبنية التحتية، وحوكمة تكنولوجيا المعلومات، والمراقبة والتحسين المستمر، على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت الاستبانة أداة لجمع البيانات، حيث تكوّنت في صورتها النهائية من (٢٨) فقرة موزعة على المتغيرين، وطُبِّقت على عينة عشوائية طبقية بلغ حجمها (٢٠٤) مفردة من العاملين في المركز من شاغلي الوظائف ذات العلاقة بمنظومة التنبؤات الجوية وتقنية المعلومات وإدارة المخاطر. وتمّت معالجة البيانات إحصائياً باستخدام برنامج (SPSS) من خلال جملة من الأساليب الإحصائية شملت المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية، ومعامل ألفا كرونباخ، ومعامل ارتباط بيرسون، وتحليل الانحدار الخطي البسيط والمتعدد.

وكشفت نتائج الدراسة عن وجود أثر ذي دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لإدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها مجتمعة على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار، إذ فسّرت الأبعاد الأربعة ما نسبته (٧١.٧٪) من التباين في المتغير التابع، وجاء بُعد أمن البيانات والبنية التحتية في المرتبة الأولى من حيث التأثير، يليه تقييم المخاطر التقنية، فحوكمة تكنولوجيا المعلومات، وأخيراً المراقبة والتحسين المستمر. وفي ضوء هذه النتائج، أوصت الدراسة بتعزيز منظومة أمن البيانات والبنية التحتية في المركز، وتطوير منهجية مؤسسية متكاملة لتقييم المخاطر التقنية، وبناء إطار حوكمي شامل، وتأسيس وحدة متخصصة للمراقبة المستمرة، وتطوير منظومة دعم القرار بصورة تُلبّي احتياجات القطاعات الوطنية المستفيدة.

الكلمات المفتاحية: إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات، تقييم المخاطر التقنية، أمن البيانات، حوكمة تكنولوجيا المعلومات، دقة التنبؤات الجوية، دعم القرار، المركز الوطني للأرصاد، المملكة العربية السعودية.

قائمة المحتويات

أ.....	بسم الله الرحمن الرحيم
ب.....	الإهداء
ج.....	الشكر والتقدير
د.....	مستخلص الدراسة
ه.....	قائمة المحتويات
ح.....	قائمة الجداول
١.....	الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
١.....	١.١ المقدمة
٢.....	٢.١ مشكلة الدراسة
٤.....	3.1 أهمية الدراسة:
٥.....	٤.١ أهداف الدراسة:
٦.....	٥.١ تساؤلات الدراسة
٧.....	٦.١ فروض الدراسة:
٧.....	٧.١ الدراسات السابقة:
١٦.....	٨.١ الفجوة البحثية
١٧.....	٩.١ المنطلقات النظرية للدراسة:
١٩.....	١٠.١ المنهجية وطرق البحث:
٢٠.....	١١.١ مجتمع وعينة الدراسة
٢١.....	١٢.١ مصادر جمع البيانات
٢١.....	١٣.١ أداة الدراسة (الاستبانة)
٢٢.....	١٤.١ الأساليب الإحصائية المستخدمة
٢٣.....	١٥.١ حدود الدراسة
٢٥.....	الفصل الثاني: الإطار النظري

المبحث الأول: إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات.....	٢٥
١.١.٢ تمهيد.....	٢٥
٢.١.٢ مفهوم إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات.....	٢٥
٣.١.٢ أهمية إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات.....	٢٧
٤.١.٢ أهداف إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات.....	٢٩
٥.١.٢ أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات.....	٣٠
المبحث الثاني: دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار.....	٣٥
١.٢.٢ تمهيد.....	٣٥
٢.٢.٢ مفهوم دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار.....	٣٥
٣.٢.٢ أهمية دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار.....	٣٧
٤.٢.٢ أهداف دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار.....	٣٩
٥.٢.٢ أبعاد دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار.....	٤١
٦.٢.٢ العلاقة بين إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار.....	٤٤
الفصل الثالث: منهجية الدراسة وإجراءاتها.....	٤٥
١.٣ تمهيد.....	٤٥
٢.٣ منهج الدراسة.....	٤٥
٣.٣ مجتمع الدراسة وعينتها.....	٤٦
٤.٣ أداة الدراسة.....	٤٧
٥.٣ صدق وثبات أداة الدراسة.....	٤٨
٦.٣ مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة.....	٥٠
٧.٣ الأساليب الإحصائية المستخدمة.....	٥١
الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات.....	٥٣
١.٤ تمهيد.....	٥٣
٢.٤ تحليل البيانات الديموغرافية والوظيفية لأفراد عينة الدراسة.....	٥٣
٣.٤ التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة.....	٥٥

٦٠	٤.٤ اختبار فرضيات الدراسة
٦٧	الخامس: النتائج والتوصيات
٦٧	١.٥ تمهيد
٦٧	٢.٥ نتائج الدراسة
٧٠	٣.٥ توصيات الدراسة
٧٢	٤.٥ الدراسات المستقبلية المقترحة
٧٣	Abstract
٧٤	المراجع
٧٨	الملاحق
٧٩	استمارة استبيان

قائمة الجداول

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
٤٩	جدول رقم (٣ - ١): توزيع الاستبيان على فئات مجتمع الدراسة	١.
٥١	جدول رقم (٣ - ٢): معاملات الارتباط بين درجة كل بُعد والدرجة الكلية للمتغير	٢.
٥١	جدول رقم (٣ - ٣): معاملات ثبات أداة الدراسة وفق ألفا كرونباخ	٣.
٥٢	جدول رقم (٣ - ٤): مصفوفة الارتباط بين أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار	٤.
٥٥	جدول رقم (٤ - ١): توزيع أفراد العينة وفق متغير النوع	٥.
٥٦	جدول رقم (٤ - ٢): توزيع أفراد العينة وفق متغير العمر	٦.
٥٦	جدول رقم (٤ - ٣): توزيع أفراد العينة وفق المؤهل العلمي	٧.
٥٧	جدول رقم (٤ - ٤): توزيع أفراد العينة وفق سنوات الخبرة	٨.
٥٧	جدول رقم (٤ - ٥): توزيع أفراد العينة وفق طبيعة العمل	٩.
٥٨	جدول رقم (٤ - ٦): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد تقييم المخاطر التقنية	١٠.
٥٨	جدول رقم (٤ - ٧): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد أمن البيانات والبنية التحتية	١١.
٥٩	جدول رقم (٤ - ٨): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد حوكمة تكنولوجيا المعلومات	١٢.
٦٠	جدول رقم (٤ - ٩): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد المراقبة والتحسين المستمر	١٣.

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
٦٠	جدول رقم (٤ - ١٠): الترتيب العام لأبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات	١٤.
٦١	جدول رقم (٤ - ١١): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات المتغير التابع	١٥.
٦٢	جدول رقم (٤ - ١٢): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار	١٦.
٦٤	جدول رقم (٤ - ١٣): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر تقييم المخاطر التقنية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار	١٧.
٦٥	جدول رقم (٤ - ١٤): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر أمن البيانات والبنية التحتية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار	١٨.
٦٦	جدول رقم (٤ - ١٥): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر حوكمة تكنولوجيا المعلومات على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار	١٩.
٦٨	جدول رقم (٤ - ١٦): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر المراقبة والتحسين المستمر على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار	٢٠.

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

١.١ المقدمة

يُعدّ التطور المتسارع في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات من أبرز سمات العصر الراهن، إذ أصبحت المؤسسات بمختلف أنواعها تعتمد اعتماداً جوهرياً على البنى التحتية الرقمية والأنظمة التقنية المتقدمة في تسيير عملياتها وتحقيق أهدافها الاستراتيجية. وقد أفرز هذا الاعتماد المتزايد على التكنولوجيا مخاطر متعددة ومتنامية تُهدد أمن البيانات واستمرارية العمليات وسلامة المخرجات، مما جعل إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات ضرورة مؤسسية لا غنى عنها لضمان تحقيق التوازن بين الاستفادة من الإمكانيات التقنية والحدّ من تبعاتها السلبية المحتملة. وفي هذا الإطار، أكدت الأدبيات العلمية أن غياب منظومة فعّالة لإدارة المخاطر التقنية يُمثّل تهديداً حقيقياً لجودة البيانات وموثوقية الأنظمة واستقرار المخرجات في المؤسسات المعاصرة (Cremer et al., 2022).

وتبرز إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بوصفها منظومة متكاملة تشمل عدة أبعاد محورية تتضافر فيما بينها لتوفير بيئة تقنية آمنة ومستقرة؛ إذ يُشكّل تقييم المخاطر التقنية الخطوة الأولى في تحديد التهديدات ونقاط الضعف المحتملة في الأنظمة، فيما يُمثّل أمن البيانات والبنية التحتية خط الدفاع الأساسي لحماية المعلومات من الاختراق أو الفقدان، كما تضطلع حوكمة تكنولوجيا المعلومات بدور محوري في المواءمة بين الاستثمارات التقنية والأهداف المؤسسية، بينما تضمن المراقبة والتحسين المستمر استدامة فاعلية هذه المنظومة وتطويرها بصورة تراكمية (الجبلي، 2022).

ومن بين القطاعات الحيوية التي يتجلّى فيها أثر إدارة المخاطر التقنية بصورة بالغة الوضوح، يأتي قطاع الأرصاد الجوية الذي يعتمد في جوهر عمله على منظومات تقنية معقدة تشمل شبكات الرصد الآلي والأقمار الاصطناعية والنماذج العددية والحاسبات الفائقة لإنتاج تنبؤات جوية دقيقة تُشكّل ركيزة أساسية لحماية الأرواح والممتلكات، وقد شهدت السنوات الأخيرة تحولاً نوعياً في أساليب التنبؤ الجوي مع دخول تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم العميق التي أثبتت قدرات واعدة في معالجة البيانات الجوية الضخمة وتحسين دقة التنبؤات، وإن كانت لا تزال تحتاج إلى مزيد من التطوير لتحقيق الاتساق الفيزيائي وتقدير عدم اليقين، وقد أسهمت النماذج المعتمدة على البيانات في تقليص زمن التنبؤ من ساعات إلى ثوانٍ مع الحفاظ على مستويات دقة تنافسية مقارنة بالنماذج العددية التقليدية. (Wu & Xue, 2024)

ويظل التقدم التقني في مجال التنبؤات الجوية مرهوناً بمدى سلامة البيانات المُغذية للنماذج وموثوقية البنية التحتية التقنية التي تعمل من خلالها هذه الأنظمة. فالتحذيرات المبكرة الفعّالة وأنظمة دعم القرار في مؤسسات الأرصاد تعتمد على تدفق مستمر وآمن للبيانات من مصادر متعددة، وأي خلل في هذه المنظومة قد يؤدي إلى تراجع دقة التنبؤات أو تأخر وصول التحذيرات، مما يُعرّض المجتمعات لمخاطر جسيمة. وقد أكدت الدراسات أن فاعلية أنظمة دعم القرار الجوي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بجودة البنية التحتية وأمن البيانات التي تعمل من خلالها. (Na-Yemeh et al., 2022)

وتتقاطع إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات مع دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في علاقة عضوية لا يمكن فصل أحد طرفيها عن الآخر؛ فكلما ارتقت ممارسات إدارة المخاطر التقنية من حيث التقييم والتأمين والحوكمة والمراقبة المستمرة، انعكس ذلك إيجاباً على موثوقية البيانات واستقرار الأنظمة ودقة المخرجات التنبؤية وفاعلية أدوات دعم القرار. وهذا ما يجعل دراسة هذه العلاقة في سياق المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية ذات أهمية بالغة، لا سيما في ظل التحولات الكبرى التي تشهدها المملكة ضمن رؤية ٢٠٣٠ نحو التحول الرقمي وتعزيز الأمن السيبراني وتطوير القدرات الوطنية في مجال الأرصاد والبيئة. (Sanjaya et al., 2020)

و تسعى الدراسة الحالية إلى الكشف عن أثر إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها الأربعة (تقييم المخاطر التقنية، أمن البيانات والبنية التحتية، حوكمة تكنولوجيا المعلومات، المراقبة والتحسين المستمر) على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية، بما يُساهم في تقديم إطار علمي وعلمي يُعزز من كفاءة المنظومة التقنية ويرتقي بجودة الخدمات الجوية المقدمة لمختلف القطاعات والجهات المستفيدة في المملكة .

٢.١ مشكلة الدراسة

يشهد العالم تحولات تكنولوجية متسارعة فرضت على المؤسسات الحكومية والخدمية إعادة هيكلة منظوماتها التقنية والمعلوماتية بما يتواءم مع متطلبات العصر الرقمي، ولعل قطاع الأرصاد الجوية من أكثر القطاعات التي تتأثر بهذه التحولات نظراً لاعتماده الجوهري على البيانات الضخمة والنماذج العددية المعقدة وشبكات الرصد المتقدمة في إنتاج تنبؤات جوية دقيقة تُشكّل ركيزة أساسية لحماية الأرواح والممتلكات ودعم اتخاذ القرار في قطاعات حيوية متعددة. وفي هذا السياق، تبرز إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بوصفها ضرورة استراتيجية لا يمكن تجاوزها، إذ إن أي خلل أو قصور في منظومة إدارة المخاطر التقنية

قد يُفضي إلى تدهور جودة البيانات المُغذية لنماذج التنبؤ، وتعطّل الأنظمة التشغيلية في أوقات حرجية، واختراق البيانات الجوية الحساسة أو فقدانها، مما ينعكس سلباً على دقة التنبؤات الجوية وفاعلية أنظمة دعم القرار والتحذيرات المبكرة.

وتكتسب هذه المشكلة أبعاداً خاصة في المملكة العربية السعودية التي تتميز بتنوع جغرافي ومناخي واسع يجعلها عُرضة لظواهر جوية خطيرة كالعواصف الرملية والسيول المفاجئة والموجات الحرارية الشديدة، مما يستوجب امتلاك منظومة تنبؤات جوية عالية الدقة مدعومة ببنية تحتية تقنية آمنة ومستقرة. ويُمثّل المركز الوطني للأرصاد الجهة المعنية بتقديم هذه الخدمات الحيوية، وهو ما يضعه أمام تحديات مضاعفة تتعلق بضرورة تأمين بنيته التقنية ومعالجة المخاطر المرتبطة بها في ظل التوسع المتسارع في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والحوسبة السحابية وإنترنت الأشياء في عمليات الرصد والتنبؤ.

وعلى الرغم من الجهود الكبيرة التي يبذلها المركز الوطني للأرصاد في تطوير قدراته التقنية وتحديث أنظمتها، إلا أن الملاحظات الميدانية والتقارير الفنية تُشير إلى وجود تحديات لا تزال قائمة تتعلق بتفاوت مستويات دقة التنبؤات في بعض الظواهر الجوية، وتأخر وصول التحذيرات المبكرة في بعض الحالات، وقصور بعض أنظمة دعم القرار عن تلبية احتياجات الجهات المستفيدة بالكفاءة المطلوبة. ويُرجّح أن جزءاً من هذه التحديات يعود إلى عوامل مرتبطة بإدارة المخاطر التقنية، سواء على صعيد تقييم التهديدات المحتملة أو تأمين البيانات والبنية التحتية أو حوكمة تكنولوجيا المعلومات أو آليات المراقبة والتحسين المستمر.

وبمراجعة الأدبيات العلمية والدراسات السابقة، يتبيّن وجود فجوة بحثية واضحة تتمثل في ندرة الدراسات في حدود علم الباحث التي تناولت العلاقة المباشرة بين إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار، لا سيما في السياق العربي والسعودي تحديداً. فمعظم الدراسات السابقة تناولت إدارة المخاطر التقنية في القطاعات المالية والمصرفية، بينما ظل قطاع الأرصاد الجوية بعيداً عن الاهتمام البحثي في هذا الجانب رغم حساسيته وخطورة تبعات القصور فيه. كما أن الدراسات التي تناولت دقة التنبؤات الجوية ركّزت في غالبيتها على الجوانب الفنية والنمذجة العددية دون التطرق الكافي إلى البعد المؤسسي والتقني المتعلق بإدارة المخاطر وأثره على جودة المخرجات.

وانطلاقاً مما سبق، وفي ضوء التوجهات الاستراتيجية لرؤية المملكة ٢٠٣٠ التي تُولي أهمية قصوى للتحول الرقمي وتعزيز الأمن السيبراني ورفع كفاءة المؤسسات الحكومية، تتبلور مشكلة الدراسة الحالية في

التساؤل الرئيسي التالي: ما أثر إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها (تقييم المخاطر التقنية، أمن البيانات والبنية التحتية، حوكمة تكنولوجيا المعلومات، المراقبة والتحسين المستمر) على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية؟

3.1 أهمية الدراسة:

الأهمية العلمية (النظرية)

- تُعدّ هذه الدراسة من الدراسات الرائدة في حدود علم الباحث التي تتناول العلاقة بين إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في سياق عربي سعودي؛ إذ تكشف مراجعة الأدبيات عن ندرة الدراسات التي ربطت بين هذين المتغيرين في قطاع الأرصاد الجوية بشكل مباشر، مما يمنح هذه الدراسة قيمة علمية تأسيسية في بناء إطار نظري متكامل.
- تُسهم الدراسة في بناء نموذج نظري يدمج بين أبعاد إدارة مخاطر التكنولوجيا المستندة إلى أطر معتمدة دولياً وبين مؤشرات دقة التنبؤات الجوية ومتطلبات دعم القرار، مما يُوفر إطاراً مفاهيمياً يمكن للباحثين اللاحقين اختباره وتطويره في بيئات ومؤسسات مختلفة.
- تُعزز الدراسة التوجه البحثي البيني الذي يجمع بين تخصصات نظم المعلومات وإدارة المخاطر وعلوم الأرصاد الجوية، مما يفتح آفاقاً بحثية جديدة تتجاوز الحدود التقليدية للتخصص الواحد، ويُسهم في بناء قاعدة معرفية أكثر شمولاً حول البعد التكنولوجي في مؤسسات الأرصاد.
- تتجاوز الدراسة التناول التقليدي لعوامل دقة التنبؤات الجوية المتمثل في النماذج العددية والرصدات إلى استكشاف البعد المؤسسي والتقني المتمثل في إدارة المخاطر، مما يُضيف بعداً تفسيرياً جديداً لتباين مستويات الدقة بين مراكز الأرصاد المختلفة.
- تُقدم الدراسة نموذجاً منهجياً يمكن الاحتذاء به في دراسة أثر إدارة المخاطر التقنية على الأداء المؤسسي في القطاعات الحكومية المتخصصة، مما يُسهم في تطوير المنهجيات البحثية في هذا الحقل المعرفي الناشئ.

الأهمية العملية (التطبيقية)

- تُقدّم الدراسة توصيات عملية قائمة على أدلة إحصائية تُساعد إدارة المركز الوطني للأرصاد في تحديد أولويات الاستثمار في إدارة المخاطر التقنية، بما يتماشى مع مستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠ في التحول الرقمي وتطوير القدرات الوطنية في مجال الأرصاد والبيئة.
- تُسهم نتائج الدراسة في تعزيز منظومة التحذيرات المبكرة من الظواهر الجوية الخطرة كالعواصف الرملية والسيول والموجات الحرارية، مما ينعكس مباشرة على سلامة المواطنين والمقيمين وحماية البنى التحتية الحيوية في المملكة.
- تُوفّر الدراسة خريطة واضحة لأبعاد إدارة المخاطر التقنية الأكثر تأثيراً على دقة التنبؤات، مما يُمكن المركز من توجيه الموارد المالية والبشرية نحو المجالات ذات العائد الأعلى بدلاً من التوزيع العشوائي للموارد، وهو ما يُحقق كفاءة اقتصادية مرتفعة في ظل محدودية الميزانيات.
- تُساعد نتائج الدراسة في تصميم برامج تدريبية متخصصة للعاملين في المركز الوطني للأرصاد تستهدف تعزيز الوعي بإدارة المخاطر التقنية وربطه بمتطلبات دقة التنبؤات، مما يرفع الكفاءة المؤسسية الشاملة ويُقلل من الأخطاء البشرية في التعامل مع الأنظمة التقنية.
- تُسهم التوصيات العملية للدراسة في رفع تصنيف المركز الوطني للأرصاد ضمن مراكز الأرصاد العالمية من خلال تبني أفضل الممارسات في إدارة المخاطر التقنية، مما يُعزز مكانة المملكة في المحافل الدولية المعنية بالأرصاد الجوية والمناخ.

٤.١ أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على أثر إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها الأربعة (تقييم المخاطر التقنية، أمن البيانات والبنية التحتية، حوكمة تكنولوجيا المعلومات، المراقبة والتحسين المستمر) على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية.

يتفرع من الهدف الرئيسي الأهداف الفرعية التالية:

١. قياس أثر تقييم المخاطر التقنية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد، من خلال التعرف على مدى فاعلية آليات تحديد التهديدات ونقاط الضعف في الأنظمة التقنية المستخدمة في عمليات الرصد والتنبؤ، ومدى انعكاس ذلك على تقليل الأخطاء التشغيلية وتحسين مخرجات النماذج العددية.

٢. تحديد أثر أمن البيانات والبنية التحتية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد، وذلك بالكشف عن مدى إسهام سياسات حماية البيانات الجوية وتأمين شبكات الاتصال ومراكز البيانات في ضمان سلامة المعلومات المُغذية لنماذج التنبؤ، وأثر ذلك على موثوقية التحذيرات المبكرة وجودة مخرجات دعم القرار.

٣. الكشف عن أثر حوكمة تكنولوجيا المعلومات على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد، من خلال فحص مدى تطبيق أطر الحوكمة المعتمدة في توجيه الموارد التقنية وإدارة المخاطر مؤسسياً، وأثر ذلك على المواءمة الاستراتيجية بين الإمكانيات التكنولوجية ومتطلبات الدقة في التنبؤات.

٤. استكشاف أثر المراقبة والتحسين المستمر على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد، وذلك بتقييم فاعلية برامج المتابعة الدورية واختبارات الاختراق والتدقيق المستمر للأنظمة التقنية في تعزيز استقرار منظومة التنبؤ وتطوير أدوات دعم القرار بصورة تراكمية ومستدامة.

٥. تقديم إطار مقترح يُوضح العلاقة التكاملية بين أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار، بما يُسهم في تطوير السياسات والممارسات المؤسسية في المركز الوطني للأرصاد.

٥.١ تساؤلات الدراسة

السؤال الرئيسي

ما أثر إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها (تقييم المخاطر التقنية، أمن البيانات والبنية التحتية، حوكمة تكنولوجيا المعلومات، المراقبة والتحسين المستمر) على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية؟

الأسئلة الفرعية

١. ما أثر تقييم المخاطر التقنية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية؟
٢. ما أثر أمن البيانات والبنية التحتية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية؟
٣. ما أثر حوكمة تكنولوجيا المعلومات على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية؟

٤. ما أثر المراقبة والتحسين المستمر على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية؟

٥. ما التصور المقترح لتعزيز ممارسات إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بهدف تحسين دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد؟

٦.١ فروض الدراسة:

الفرض الرئيسي

- يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($0.05 \geq \alpha$) لإدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها مجتمعة (تقييم المخاطر التقنية، أمن البيانات والبنية التحتية، حوكمة تكنولوجيا المعلومات، المراقبة والتحسين المستمر) على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية.

الفروض الفرعية

- الفرض الفرعي الأول: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($0.05 \geq \alpha$) لتقييم المخاطر التقنية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية.
- الفرض الفرعي الثاني: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($0.05 \geq \alpha$) لأمن البيانات والبنية التحتية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية.
- الفرض الفرعي الثالث: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($0.05 \geq \alpha$) لحوكمة تكنولوجيا المعلومات على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية.
- الفرض الفرعي الرابع: يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($0.05 \geq \alpha$) للمراقبة والتحسين المستمر على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية.

٧.١ الدراسات السابقة:

المحور الأول: دراسات المتغير المستقل – إدارة مخاطر البيانات والتقنية

✿ دراسة خليفة وضيف الله وزين: (2021) أثر حوكمة تكنولوجيا المعلومات على الحد من مخاطر نظام المعلومات المحاسبي: دراسة ميدانية لعينة من المحاسبين

هدفت الدراسة إلى التعرف على المخاطر التي تواجه نظام المعلومات المحاسبي، ومدى مساهمة تطبيق حوكمة تكنولوجيا المعلومات بأبعادها (التخطيط الاستراتيجي لتقنية المعلومات، إدارة الموارد، قياس الأداء، إدارة المخاطر) في الحد من تلك المخاطر. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال استبانة وُزعت على مستخدمي نظم المعلومات المحاسبية في الشركات ومكاتب المحاسبة خلال الفترة من ٢٠١٩/٠٩/١٤ إلى 30/10/2019. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن نظم المعلومات المحاسبية قد تتعرض لمخاطر أثناء تشغيلها ناتجة في الغالب عن أسباب داخلية، وأن تطبيق حوكمة تكنولوجيا المعلومات يعمل كأداة فعالة للتقليل من هذه المخاطر خاصة في ظل التطورات التكنولوجية المتسارعة. وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز تطبيق حوكمة تكنولوجيا المعلومات في المؤسسات لحماية أنظمتها المحاسبية.

✿ دراسة الصيد وأبوشناف والتويقري: (2022) حوكمة تقنية المعلومات للحد من المخاطر السيبرانية وتعزيز أمن المعلومات المحاسبية في المؤسسات الليبية العامة

هدفت الدراسة إلى اقتراح نموذج لحوكمة تقنية المعلومات بأبعاده (الحوكمة المؤسسية، لجنة حوكمة تقنية المعلومات، إدارة المخاطر، الرقابة المستمرة، الشفافية والمساءلة، استقلالية المراجع الداخلي) للحد من المخاطر السيبرانية وتعزيز أمن المعلومات المحاسبية في المؤسسات الليبية العامة. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة الدراسات السابقة والتقارير والنماذج وأفضل الممارسات والأدبيات ذات العلاقة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن حوكمة تقنية المعلومات لها دور إيجابي في الحد من المخاطر السيبرانية وتعزيز أمن المعلومات المحاسبية. وأوصت الدراسة بضرورة تبني المؤسسات الليبية العامة لحوكمة تقنية المعلومات وتفعيل آلياتها لمواجهة التهديدات السيبرانية المتزايدة.

✿ دراسة الجبلي (٢٠٢٢): "أثر التكامل بين أبعاد COBIT5 ومكونات الرقابة الداخلية وفقاً لإطار COSO في الحد من مخاطر المحاسبة السحابية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر التكامل بين أبعاد إطار COBIT5 بأبعاده (التخطيط والتنظيم، الاقتناء والتنفيذ، التسليم والدعم، التوجيه والرقابة، المراقبة والتقييم) ومكونات الرقابة الداخلية وفقاً لإطار

COSO على الحد من مخاطر المحاسبة السحابية، في بيئة الشركات المصرية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من مجموعة من المحاسبين والمراجعين العاملين في شركات المساهمة المصرية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن التكامل بين أبعاد COBIT5 ومكونات الرقابة الداخلية وفقًا لإطار COSO يسهم بشكل جوهري وإيجابي في الحد من مخاطر المحاسبة السحابية بأبعادها المختلفة (مخاطر الأمان، مخاطر التشغيل، مخاطر الخصوصية). وأوصت الدراسة بضرورة تبني الشركات لإطار تكاملي يجمع بين حوكمة تكنولوجيا المعلومات والرقابة الداخلية لتعزيز الأمان ومواجهة المخاطر التقنية المستحدثة.

❁ دراسة العازمي (٢٠٢٢): "تفعيل حوكمة تكنولوجيا المعلومات في تأمين المعلومات المحاسبية من المخاطر الإلكترونية في ظل عصر الرقمنة: دراسة تطبيقية على البنوك التجارية الكويتية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور تفعيل حوكمة تكنولوجيا المعلومات بأبعادها (التوافق الاستراتيجي، إدارة المخاطر، إدارة الموارد، قياس الأداء، تحقيق القيمة) في تأمين المعلومات المحاسبية من المخاطر الإلكترونية في البنوك التجارية الكويتية في ظل عصر الرقمنة. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من العاملين في أقسام تكنولوجيا المعلومات والمحاسبة والمراجعة في البنوك التجارية الكويتية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود أثر ذي دلالة إحصائية لتفعيل حوكمة تكنولوجيا المعلومات بأبعادها المختلفة في تأمين المعلومات المحاسبية من المخاطر الإلكترونية. وأوصت الدراسة بضرورة تبني البنوك الكويتية لأطر حوكمة تقنية المعلومات المعتمدة دوليًا وتحديثها باستمرار.

❁ دراسة راجح وسلام (٢٠٢٥): "دور حوكمة تكنولوجيا المعلومات وفق إطار COBIT5 في الحد من مخاطر المحاسبة السحابية: دراسة ميدانية على مجموعة هائل سعيد أنعم وشركاه"

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور حوكمة تكنولوجيا المعلومات وفق إطار COBIT5 بأبعاده (التخطيط والتنظيم، الاقتناء والتنفيذ، التسليم والدعم، التوجيه والرقابة، المراقبة والتقييم) في الحد من مخاطر المحاسبة السحابية في شركات مجموعة هائل سعيد أنعم وشركاه باليمن. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من (١٦١) موظفًا في شركات المجموعة تم توزيع استبانات عليهم. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن مستوى ممارسة حوكمة تكنولوجيا المعلومات بأبعادها كان مرتفعًا في شركات المجموعة، وأن هذا المستوى المرتفع أسهم بشكل جوهري في تقليل المخاطر المرتبطة بالمحاسبة السحابية.

وأوصت الدراسة بضرورة إشراك أصحاب المصلحة في الإجراءات المتعلقة بتقنية المعلومات لتحسين جودة القرارات والحد من المخاطر.

✿ دراسة: (Sanjaya et al., 2020)

هدفت الدراسة إلى التعرف على كيفية تطبيق إدارة مخاطر تكنولوجيا المعلومات وفق معيار ISO 31000 بأبعاده (تحديد السياق، تحديد المخاطر، تحليل المخاطر، تقييم المخاطر، معالجة المخاطر) بالاعتماد على إطار ISSAF لاختبار الاختراق في نظام المعلومات لمفوضية الانتخابات بمدينة X في إندونيسيا. واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي من خلال تنفيذ اختبارات اختراق فعلية على النظام. وتكونت العينة من نظام تقنية المعلومات الخاص بمفوضية الانتخابات كدراسة حالة واحدة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى اكتشاف عدة ثغرات أمنية خطيرة في النظام، وأن تطبيق إطار ISO 31000 مع اختبار الاختراق وفق ISSAF يوفر منهجية شاملة وفعالة لتحديد المخاطر وتقييمها ومعالجتها. وأوصت الدراسة بضرورة إجراء اختبارات اختراق دورية وتبني معايير إدارة المخاطر الدولية في المؤسسات الحكومية.

✿ دراسة: (Cremer et al., 2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على مدى توافر البيانات المتعلقة بالمخاطر السيبرانية وأمن المعلومات، بأبعاد تشمل (مصادر المخاطر السيبرانية، آثار المخاطر السيبرانية، مجموعات بيانات الأمن السيبراني) وتأثيرها على إدارة المخاطر وصناعة التأمين السيبراني. واستخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية المنظمة وفق إطار PRISMA ، وتكونت العينة من (٥٢١٩) دراسة أولية تمت تصفيتها وصولاً إلى (٢٥٥) دراسة نهائية و (79) مجموعة بيانات فريدة من أربع قواعد بيانات (IEEE Xplore, Scopus, SpringerLink, Web of Science). وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن نقص البيانات المتاحة حول المخاطر السيبرانية يمثل مشكلة خطيرة، وأن ٥٨.٢٪ من مجموعات البيانات مصدرها الولايات المتحدة، مع وجود فجوة كبيرة في قواعد البيانات المفتوحة. وأوصت الدراسة بضرورة إتاحة البيانات المفتوحة وتوحيد معايير بيانات المخاطر السيبرانية لدعم البحث العلمي وصناعة التأمين.

✿ دراسة: (Al-Dosari & Fetais, 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على مدى فاعلية أطر إدارة مخاطر تكنولوجيا المعلومات بأبعادها (إطار NIST، إطار ISO/IEC 27001، إطار COBIT، إطار OCTAVE) في تعزيز أمن نظم المعلومات

في المنشآت الصغيرة والمتوسطة. واستخدمت الدراسة منهج التحليل البعدي (Meta-Analysis) للمراجعة المنهجية للأدبيات، وتكونت العينة من (١٦٨) مقالة أولية تمت تصفيتها إلى (29) دراسة نهائية منشورة بين ٢٠١٦ و ٢٠٢٢ من قواعد بيانات Google Scholar و IEEE Xplore و Springer Link و Elsevier و Scopus. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الأطر الحالية مثل NIST و ISO تعاني من التعقيد المفرط وصعوبة التطبيق في المنشآت الصغيرة، وأن النهج الهجين الذي يجمع بين أكثر من إطار يحقق نتائج أفضل. وأوصت الدراسة بتطوير أطر مبسطة ومرنة تناسب خصائص المنشآت الصغيرة والمتوسطة وتراعي العوامل البشرية في إدارة المخاطر.

❁ دراسة: (Li & Wang (2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على كيفية تصميم وتنفيذ نظام ذكي لتقييم وإدارة مخاطر أمن البيانات بأبعاده (تحديد مصادر المخاطر، تقييم احتمالية التهديدات، تقييم تأثير الثغرات الأمنية، آليات الاستجابة الآلية) في بيئة المؤسسات الرقمية. واستخدمت الدراسة المنهج التجريبي التطبيقي القائم على تصميم النظام وتطويره واختباره. وتكونت العينة من بيانات أمنية مستخلصة من بيانات مؤسسية مختلفة لاختبار أداء النظام المطور. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النظام الذكي المقترح يتمتع بقدرة عالية على اكتشاف التهديدات الأمنية وتقييم المخاطر بدقة وسرعة تفوق الأساليب التقليدية، مع توفير آليات استجابة آلية فعالة. وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد المؤسسات لأنظمة تقييم المخاطر الذكية المدعومة بالذكاء الاصطناعي لتعزيز حماية البيانات.

❁ دراسة: (Najwa, Miskon, & Okfalisa (2025)

هدفت الدراسة إلى التعرف على اتجاهات البحث وفرصه المستقبلية في مجال إدارة مخاطر نظم وتكنولوجيا المعلومات، بأبعاد تشمل (تقييم المخاطر، التهديدات الأمنية، إدارة المشاريع، أمن المعلومات، الحوكمة) من منظور بيبليومتري. واستخدمت الدراسة المنهج البيبليومتري (Bibliometric Analysis) باستخدام برنامج VOSViewer لتحليل شبكات المصطلحات. وتكونت العينة من (٢٨٩) ورقة بحثية منشورة في الفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٥ تم استخراجها من قواعد البيانات العلمية المحكمة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى تحديد (١٤٥) مصطلحاً مُصنفاً في (٧) مجموعات (Clusters)، وأن أكثر المصطلحات تكراراً هي "المشروع" و"التقييم" و"التهديد"، مع تباين نتائج إدارة مخاطر نظم المعلومات حسب ظروف كل

حالة. وأوصت الدراسة بضرورة التركيز على البحث في الفجوات المحددة وتطوير أطر إدارة مخاطر ديناميكية تتكيف مع التطورات التكنولوجية.

المحور الثاني: دراسات المتغير التابع – دقة التنبؤات ودعم القرار في الأرصاد الجوية

❁ دراسة نجيب (٢٠٢٢): "دور الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المخاطر وإدارة الكوارث"

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها (التعلم الآلي، التحليلات التنبؤية، أنظمة دعم القرار، نمذجة المخاطر) في تحسين إدارة المخاطر والكوارث الطبيعية بما فيها الظواهر الجوية المتطرفة. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة ذات الصلة. وتكونت العينة من مجموعة من التجارب والنماذج الدولية في توظيف الذكاء الاصطناعي لإدارة الكوارث. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يعزز بشكل كبير القدرة على التنبؤ بالكوارث وتحسين استجابة أنظمة الإنذار المبكر وتقليل الخسائر البشرية والمادية. وأوصت الدراسة بضرورة دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في خطط إدارة المخاطر الوطنية وتطوير البنية التحتية الرقمية اللازمة لذلك.

❁ دراسة المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية (٢٠٢٣): "تطوير منظومة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المملكة العربية السعودية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على جهود تطوير منظومة التنبؤات الجوية بأبعادها (توسيع شبكة محطات الرصد، تحديث أنظمة النمذجة العددية، تطبيقات الذكاء الاصطناعي، أنظمة الإنذار المبكر) ودورها في دعم اتخاذ القرار في المملكة العربية السعودية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التوثيقي من خلال عرض المشاريع والبرامج المنفذة في المركز الوطني للأرصاد. وتكونت البيانات من تقارير أداء المركز ومخرجات أنظمة التنبؤ والإنذار المبكر. وتوصلت النتائج إلى تحقيق تقدم ملموس في دقة التنبؤات الجوية بعد تحديث منظومة الرصد وتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي، مع تحسن ملحوظ في سرعة إصدار الإنذارات المبكرة. وأوصت الدراسة بمواصلة الاستثمار في التقنيات الحديثة وتعزيز التعاون الإقليمي والدولي في مجال الأرصاد الجوية.

❁ دراسة الشهري (٢٠٢٤): "استخدام نماذج أريما في التنبؤ بمعدلات هطول الأمطار في منطقة الباحة بالمملكة العربية السعودية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على إمكانية استخدام نماذج السلاسل الزمنية (ARIMA) بأبعادها (التعريف بالنموذج، تقدير المعلمات، اختبار ملاءمة النموذج، التنبؤ بالقيم المستقبلية) في التنبؤ بمعدلات هطول الأمطار في منطقة الباحة بالمملكة العربية السعودية. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التحليلي القائم على تحليل السلاسل الزمنية. وتكونت العينة من بيانات هطول الأمطار الشهرية المسجلة لمنطقة الباحة خلال الفترة من ١٩٨٥م إلى ٢٠١٤م. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن نماذج السلاسل الزمنية (ARIMA) قادرة على التنبؤ بالقيم المستقبلية لمعدلات هطول الأمطار بدقة مقبولة، وأنها أداة فعالة خاصة في ظل محدودية البيانات المتاحة. وأوصت الدراسة بتوظيف نماذج ARIMA في التخطيط لإدارة الموارد المائية والتنبؤ بالأحوال المناخية في المملكة.

❁ دراسة مركز تريندز للبحوث والاستشارات (٢٠٢٤): "الذكاء الاصطناعي وتطور التنبؤ بالأحوال الجوية: الفرص والتحديات"

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها (التعلم العميق، الشبكات العصبية، تحليل البيانات الضخمة، النمذجة المناخية الذكية) في تطوير دقة التنبؤات الجوية ودعم اتخاذ القرارات المتعلقة بالأحوال المناخية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة وتحليل الأدبيات والتجارب الدولية والعربية في هذا المجال. وتكونت العينة من مجموعة من التقارير والدراسات والتجارب العالمية لهيئات الأرصاد الجوية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي أحدث نقلة نوعية في دقة التنبؤات الجوية وسرعة إصدارها، إلا أن هناك تحديات تتعلق بجودة البيانات والبنية التحتية الرقمية والكفاءات البشرية. وأوصت الدراسة بتعزيز الاستثمار في البنية التحتية الرقمية وتأهيل الكوادر الوطنية لتوظيف الذكاء الاصطناعي في قطاع الأرصاد.

❁ دراسة هيئة الأرصاد المصرية (٢٠٢٤): "الذكاء الاصطناعي وثورة في التنبؤات الجوية والمائية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها (النمذجة العددية المحسنة، الشبكات العصبية التلافيفية، تحليل صور الأقمار الصناعية، التعلم العميق) في تحسين دقة التنبؤات الجوية والمائية في مصر. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال عرض التجارب التطبيقية لهيئة الأرصاد المصرية. وتكونت البيانات من مخرجات أنظمة التنبؤ الرقمية ومقارنتها بالأرصاد الفعلية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي أدى إلى تحسين ملموس في دقة

التنبؤات الجوية قصيرة ومتوسطة المدى، وتقليل نسبة الخطأ في التنبؤ بالظواهر الجوية المتطرفة. وأوصت الدراسة بتوسيع نطاق تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي وتطوير الكوادر البشرية المتخصصة.

✿ دراسة: Schultz et al., (2021)

هدفت الدراسة إلى التعرف على إمكانية استبدال نماذج التنبؤ العددي بالطقس بنماذج التعلم العميق بأبعاده (الشبكات العصبية التلافيفية، شبكات الذاكرة طويلة المدى، شبكات التوليد التنافسية، التقنيات الهجينة) لتحقيق تنبؤات جوية أسرع وأدق. واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي المقارن من خلال مراجعة شاملة لمعمارية نماذج التعلم العميق وتقييم قابليتها للتطبيق على بيانات الأرصاد الجوية. وتكونت العينة من تحليل نماذج التنبؤ العددي الحالية ومقارنتها بنماذج التعلم العميق المتاحة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن استبدال النماذج العددية بالكامل بنماذج تعلم عميق ليس مستبعدًا مستقبلاً، لكنه يتطلب اختراقات جوهرية في معالجة خصائص البيانات الجوية المعقدة وتحقيق الاتساق الفيزيائي وتقدير عدم اليقين. وأوصت الدراسة بتعزيز التعاون بين علماء الحاسوب وعلماء الأرصاد لتطوير نماذج هجينة تجمع بين مزايا النهجين.

✿ دراسة: Na-Yemeh et al., (2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر نظام دعم القرار الجوي OK-First بأبعاده (أدوات الرصد، التدريب والتأهيل، خدمات الدعم الفني، التكامل مع شبكة الأرصاد) على قرارات مسؤولي السلامة العامة في ولاية أوكلاهوما بالولايات المتحدة. واستخدمت الدراسة المنهج المختلط (Mixed Methods) الذي يجمع بين التحليل الكمي والنوعي من ثلاثة مصادر (تحليلات استخدام الموقع الإلكتروني، استبانات المستخدمين، مقابلات معمقة). وتكونت العينة من مستخدمي نظام OK-First من مسؤولي السلامة العامة في أوكلاهوما. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن مجموعة متنوعة من الأدوات الجوية ضرورية لاتخاذ القرارات في ظروف الطقس الخطرة، وأن النظام حقق وفورات مالية تُقدر بأكثر من ١.٢ مليون دولار خلال ١٢ شهرًا. وأوصت الدراسة بتعزيز تطوير أنظمة دعم القرار الجوي وتوسيع برامج التدريب.

✿ دراسة: Pagano et al., (2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على التحديات التي تواجه عمليات التحقق من دقة التنبؤات الجوية وتقييمها بأبعاده (أساليب التحقق غير الملائمة، عدم اكتمال بيانات الرصد، صعوبة تقييم المنتجات الاحتمالية، ربط التحقق بالتطوير المؤسسي، التواصل مع صناع القرار). واستخدمت الدراسة المنهج المسحي القائم

على استبانة دولية واسعة النطاق .وتكونت العينة من ممارسين في هيئات الأرصاد الجوية الوطنية حول العالم .وتوصلت نتائج الدراسة إلى خمسة محاور رئيسية للتحديات: عدم ملائمة أساليب التحقق الحالية، وبيانات الرصد غير الكاملة، وصعوبات ربط التحقق بتحسين الخدمات، ونقص الموارد والكفاءات، وضعف التواصل مع المستخدمين النهائيين .وأوصت الدراسة بتطوير منهجيات تحقق جديدة تتناسب مع المنتجات الاحتمالية الحديثة وتعزيز التعاون الدولي في هذا المجال.

❁ دراسة: Ripberger et al., (2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على كيفية تأثير إيصال معلومات الاحتمالات في التنبؤات الجوية بأبعادها (فهم الجمهور للاحتتمالات، صيغ عرض المعلومات، تأثير الاحتمالات على القرارات، الفروق الفردية في الاستيعاب) على جودة قرارات المستخدمين. واستخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية المنظمة الحية (Living Systematic Review) وتكونت العينة من (٣٢٧) دراسة تم تحديدها وتصنيفها من الأدبيات العلمية ذات الصلة .وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الأفراد يتخذون قرارات أفضل عند تزويدهم بمعلومات احتمالية مقارنة بالتنبؤات الحتمية التقليدية، وأن طريقة عرض المعلومات الاحتمالية تؤثر بشكل كبير على فهمها واستخدامها. وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد صيغ موحدة ومبسطة لعرض المعلومات الاحتمالية في التنبؤات الجوية لتحسين دعم القرار.

❁ دراسة: Wu & Xue (2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطور نماذج التنبؤ الجوي والنمذجة المناخية القائمة على البيانات بأبعادها (اختيار مجموعات البيانات، تصميم بنية النموذج، عمليات التدريب، التسريع الحاسوبي، تقييم فاعلية التنبؤ). واستخدمت الدراسة منهج المراجعة الأدبية الشاملة لأبرز النماذج المطورة منذ عام ٢٠١٨ حتى ٢٠٢٤. وتكونت العينة من تحليل مقارن لنماذج رئيسية تشمل Pangu و GraphCast و FengWu و FuXi و NeuralGCM و ClimaX. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن النماذج القائمة على البيانات المدربة على بيانات ERA5 قادرة على تقديم تنبؤات فعالة بمعامل ارتباط (ACC) أعلى من ٠.٦ لمدة تصل إلى ١٥ يومًا بدقة مكانية ٠.٢٥ درجة، وأنها تتفوق أو تضاهي أفضل طرق التنبؤ العددي ٩٠٪ من المتغيرات مع تقليل زمن التنبؤ من ساعات إلى ثوانٍ. وأوصت الدراسة ببناء نماذج أكبر ودمج المزيد من القيود الفيزيائية وتطوير أساليب التقييم الشامل.

٨.١ الفجوة البحثية

تتفق الدراسة الحالية مع عدد من الدراسات السابقة في جوانب متعددة تتعلق بالهدف والمنهج وبيئة التطبيق. فمن حيث الهدف، تتفق الدراسة الحالية مع دراسة الجبلي (٢٠٢٢) ودراسة خليفة وضيف الله وزين (٢٠٢١) ودراسة راح وسلام (٢٠٢٥) ودراسة العازمي (٢٠٢٢) في السعي نحو الكشف عن أثر حوكمة تكنولوجيا المعلومات وإدارة المخاطر التقنية على جودة المخرجات المؤسسية، كما تتفق مع دراسة (2023) Al-Dosari & Fetais ودراسة (2020) Sanjaya et al. في التركيز على أطر إدارة المخاطر التقنية المعتمدة دولياً كـ ISO 31000 و COBIT و NIST بوصفها أدوات مرجعية لتقييم الممارسات المؤسسية. وفي جانب المتغير التابع، تتفق الدراسة الحالية مع دراسة Schultz et al. (2021) ودراسة (2024) Wu & Xue في الاهتمام بتحسين دقة التنبؤات الجوية، ومع دراسة Na- (2022) Yemeh et al. ودراسة (2022) Ripberger et al. في التركيز على فاعلية أنظمة دعم القرار الجوي وأثرها على المستفيدين. أما من حيث المنهج، فتتفق الدراسة الحالية مع غالبية الدراسات العربية كدراسة الجبلي (٢٠٢٢) ودراسة خليفة وآخرين (2021) ودراسة العازمي (٢٠٢٢) في اعتماد المنهج الوصفي التحليلي واستخدام الاستبانة أداة رئيسية لجمع البيانات، كما تتفق مع دراسة الشهري (٢٠٢٤) في التطبيق على البيئة السعودية بوصفها بيئة ذات خصوصية مناخية وجغرافية تستوجب دراسات متخصصة.

تختلف الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة في عدة جوانب جوهرية تمنحها تميزاً وأصاله بحثية. فمن حيث الهدف، ركزت معظم الدراسات السابقة في جانب المتغير المستقل على قطاعات مالية ومصرفية ومحاسبية؛ إذ طبقت دراسة الجبلي (٢٠٢٢) على شركات الاتصالات المصرية، ودراسة خليفة وآخرين (٢٠٢١) على عينة من المحاسبين الجزائريين، ودراسة راح وسلام (٢٠٢٥) على مجموعة هائل سعيد أنعم اليمنية، ودراسة العازمي (2022) على البنوك التجارية الكويتية، ودراسة الصيد وآخرين (٢٠٢٢) على المؤسسات العامة الليبية، في حين تنفرد الدراسة الحالية بتطبيقها على قطاع الأرصاد الجوية المتمثل في المركز الوطني للأرصاد بالملكة العربية السعودية وهو قطاع لم تتناوله الدراسات السابقة في سياق إدارة المخاطر التقنية. كما أن دراسات المتغير التابع كدراسة (2021) Schultz et al. ودراسة (2024) Wu & Xue اعتمدت مناهج تحليلية ومراجعات نظرية لنماذج التعلم العميق والتنبؤ المعتمد على البيانات دون ربطها بإدارة المخاطر التقنية، بينما ركزت دراسة (2024) Pagano et al. على تحديات التحقق من التنبؤات من منظور فني بحث، وتناولت دراسة (2022) Cremer et al. ودراسة (2022) Najwa et al.

(2025) المخاطر السيبرانية من منظور بيليومتري ونظري دون تطبيق ميداني على قطاع بعينه. وبذلك تتميز الدراسة الحالية بكونها الدراسة الأولى — في حدود علم الباحث — التي تربط بين إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها الأربعة ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في بيئة تطبيقية سعودية متخصصة، مما يسهم في سد فجوة بحثية واضحة في الأدبيات العربية والدولية على حد سواء

٩.١ المنطلقات النظرية للدراسة:

أولاً: إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات

مفهوم إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات

تُعرّف إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأنها مجموعة الأنشطة والعمليات المنسقة التي تهدف إلى تحديد وتحليل وتقييم ومعالجة ومراقبة المخاطر المرتبطة بالأنظمة التقنية والبيانات الرقمية داخل المؤسسة، بما يضمن استمرارية العمليات وسلامة المخرجات وحماية الأصول المعلوماتية. وقد عرّف المعيار الدولي ISO 31000:2018 المخاطر بأنها "أثر عدم اليقين على الأهداف"، فيما عرّف إدارة المخاطر بأنها "الأنشطة المنسقة لتوجيه المؤسسة والتحكم فيها فيما يتعلق بالمخاطر". وفي السياق التقني تحديداً، تتسع هذه المخاطر لتشمل التهديدات السيبرانية واختراق البيانات وأعطال الأنظمة وفقدان المعلومات وعدم التوافق التقني، مما يستوجب وجود منظومة إدارة متكاملة تعمل بشكل استباقي ومنهجي. ويُعرّف إطار NIST للأمن السيبراني (النسخة ٢.٠) إدارة مخاطر الأمن السيبراني بأنها "نهج منظم لإدارة المخاطر من خلال ست وظائف أساسية هي: الحوكمة، والتحديد، والحماية، والكشف، والاستجابة، والتعافي". وتتبنى هذه الدراسة تعريفاً إجرائياً لإدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بوصفها المنظومة المؤسسية المتكاملة التي يتبناها المركز الوطني للأرصاد لتحديد وتقييم ومعالجة ومراقبة المخاطر المرتبطة بأنظمتها التقنية وبياناته الجوية، وتتضمن أربعة أبعاد رئيسية تُقاس من خلال استجابات العاملين على فقرات الاستبانة المصممة لهذا الغرض.

أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات

البُعد الأول — تقييم المخاطر التقنية: يُشير هذا البُعد إلى العملية المنهجية لتحديد التهديدات ونقاط الضعف المحتملة في الأنظمة التقنية، وتحليل احتمالية وقوعها وتقدير أثرها المحتمل على العمليات

والمخرجات. ويتضمن ذلك إجراء مسح دوري للثغرات الأمنية، وتصنيف المخاطر وفقاً لمصفوفة الاحتمالية والأثر، وتحديد أولويات المعالجة. ويُعدّ تقييم المخاطر وفقاً لإطار "NIST SP 800-30 عملية تحديد عوامل الخطر التي يمكن أن تؤثر سلباً على قدرة المؤسسة على إنجاز أعمالها". وفي سياق الأرصاد الجوية، يشمل ذلك تقييم المخاطر المتعلقة بشبكات الرصد والمحطات الآلية ووحدات المعالجة ونظم الاتصالات.

البُعد الثاني — أمن البيانات والبنية التحتية: يُعبّر هذا البُعد عن مجموعة السياسات والإجراءات والتقنيات المُصممة لحماية البيانات من الوصول غير المصرح به أو التعديل أو الفقدان أو التدمير، وتأمين البنية التحتية التقنية (الخوادم، شبكات الاتصال، مراكز البيانات، أنظمة التخزين) من الأعطال والتهديدات الخارجية والداخلية. ويشمل ذلك تطبيق آليات التشفير والنسخ الاحتياطي والتحكم في الوصول وجدران الحماية وأنظمة كشف التسلل. ويكتسب هذا البُعد أهمية خاصة في مؤسسات الأرصاد نظراً لحساسية البيانات الجوية وضرورة توافرها بصورة مستمرة وآنية لتغذية نماذج التنبؤ.

البُعد الثالث — حوكمة تكنولوجيا المعلومات: تُعرّف حوكمة تكنولوجيا المعلومات بأنها الإطار المؤسسي الذي يضمن توجيه الاستثمارات التقنية ومراقبتها وتقييمها بما يتوافق مع الأهداف الاستراتيجية للمؤسسة. ويتضمن هذا البُعد خمسة مجالات رئيسية وفقاً للأدبيات الأكاديمية هي: المواءمة الاستراتيجية، وتقديم القيمة، وإدارة المخاطر، وإدارة الموارد، وقياس الأداء. وقد طوّرت منظمة ISACA إطار COBIT بوصفه الإطار الأكثر شمولاً لحوكمة تكنولوجيا المعلومات وإدارتها في المؤسسات، حيث يتضمن في نسخته الأخيرة (COBIT 2019) أربعين هدفاً للحوكمة والإدارة مُوزعة على ستة مبادئ أساسية هي: تقديم قيمة لأصحاب المصلحة، والنهج الشمولي، ونظام الحوكمة الديناميكي، وفصل الحوكمة عن الإدارة، والتصميم وفقاً لاحتياجات المؤسسة، والنظام الشامل. وفي سياق الدراسة الحالية يُقصد بحوكمة تكنولوجيا المعلومات مدى تطبيق المركز الوطني للأرصاد لأطر ومعايير الحوكمة التقنية في توجيه الموارد ومراقبة الأداء وإدارة المخاطر بما يخدم أهدافه في تحسين دقة التنبؤات.

البُعد الرابع — المراقبة والتحسين المستمر: يُعبّر هذا البُعد عن الآليات المؤسسية المُصممة لمتابعة أداء الأنظمة التقنية بشكل دوري ومستمر، والكشف المبكر عن أي انحرافات أو تهديدات ناشئة، وتنفيذ إجراءات تصحيحية وتحسينية بصورة تراكمية. ويشمل ذلك برامج التدقيق الداخلي لأنظمة المعلومات، واختبارات الاختراق الدورية، ومراجعة سجلات الأحداث الأمنية، وقياس مؤشرات الأداء الرئيسية للأنظمة

التقنية، فضلاً عن تبني منهجية التحسين المستمر القائمة على دورة (خطط — نفذ — تحقق — صحّح) .
ويُسهم هذا البُعد في ضمان أن منظومة إدارة المخاطر التقنية تتطور باستمرار لمواكبة التهديدات المتجددة والمتطلبات المتغيرة.

ثانياً: دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

مفهوم دقة التنبؤات الجوية

تُعرّف دقة التنبؤات الجوية بأنها مقياس كمي ونوعي لمدى تطابق التنبؤات الصادرة عن مركز الأرصاد مع الأرصاد الفعلية المُسجّلة، وتُقاس باستخدام مجموعة من المقاييس الإحصائية المعتمدة دولياً مثل معامل ارتباط الشذوذ (ACC) والجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE) ومعدل الخطأ المطلق (MAE) ودرجة بريير (Brier Score) للتنبؤات الاحتمالية. وقد عرّفت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) التحقق من التنبؤات بأنه "عملية تقييم مدى تطابق التنبؤ مع الأرصاد الفعلية"، مُشيرة إلى أن الدقة تُمثّل "المقاييس الكمية التمثيلية لخطأ التنبؤ". وفي السياق الإجرائي لهذه الدراسة، يُقصد بدقة التنبؤات الجوية مستوى الموثوقية والتطابق في التنبؤات الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد مع الظروف الجوية الفعلية، كما يُدركها العاملون في المركز ويُقيّمونها من خلال استجاباتهم على فقرات الاستبانة.

مفهوم دعم القرار في مجال الأرصاد الجوية

يُعرّف نظام دعم القرار في مجال الأرصاد الجوية بأنه المنظومة المتكاملة من الأدوات والمعلومات والتحليلات التي تُقدّم لصانعي القرار بيانات جوية مُعالجة ومُفسّرة بصورة تُمكنهم من اتخاذ قرارات مستنيرة في الوقت المناسب. ويشمل ذلك أنظمة الإنذار المبكر، ونشرات التحذيرات الجوية، والخرائط التفاعلية، والتقارير المتخصصة للقطاعات المختلفة (الطيران، الزراعة، الملاحة البحرية، إدارة الأزمات)، والمنصات الرقمية لإيصال المعلومات الجوية. وتكمن أهمية أنظمة دعم القرار في كونها تُحوّل البيانات الجوية الخام والتنبؤات العددية إلى معلومات قابلة للتطبيق تُساعد الجهات المستفيدة على اتخاذ إجراءات وقائية أو تكييفية مناسبة.

١٠.١ المنهجية وطرق البحث:

سوف تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي باعتباره المنهج الأكثر ملاءمة لطبيعة الدراسة وأهدافها، حيث سيمكّن الباحث من وصف وتحليل أثر إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها الأربعة (تقييم المخاطر التقنية، أمن البيانات والبنية التحتية، حوكمة تكنولوجيا المعلومات، المراقبة والتحسين المستمر) على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية. وسيتيح هذا المنهج جمع البيانات الكمية من مفردات العينة وتحليلها إحصائياً لاختبار فروض الدراسة والإجابة عن تساؤلاتها، فضلاً عن الكشف عن العلاقات الارتباطية والسببية بين متغيرات الدراسة.

كما سيستعين الباحث بأسلوب المسح الميداني الشامل من خلال تصميم استبانة إلكترونية مُحكّمة ستوزع على العاملين في المركز الوطني للأرصاد ممن تتصل مهامهم الوظيفية بتكنولوجيا المعلومات والأنظمة التقنية والتنبؤات الجوية ودعم القرار، وذلك بهدف الوصول إلى نتائج دقيقة وقابلة للتعميم. وسيُراعى في تطبيق المنهج الالتزام بمعايير الصدق والثبات والموضوعية العلمية لضمان جودة النتائج وموثوقيتها.

١١.١ مجتمع وعينة الدراسة

سيكون مجتمع الدراسة من جميع العاملين في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية في التخصصات ذات الصلة بموضوع الدراسة، ويشمل ذلك العاملين في إدارات تكنولوجيا المعلومات وأمن البيانات والتنبؤات الجوية والرصد والمحطات والأنظمة العددية ودعم القرار والتحذيرات المبكرة. ووفقاً للبيانات المتاحة عن الهيكل التنظيمي للمركز الوطني للأرصاد، يُقدّر إجمالي مجتمع الدراسة بنحو (850) موظفاً وموظفة يعملون في هذه التخصصات عبر المقر الرئيسي في جدة والفروع الإقليمية المنتشرة في مختلف مناطق المملكة.

وبالنظر إلى حجم مجتمع الدراسة، سيلجأ الباحث إلى استخدام أسلوب العينة الطبقية العشوائية التناسبية لضمان تمثيل جميع الإدارات والمستويات الوظيفية تمثيلاً متوازناً. وسيتم تحديد حجم العينة باستخدام معادلة ستيفن ثومبسون (Steven Thompson) عند مستوى ثقة (٩٥٪) وهامش خطأ (٥٪)، ليبلغ الحد الأدنى المطلوب للعينة نحو (265) مفردة. وسيحرص الباحث على توزيع (320) استبانة لتعويض الفاقد المتوقع في الاستبانات غير المكتملة أو غير الصالحة للتحليل الإحصائي، مع مراعاة التوزيع التناسبي على الطبقات الوظيفية المختلفة (إدارة تقنية المعلومات، إدارة التنبؤات الجوية، إدارة الرصد والمحطات، إدارة دعم القرار والتحذيرات المبكرة).

١٢.١ مصادر جمع البيانات

سيعتمد الباحث على نوعين رئيسيين من مصادر جمع البيانات:

❖ **المصادر الثانوية:** وتشمل الكتب والمراجع العلمية المتخصصة، والدوريات والمجلات العلمية المحكمة العربية والأجنبية، والرسائل الجامعية (ماجستير ودكتوراه)، والتقارير والوثائق الرسمية الصادرة عن المركز الوطني للأرصاد والهيئات الدولية المعنية بالأرصاد الجوية، وقواعد البيانات الإلكترونية مثل Scopus و Web of Science و Google Scholar، وذلك بهدف بناء الإطار النظري للدراسة ومراجعة الدراسات السابقة.

❖ **المصادر الأولية:** وتتمثل في البيانات التي سيجمعها الباحث ميدانياً من خلال الاستبانة الإلكترونية المُصممة خصيصاً لأغراض هذه الدراسة، والتي ستوزع على مفردات العينة لقياس آرائهم وتصوراتهم حول واقع تطبيق إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات وأثرها على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار.

١٣.١ أداة الدراسة (الاستبانة)

سَيُصمم الباحث استبانة إلكترونية تُعدّ الأداة الرئيسية لجمع البيانات الأولية، وستتكون من ثلاثة أقسام رئيسية على النحو التالي:

❖ **القسم الأول: البيانات الديموغرافية والوظيفية** سيتضمن هذا القسم (4) متغيرات تصنيفية تشمل: المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، التخصص الوظيفي، والمستوى الإداري.

❖ **القسم الثاني: المتغير المستقل — إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات** سيتكون هذا القسم من (4) أبعاد، يضم كل بُعد (4) فقرات، بإجمالي (16) فقرة، وذلك على النحو التالي:

البُعد	عدد الفقرات
تقييم المخاطر التقنية	4 فقرات
أمن البيانات والبنية التحتية	4 فقرات
حوكمة تكنولوجيا المعلومات	4 فقرات
المراقبة والتحسين المستمر	4 فقرات
الإجمالي	16 فقرة

❖ القسم الثالث: المتغير التابع — دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار سيتكون هذا القسم من محور واحد أحادي البعد يضم (12) فقرة تقيس مستوى دقة التنبؤات الجوية وفاعلية أنظمة دعم القرار في المركز الوطني للأرصاد.

سيتكون الاستبانة في صورتها النهائية من (28) فقرة موزعة على محاور المتغير المستقل والمتغير التابع، بالإضافة إلى (4) متغيرات ديموغرافية ووظيفية. وسيستخدم مقياس ليكرت الخماسي (موافق بشدة = ٥، موافق = ٤، محايد = ٣، غير موافق = ٢، غير موافق بشدة = ١) لقياس استجابات المبحوثين على جميع فقرات الاستبانة.

١٤.١ الأساليب الإحصائية المستخدمة

سيستعين الباحث ببرنامج الحزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS V.26) وبرنامج (AMOS 7.24) للنمذجة بالمعادلات الهيكلية لتحليل بيانات الدراسة، وسيتم توظيف الأساليب الإحصائية التالية:

أولاً: أساليب التحقق من صلاحية الأداة

❖ معامل ألفا كرونباخ: (Cronbach's Alpha) سيستخدم لقياس درجة ثبات أداة الدراسة والتأكد من الاتساق الداخلي لفقرات كل بُعد من أبعاد الاستبانة وللاداة ككل، حيث تُعدّ القيم الأعلى من (0.70) مقبولة إحصائياً.

❖ معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation Coefficient) سيستخدم لقياس صدق الاتساق الداخلي من خلال حساب معاملات الارتباط بين درجة كل فقرة والدرجة الكلية للبُعد الذي تنتمي إليه، وبين درجة كل بُعد والدرجة الكلية للاستبانة.

❖ التحليل العاملي التوكيدي: (Confirmatory Factor Analysis – CFA) سيستخدم باستخدام برنامج AMOS للتحقق من صدق البناء والتأكد من أن البيانات تتوافق مع النموذج النظري المفترض للدراسة، ولتقييم مؤشرات حسن المطابقة مثل (GFI, CFI, RMSEA, Chi-Square/df).

ثانياً: أساليب الإحصاء الوصفي

❖ التكرارات والنسب المئوية: ستستخدم لوصف خصائص عينة الدراسة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية (الوظيفية) (المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، التخصص الوظيفي، المستوى الإداري).

- ❖ المتوسطات الحسابية (Means) ستستخدم لتحديد مستوى استجابات أفراد العينة على كل فقرة من فقرات الاستبانة وعلى كل بُعد والأداة ككل، وترتيب الأبعاد والفقرات وفقاً لدرجة الموافقة.
- ❖ الانحرافات المعيارية (Standard Deviations) ستستخدم للتعرف على مدى تشتت استجابات أفراد العينة عن المتوسط الحسابي، والكشف عن درجة التجانس أو التباين في الآراء.
- ❖ الأهمية النسبية (Relative Importance) ستستخدم لترتيب أبعاد المتغير المستقل وفقاً لأهميتها من وجهة نظر المبحوثين.

ثالثاً: أساليب الإحصاء الاستدلالي

- ❖ تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) سيستخدم لاختبار أثر كل بُعد من أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات (تقييم المخاطر التقنية، أمن البيانات والبنية التحتية، حوكمة تكنولوجيا المعلومات، المراقبة والتحسين المستمر) منفرداً على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار.
- ❖ تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression) سيستخدم لاختبار الأثر المشترك لأبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات مجتمعة على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار، وتحديد الأبعاد الأكثر تأثيراً وقدرة تفسيرية.
- ❖ معامل التحديد (R^2) سيستخدم لتحديد نسبة التباين في المتغير التابع (دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار) التي تُفسرها أبعاد المتغير المستقل (إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات).
- ❖ اختبار (F-Test) سيستخدم للتحقق من معنوية نموذج الانحدار الكلي ومدى صلاحيته لتفسير العلاقة بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع.
- ❖ اختبار (T-Test) للعينات المستقلة سيستخدم لاختبار دلالة الفروق الإحصائية في استجابات أفراد العينة وفقاً للمتغيرات الديموغرافية ثنائية الفئات.

١٥.١ حدود الدراسة

- ❖ الحدود الموضوعية: ستقتصر الدراسة على دراسة أثر إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها الأربعة (تقييم المخاطر التقنية، أمن البيانات والبنية التحتية، حوكمة تكنولوجيا المعلومات، المراقبة والتحسين المستمر) على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار.

- ❖ الحدود المكانية: ستُطبق الدراسة في المركز الوطني للأرصاد بالملكة العربية السعودية بمقره الرئيسي في مدينة جدة وفروعه الإقليمية المنتشرة في مختلف مناطق المملكة.
- ❖ الحدود الزمانية: سيتم جمع البيانات الميدانية خلال الفصل الدراسي الثاني من العام الجامعي ١٤٤٧/١٤٤٨ هـ الموافق ٢٠٢٥/٢٠٢٦ م.
- ❖ الحدود البشرية: ستُطبق الدراسة على العاملين في المركز الوطني للأرصاد في التخصصات ذات الصلة بتكنولوجيا المعلومات وأمن البيانات والتنبؤات الجوية والرصد والأنظمة العددية ودعم القرار والتحذيرات المبكرة.

الفصل الثاني: الإطار النظري

المبحث الأول: إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات

١.١.٢ تمهيد

تعيش منظمات الأعمال المعاصرة مرحلة فارقة من التحول الرقمي العميق، حيث انتقل ثقل الموارد المؤسسية من الأصول المادية الملموسة إلى الأصول المعلوماتية والتقنية التي باتت تُشكّل البنية الحاكمة لمنظومة العمل المؤسسي واتخاذ القرار. وفي خضم هذا التحول، تصاعد الاعتماد على تكنولوجيا البيانات بوصفها العصب الذي يربط بين وظائف المنظمة المختلفة ومصدر الميزة التنافسية المستدامة، غير أن هذا الاعتماد المتنامي رافقه اتساع موازٍ في رقعة التهديدات والمخاطر التي تستهدف هذه التكنولوجيا، سواء من حيث الاختراقات السيبرانية أم أعطال البنية التحتية أم فقدان البيانات أم مخاطر الامتثال التشريعي. وقد أفرز هذا الواقع حاجة ملحة إلى منظور إداري متكامل يتعامل مع المخاطر التقنية بوصفها جزءاً عضوياً من إدارة المنظمة، لا بوصفها مسألة فنية محضة تُترك للأقسام التقنية وحدها. (Cremer et al., 2022)

ومن هذا المنطلق، انبثقت إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات حقلاً معرفياً وتطبيقياً متخصصاً يسعى إلى تحقيق التوازن بين الاستفادة القصوى من إمكانيات التكنولوجيا في تطوير الأداء المؤسسي من جهة، وضبط ما يصاحب هذه الاستفادة من مخاطر محتملة من جهة أخرى. وتزداد أهمية هذا الحقل في المؤسسات ذات الطابع الحيوي كمراكز الأرصاد الجوية، التي تتعامل مع بيانات ضخمة ومعقدة وتُبنى على معالجتها قرارات تمس سلامة الأرواح والممتلكات والاقتصاد الوطني، مما يجعل أي خلل تقني أو تهديد أمني قادراً على إحداث آثار تتجاوز حدود المنظمة إلى المجتمع بأسره. (Al-Dosari & Fetais, 2023)

ويتناول هذا المبحث الإطار النظري لإدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات من خلال استعراض مفاهيمها وتطوره ومدارسه الفكرية، ثم بيان أهميتها للمنظمات المعاصرة، فاستعراض أهدافها التي تسعى إلى تحقيقها، وانتهاءً بتحليل أبعادها الأربعة التي اعتمدت في الدراسة الحالية: تقييم المخاطر التقنية، وأمن البيانات والبنية التحتية، وحوكمة تكنولوجيا المعلومات، والمراقبة والتحسين المستمر.

٢.١.٢ مفهوم إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات

تتعدد الزوايا التي عالج الباحثون من خلالها مفهوم إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات، ويعكس هذا التعدد طبيعة المفهوم المركبة التي تتقاطع فيها الأبعاد التقنية والإدارية والتنظيمية والاستراتيجية. وقد عرّفها (Sanjaya et al., 2020) بوصفها عملية منهجية منظمة تُعنى بتحديد المخاطر المرتبطة باستخدام تكنولوجيا المعلومات وتقييمها ومعالجتها وفق إطار معياري محدد، بحيث تُترجم المخاطر إلى مستويات قابلة للقياس تُمكن المنظمة من اتخاذ قرارات مبنية على الأدلة بشأن أولويات المعالجة. ويُلاحظ في هذا التعريف ميله إلى المنظور المعياري الذي يستند إلى أطر دولية كإيزو ٣١٠٠٠، مما يضيف على المفهوم طابعاً إجرائياً منضبطاً.

وفي إطار أوسع، يطرح (Cremer et al., 2022) المفهوم بوصفه منظومة متكاملة تتعامل مع المخاطر السيبرانية بوصفها فئة متميزة من المخاطر المؤسسية لها خصوصيتها من حيث صعوبة التنبؤ بها وسرعة تطورها وتشعب آثارها عبر الحدود التنظيمية، مما يستلزم مقاربة ديناميكية تتجاوز المعالجة التقليدية للمخاطر الثابتة. أما (Arora & Bhardwaj, 2021) فيُقاربان المفهوم من زاوية تقييم التهديدات وتخفيفها، إذ يُعرّفانه بأنه مجموعة الأساليب والإجراءات التي تُمكن المنظمة من رصد التهديدات المحتملة ضد أنظمتها التقنية، وتقدير حجم الأضرار التي قد تُلحقها، وتصميم آليات للحدّ من احتمالية وقوعها أو تخفيف آثارها حال وقوعها.

ويُضيف (El Khatib et al., 2023) بُعداً جديداً للمفهوم حين يربطه بمنظومة البيانات الضخمة، فيُعرّفه بوصفه عملية موجّهة لاستثمار الإمكانيات التحليلية للبيانات الضخمة في الكشف المبكر عن المخاطر المؤسسية وتحليل أنماطها وتوقع مساراتها، بما يُحوّل إدارة المخاطر من نشاط تفاعلي يستجيب للأحداث إلى نشاط استباقي يستبق وقوعها. ويعكس هذا التعريف تحولاً نوعياً في فهم المفهوم من كونه أداة دفاعية إلى كونه قدرة استراتيجية تُسهم في تعزيز موقع المنظمة.

ومن منظور مالي مؤسسي، يطرح (Kamiya et al., 2021) المفهوم بوصفه إطاراً لحماية أصول المنظمة المعلوماتية وسمعتها في مواجهة الهجمات السيبرانية، مع التركيز على الأثر الممتد للحوادث الأمنية على القيمة السوقية للمنظمة وثقة المتعاملين معها. ويُبرز هذا التعريف البعد الاستراتيجي للمفهوم، إذ يتجاوز الحدود التقنية ليُلامس قضايا الحوكمة والمساءلة والإفصاح. وفي السياق ذاته، يُقدّم (Settembre-Blundo et al., 2021) المفهوم من زاوية المرونة والاستدامة، فيُعرّفانه بأنه منظومة لاتخاذ القرار في

بيئات عدم اليقين، تُمكن المنظمة من التكيف مع التغيرات المتسارعة في محيطها التقني والتشريعي والسوقي، مع الحفاظ على استمرارية أعمالها وتحقيق أهدافها بعيدة المدى.

ويُكمل (Najwa et al., 2025) هذه الصورة بتقديم المفهوم في ضوء التطورات الراهنة لتكنولوجيا المعلومات، حيث يُعرّفه بأنه حقل بحثي وتطبيقي ديناميكي يتطور بتطور التقنيات الناشئة كالحوسبة السحابية والذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء، ويستوعب ما يصاحب هذه التقنيات من أنماط مستجدة للمخاطر. ويُشير هذا التعريف إلى أن المفهوم ليس بنية معرفية ثابتة، وإنما هو حقل في تطور مستمر يتشكل وفق السياق التقني السائد.

ومن استقراء التعريفات السابقة، يرى الباحث أن إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات يمكن تعريفها إجرائياً بأنها: "منظومة إدارية متكاملة تتبنّاها المنظمة لتحديد المخاطر المرتبطة بأصولها المعلوماتية وبنيتها التقنية وتحليلها وتقييمها ومعالجتها، من خلال إطار حوكمي يجمع بين السياسات والإجراءات والأدوات التقنية، بهدف ضمان سلامة البيانات وأمنها واستمرارية عمل الأنظمة وكفاءتها، ودعم اتخاذ القرارات المؤسسية في بيئات عدم اليقين". ويُلاحظ الباحث أن جوهر المفهوم يقوم على ثلاث ركائز متلازمة: الشمولية بحيث يمتد إلى جميع الأصول التقنية لا إلى بعضها، والاستباقية بحيث يستبق المخاطر ولا يستجيب لها بعد وقوعها، والتكامل بحيث يربط المعالجة التقنية بالمعالجة الإدارية والاستراتيجية في وحدة عضوية واحدة.

٣.١.٢ أهمية إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات

تتبع أهمية إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات من الموقع المحوري الذي تحتله البيانات والأنظمة المعلوماتية في المنظمات المعاصرة، إذ لم تعد هذه الأصول مجرد أدوات مساندة للعمليات، بل غدت موارد استراتيجية تُبنى عليها القرارات وتُصاغ في ضوءها الميزات التنافسية. ومن ثم فإن أي خلل في حمايتها أو في ضبط مخاطرها ينعكس مباشرة على قدرة المنظمة على البقاء والنمو، ويُلقي بظلاله على ثقة المتعاملين معها ومكانتها في السوق. وتتجلى أهمية هذا الحقل في كونه الجسر الذي يربط بين الاستثمار التقني والعائد المؤسسي، إذ بدونه يتحول الاستثمار في التكنولوجيا إلى مصدر للهشاشة بدلاً من أن يكون مصدراً للقوة (Li & Wang, 2024).

ويُشير (Al-Dosari & Fetais, 2023) إلى أن أهمية إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات تتجلى في جملة من المحاور المتكاملة؛ إذ تُسهم أولاً في حماية الأصول المعلوماتية للمنظمة من التهديدات السيبرانية

المتنامية التي تستهدف المؤسسات على اختلاف أحجامها وقطاعاتها، وتعمل ثانياً على تعزيز قدرة المنظمات الصغيرة والمتوسطة بصفة خاصة على الصمود في بيئة رقمية شديدة التعقيد لا تملك فيها الإمكانيات الدفاعية المتاحة للمؤسسات الكبرى، وتؤدي ثالثاً إلى توفير إطار منهجي لاتخاذ القرارات الأمنية يستند إلى تقدير علمي للمخاطر بدلاً من ردود الأفعال الارتجالية، وتُسهم رابعاً في رفع كفاءة استخدام الموارد المخصصة لأمن المعلومات من خلال توجيهها نحو المخاطر الأعلى أولوية، وتعمل خامساً على دعم الامتثال للمتطلبات التشريعية والمعايير الدولية لأمن المعلومات وحماية البيانات الشخصية.

ويرى (Kamiya et al., 2021) أن أهميتها تكمن في حماية سمعة المنظمة وقيمتها السوقية، إذ إن الهجمات السيبرانية الناجحة لا تُلحق أضراراً تشغيلية مباشرة فحسب، بل تمتد آثارها إلى ثقة المساهمين والعملاء وشركاء الأعمال، وتؤثر في الإفصاحات المالية وفي تصنيف المنظمة الائتماني، وقد تمتد تداعياتها لسنوات بعد الحادثة الأمنية. ومن هنا فإن الاستثمار في إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات يُعدّ استثماراً في الحفاظ على رأس المال غير الملموس للمنظمة الذي يُشكّل في كثير من الأحيان الجزء الأكبر من قيمتها الحقيقية.

ويُضيف (Settembre-Blundo et al., 2021) أن أهميتها تتمظهر في تعزيز المرونة المؤسسية والقدرة على اتخاذ القرارات في ظروف عدم اليقين، إذ تُمكن المنظمة من التكيف مع الصدمات والتقلبات في بيئتها الخارجية مع الحفاظ على استمرارية أعمالها الجوهرية. وفي السياق ذاته، يُبين (Najwa et al., 2025) أن أهميتها تتزايد في ضوء التحول الرقمي المتسارع الذي يدفع المنظمات إلى تبني تقنيات ناشئة دون أن يكون لديها الخبرة الكافية بمخاطرها، مما يجعل وجود منظومة لإدارة المخاطر شرطاً لازماً لأي تحول رقمي ناجح.

ويذهب (El Khatib et al., 2023) إلى أن أهميتها تتجلى في تمكين المنظمات من الاستفادة من البيانات الضخمة في الكشف المبكر عن أنماط المخاطر وتوقع مساراتها، بما يُحوّل إدارة المخاطر من ممارسة دفاعية إلى ميزة تنافسية. ويرى (Arora & Bhardwaj, 2021) أن أهميتها تمتد إلى القطاعات الحيوية كقطاع السيارات والنقل والبنى التحتية الحساسة، حيث يُمكن أن تترتب على الإخفاق في إدارة المخاطر التقنية خسائر بشرية ومادية جسيمة، مما يجعلها مسؤولية أخلاقية ومجتمعية لا اقتصادية فحسب.

ويُلخّص الباحث ما سبق بأن أهمية إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات تتعدد مستوياتها لتشمل المستوى التشغيلي عبر ضمان استمرارية الأنظمة وكفاءتها، والمستوى الاستراتيجي عبر دعم اتخاذ القرار في بيانات

معقدة، والمستوى المؤسسي عبر حماية السمعة والقيمة، والمستوى المجتمعي عبر حماية المصالح العامة في القطاعات الحيوية. وفي سياق المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية، تتضاعف هذه الأهمية بفعل الطبيعة الحيوية للبيانات التي يتعامل معها المركز والقرارات التي تُبنى عليها، مما يجعل إدارة المخاطر التقنية شرطاً لازماً لتأدية المركز لرسالته الوطنية.

٤.١.٢ أهداف إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات

تتكامل الأهداف التي تسعى إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات إلى تحقيقها في منظومة متناسقة تجمع بين الحماية والتمكين، وبين الاستجابة الآنية والتخطيط بعيد المدى. وقد تباينت الأطروحات الأكاديمية في تحديد هذه الأهداف بحسب الزاوية التي يُعالج منها كل باحث المفهوم، غير أنها تتلاقى في جوهر مشترك يضع حماية الأصول المعلوماتية في صلب الاهتمام، ويوسع دائرة الاهتمام لتشمل تمكين المنظمة من تحقيق رسالتها بكفاءة وفاعلية.

ويُحدد (Sanjaya et al., 2020) أهداف إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات في عدة نقاط؛ تتمثل أولها في توفير إطار منهجي لتحديد المخاطر التقنية المحتملة بصورة شاملة لا تُغفل جانباً من جوانب البنية التقنية للمنظمة، ويأتي ثانيها في تقييم هذه المخاطر تقييماً موضوعياً يستند إلى مؤشرات قابلة للقياس بحيث تُرتَّب وفق أولوياتها، ويتمثل ثالثها في تصميم استجابات ملائمة لكل فئة من المخاطر سواء أكانت معالجة أم نقلاً أم قبولاً، ويتجلى رابعها في توثيق الإجراءات والقرارات المتعلقة بإدارة المخاطر بصورة تُمكن المنظمة من الرجوع إليها ومراجعتها، ويظهر خامسها في ضمان استمرارية الأعمال الجوهرية للمنظمة في مواجهة الحوادث التقنية المتوقعة وغير المتوقعة.

ويرى (Cremer et al., 2022) أن أهدافها تتسع لتشمل بناء فهم منهجي للمخاطر السيبرانية المعاصرة وأنماطها المتطورة، وتطوير قدرات المنظمة على رصد التهديدات الناشئة قبل أن تتحول إلى حوادث فعلية، وتوفير قاعدة معرفية موثوقة تُسهم في صياغة سياسات الأمن السيبراني على المستويين المؤسسي والوطني، فضلاً عن تعزيز التعاون بين الجهات المعنية بإدارة المخاطر السيبرانية في القطاعين العام والخاص.

ويُضيف (Li & Wang, 2024) جملة من الأهداف ذات الطابع التطبيقي؛ منها تصميم أنظمة ذكية لتقييم مخاطر أمن البيانات تستفيد من قدرات المعالجة الآلية والتعلم الآلي، وتطوير أدوات تُمكن المنظمات

من إدارة دورة حياة المخاطر من الرصد حتى المعالجة في منصة موحدة، وتقليل الفجوة الزمنية بين اكتشاف المخاطر والاستجابة لها، ورفع كفاءة استخدام الموارد البشرية المتخصصة في أمن المعلومات من خلال الأتمتة الذكية.

ويُحدد (Arora & Bhardwaj, 2021) الأهداف من زاوية أكثر تخصصاً تتمثل في تطوير منهجيات دقيقة لتقييم التهديدات في القطاعات الحيوية، وتصميم تدابير تخفيف فعّالة تُراعي خصوصية كل قطاع، وضمان توافر طبقات دفاعية متعددة تُصعّب اختراق الأنظمة، وتعزيز الوعي الأمني بين المستخدمين بوصفهم خط الدفاع الأول. ومن جانب آخر، يطرح (Settembre-Blundo et al., 2021) أهدافاً ذات طابع استراتيجي تتمثل في دعم اتخاذ القرار في بيئات عدم اليقين، وتعزيز مرونة المنظمة وقدرتها على التكيف مع التغيرات المفاجئة، ودمج الاستدامة في منظومة إدارة المخاطر بحيث تُراعى الأبعاد البيئية والاجتماعية إلى جانب البعد الاقتصادي.

ويُكمل (El Khatib et al., 2023) هذه المنظومة من الأهداف بإضافة بُعد البيانات الضخمة، إذ يرى أن من أهدافها استثمار القدرات التحليلية المتقدمة في الكشف المبكر عن أنماط المخاطر، وتحويل البيانات إلى رؤى استباقية تدعم القرار، وتعزيز الذكاء المؤسسي في مجال إدارة المخاطر. ويتكامل مع ذلك ما يطرحه (Najwa et al., 2025) من أهداف تتعلق بمواكبة التطورات التقنية المتسارعة وبناء قدرات بحثية مؤسسية تُمكن المنظمة من استيعاب المخاطر المرتبطة بالتقنيات الناشئة.

ويستخلص الباحث من العرض السابق أن أهداف إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات تتوزع على ثلاثة مستويات متكاملة: مستوى وقائي يتعلق بحماية الأصول من التهديدات قبل وقوعها، ومستوى تشغيلي يتعلق بضمان كفاءة الاستجابة للحوادث وتقليل آثارها، ومستوى استراتيجي يتعلق بتمكين المنظمة من تحقيق رسالتها واستدامة ميزتها التنافسية. ويُمثّل هذا التوزع المتدرج جوهر المقاربة الحديثة لإدارة المخاطر التي تتجاوز المنظور الدفاعي الضيق إلى منظور تمكيني شامل.

٥.١.٢ أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات

تم تحديد أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات في الدراسة الحالية بناءً على ما ورد في دراستي (Al-Dosari & Fetais, 2023) و (Sanjaya et al., 2020)، مع الإفادة من الإسهامات المكملّة لكلٍ من (Cremer et al., 2022) و (Li & Wang, 2024)، وذلك بما يتلاءم مع طبيعة المركز الوطني

للأرصاء ومتطلبات بيئة عمله التقنية. وقد استقرت الدراسة على أربعة أبعاد رئيسة هي: تقييم المخاطر التقنية، وأمن البيانات والبنية التحتية، وحوكمة تكنولوجيا المعلومات، والمراقبة والتحسين المستمر، وفيما يلي تفصيل لكل بُعد منها.

البعد الأول: تقييم المخاطر التقنية

يُمثل تقييم المخاطر التقنية البوابة المنهجية التي تدخل منها المنظمة إلى منظومة إدارة المخاطر، إذ لا يُمكن إدارة ما لم يُعرف، ولا يُمكن معالجة ما لم يُقَيَّم. ويتضمن هذا البُعد جملة من العمليات المتسلسلة التي تبدأ بحصر الأصول التقنية للمنظمة وتصنيفها وفق درجة حساسيتها وأهميتها، مروراً بتحديد التهديدات المحتملة لكل أصل وتقدير احتمالية حدوثها وحجم آثارها المحتملة، وانتهاءً بترتيب المخاطر وفق أولوياتها لتوجيه الموارد نحو معالجة الأكثر خطورة منها. (Sanjaya et al., 2020)

ويتميز هذا البُعد بطابعه المنهجي الذي يستند إلى أطر معيارية دولية، يأتي في مقدمتها معيار آيزو ٣١٠٠٠ الذي يُوفّر هيكلاً مرجعياً متكاملًا لإدارة المخاطر، ومنهجية إطار اختبار الاختراق الأمني (ISSAF) التي تُستخدم في تقييم المخاطر التشغيلية. ويُسهّم تبني هذه الأطر في إضفاء طابع موضوعي على عملية التقييم، يقلّل من تأثير الأحكام الشخصية ويُتيح المقارنة بين تقييمات مختلفة عبر الزمن. (Sanjaya et al., 2020).

ويُضيف (Cremer et al., 2022) أن تقييم المخاطر التقنية في السياق المعاصر يستلزم تجاوز المقاربات التقليدية إلى مقاربات أكثر ديناميكية، تستوعب الطبيعة المتطورة للمخاطر السيبرانية، وتُدمج البيانات المتاحة عن الحوادث والتهديدات في نماذج تحليلية قادرة على توقع المسارات المحتملة للمخاطر. ويتجلى هذا التطور في الانتقال من التقييمات الدورية ذات الطابع الثابت إلى التقييمات المستمرة التي تتغذى على تدفقات البيانات الآنية.

ومن منظور تطبيقي، يُبيّن (Li & Wang, 2024) أن تقييم المخاطر التقنية يستفيد اليوم من قدرات الأنظمة الذكية في معالجة كميات هائلة من البيانات حول حالة الأنظمة وسلوك المستخدمين والأنشطة الشبكية، بحيث يتم اكتشاف الأنماط الشاذة التي قد تُشير إلى مخاطر ناشئة قبل أن تتحول إلى حوادث فعلية. ويعكس هذا التحول انتقالاً نوعياً في فلسفة التقييم من النمط الاستجابي إلى النمط الاستباقي القائم على التنبؤ.

البُعد الثاني: أمن البيانات والبنية التحتية

يُشكّل أمن البيانات والبنية التحتية الركيزة الحامية التي تقوم عليها سلامة منظومة العمل التقني للمنظمة، ويتضمن هذا البُعد مجموعة من الضوابط والتدابير التي تستهدف صون السرية والسلامة والإتاحة بوصفها الثالوث الكلاسيكي لأمن المعلومات. ويمتد نطاق هذا البُعد ليشمل أمن البيانات في حالاتها الثلاث: أثناء التخزين، وأثناء النقل، وأثناء المعالجة، إلى جانب أمن البنية التحتية المادية والافتراضية التي تستضيف هذه البيانات وتتعامل معها. (Al-Dosari & Fetais, 2023)

ويتضمن هذا البُعد طبقات متعددة من الضوابط الأمنية تتكامل فيما بينها لتُشكّل ما يُعرف بالدفاع متعدد الطبقات، حيث تنتزع هذه الضوابط على مستوى الشبكة من خلال جدران الحماية وأنظمة كشف التسلل، وعلى مستوى الأنظمة من خلال إدارة الهوية والوصول وتشفير البيانات، وعلى مستوى التطبيقات من خلال ضوابط أمن الكود والاختبارات الأمنية الدورية. ويُسهّم هذا التنوع في الضوابط في رفع كلفة الاختراق على المهاجم وزيادة احتمالية اكتشافه قبل أن يصل إلى الأهداف الحساسة (Cremer et al., 2022).

ويُضيف (Arora & Bhardwaj, 2021) أن أمن البيانات والبنية التحتية في القطاعات الحيوية يتطلب اهتماماً خاصاً بمنهجيات تقييم التهديدات الموجهة وتدابير التخفيف المتخصصة، إذ إن البيئات التقنية في هذه القطاعات تتميز بخصوصية تجعل الحلول الأمنية العامة غير كافية لمواجهة تهديداتها المحتملة، مما يستلزم تطوير حلول مخصصة تُراعي طبيعة الأنظمة المستخدمة وحساسية البيانات المعالجة.

ومن منظور الأثر المؤسسي، يؤكد (Kamiya et al., 2021) أن الإخفاق في أمن البيانات والبنية التحتية لا تنحصر آثاره في الجوانب التقنية والتشغيلية، بل تمتد إلى الجوانب المالية والسمعة المؤسسية، مما يجعل الاستثمار في هذا البُعد ذا عائد متعدد الأبعاد. ويعكس هذا المنظور تحول النظر إلى أمن البيانات من كونه مركز تكلفة إلى كونه مركز قيمة يُسهّم في حماية الأصول غير الملموسة للمنظمة وتعزيز ثقة المتعاملين معها.

البُعد الثالث: حوكمة تكنولوجيا المعلومات

تُمثّل حوكمة تكنولوجيا المعلومات الإطار المؤسسي الذي يضمن مواءمة إدارة المخاطر التقنية مع الأهداف الاستراتيجية للمنظمة، وتُحدد فيه الأدوار والمسؤوليات والسياسات والإجراءات التي تحكم اتخاذ

القرارات التقنية وإدارة المخاطر المرتبطة بها. ويتجاوز هذا البُعد المعالجة الفنية للمخاطر إلى تأطيرها ضمن منظومة الحوكمة المؤسسية الشاملة، بحيث تُصبح إدارة المخاطر التقنية جزءاً عضوياً من الإدارة الاستراتيجية للمنظمة وليست شأناً تقنياً مستقلاً. (Najwa et al., 2025)

ويتضمن هذا البُعد جملة من العناصر المتكاملة؛ تبدأ بتحديد الأدوار والمسؤوليات الواضحة في إدارة المخاطر التقنية على مختلف المستويات التنظيمية، من مجلس الإدارة الذي يتحمل المسؤولية النهائية، إلى الإدارة التنفيذية التي تُترجم التوجهات إلى استراتيجيات، وصولاً إلى الإدارات التشغيلية التي تُنفذ الضوابط اليومية. ويتكامل مع ذلك وضع السياسات والإجراءات التي تحكم إدارة المخاطر، ووضع آليات للتقرير والمساءلة تضمن تدفق المعلومات بين المستويات. (Settembre-Blundo et al., 2021)

ويُبرز (El Khatib et al., 2023) أن حوكمة تكنولوجيا المعلومات في عصر البيانات الضخمة تتطلب توسيع نطاق الحوكمة لتشمل البيانات بوصفها أصلاً استراتيجياً مستقلاً، يستلزم سياسات خاصة لإدارته من حيث جودته وملكيته وأخلاقيات استخدامه. ويعكس هذا التوسع تطوراً نوعياً في مفهوم الحوكمة، إذ ينتقل من التركيز على البنية التقنية إلى التركيز على البيانات بوصفها جوهر القيمة في المنظمة الرقمية.

ويتكامل هذا المنظور مع ما يطرحه (Al-Dosari & Fetais, 2023) من ضرورة بناء أطر حوكمية مكيفة وفق حجم المنظمة وطبيعة نشاطها، إذ لا تصلح الأطر الموحدة لجميع المنظمات، بل ينبغي تكيف هذه الأطر بما يُراعي الإمكانيات المتاحة والمخاطر الخاصة بكل بيئة عمل. ويُسهّم هذا التكيف في رفع فاعلية الحوكمة وتجنّب البيروقراطية الزائدة التي قد تُعيق المرونة التشغيلية للمنظمة.

البُعد الرابع: المراقبة والتحسين المستمر

يُشكّل بُعد المراقبة والتحسين المستمر الحلقة الختامية التي تُغلق دورة إدارة المخاطر وتُعيد إطلاقها من جديد، مما يجعل المنظومة بأكملها كياناً ديناميكياً يتطور بتطور البيئة المحيطة. ويستند هذا البُعد إلى فلسفة التحسين المستمر التي تتطوّل من قناعة بأن إدارة المخاطر ليست محطة وصول وإنما رحلة لا تنتهي، وأن المخاطر تتطور باستمرار بفعل التطور التقني وتغيّر السياق التشغيلي وظهور تهديدات جديدة. (Li & Wang, 2024).

ويتضمن هذا البُعد جملة من الأنشطة المترابطة؛ تتمثل أولها في المراقبة المستمرة للأنظمة والشبكات لرصد المؤشرات التي قد تُنذر بمخاطر ناشئة أو حوادث وشيكة، ويأتي ثانيها في قياس فاعلية الضوابط

الأمنية المطبقة من خلال مؤشرات أداء محددة تُتيح الحكم على مدى نجاح هذه الضوابط في تحقيق أهدافها، ويتجلى ثالثها في مراجعة منظومة إدارة المخاطر بصورة دورية لتحديد الفجوات والثغرات وفرص التحسين، ويظهر رابعها في تحديث السياسات والإجراءات وفق مستجدات البيئة التقنية والتشريعية (Cremer et al., 2022).

ويُضيف (Najwa et al., 2025) أن المراقبة والتحسين المستمر يستلزمان بناء قاعدة معرفية مؤسسية تُراكم الخبرات المكتسبة من الحوادث السابقة ومن التقييمات الدورية، بحيث تُصبح هذه القاعدة مرجعاً تستفيد منه المنظمة في تحسين ممارساتها وتجنّب تكرار الأخطاء. ويعكس هذا الطرح أهمية البُعد التعلّمي في إدارة المخاطر، إذ تتحول كل حادثة وكل تقييم إلى فرصة للتعلّم وتطوير القدرات.

ومن منظور تطبيقي متقدم، يُبيّن (Li & Wang, 2024) أن المراقبة والتحسين المستمر يستفيدان اليوم من قدرات الأنظمة الذكية في الرصد الآلي للأنماط الشاذة وتحليل بيانات السجلات الضخمة بسرعة تفوق القدرات البشرية، مما يُتيح اكتشاف المخاطر الدقيقة التي قد تُغفل من المراقبة التقليدية. ويُضيف (Settembre-Blundo et al., 2021) أن التحسين المستمر يكتسب بُعداً استراتيجياً حين يُربط بمفهوم المرونة المؤسسية، إذ إن المنظمة المرنة هي تلك التي تتعلّم من تجاربها وتُكيّف منظومة إدارة مخاطرها وفق التغيرات المتسارعة في محيطها، محافظةً على قدرتها على تحقيق أهدافها رغم الاضطرابات.

ويرى الباحث أن هذه الأبعاد الأربعة تتكامل في منظومة دائرية لا تكتمل فاعليتها إلا باكتمال حلقاتها، إذ يُغذي تقييم المخاطر التقنية ضوابط أمن البيانات والبنية التحتية، وتُوجّه هذه الضوابط بمنظومة حوكمة تكنولوجيا المعلومات، وتتطور المنظومة بأكملها من خلال المراقبة والتحسين المستمر الذي يُعيد تغذية عملية التقييم بمدخلات جديدة. وفي سياق المركز الوطني للأرصاد بالملكة العربية السعودية، تكتسب هذه الأبعاد أهمية مضاعفة بفعل الطبيعة الحساسة للبيانات الجوية والقرارات المبنية عليها، مما يجعل التكامل بين هذه الأبعاد شرطاً لازماً لضمان دقة التنبؤات وكفاءة دعم القرار.

المبحث الثاني: دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

١.٢.٢ تمهيد

تحتل التنبؤات الجوية موقعاً محورياً في منظومة اتخاذ القرار على المستويين المؤسسي والوطني، إذ تتقاطع مع طيف واسع من القطاعات الحيوية كالطيران والملاحة البحرية والزراعة وإدارة الكوارث والطاقة والنقل، وتسهم في توجيه القرارات اليومية للأفراد كما توجه القرارات الاستراتيجية لصانعي السياسات. وقد شهد هذا الحقل في العقود الأخيرة تحولاً جوهرياً بفعل التقدم المتسارع في قدرات الحوسبة والنماذج الرياضية وتقنيات الذكاء الاصطناعي، مما رفع من سقف الدقة المتوقعة وأعاد تشكيل العلاقة بين علم الأرصاد ومستخدمي مخرجاته. ولم تعد التنبؤات الجوية مجرد إخبار عن حالة الطقس المتوقعة، بل تطورت إلى منظومة متكاملة لدعم القرار تُترجم البيانات الجوية إلى رؤى قابلة للتفعيل تخدم احتياجات متعددة لقطاعات متنوعة. (Schultz et al., 2021)

وفي ضوء هذا التطور، ارتبط مفهوم دقة التنبؤات الجوية ارتباطاً عضوياً بمفهوم دعم القرار، إذ لم تعد الدقة قيمة في ذاتها، وإنما اكتسبت قيمتها من قدرتها على توجيه القرارات نحو نتائج أفضل وتقليل المخاطر المرتبطة بالغموض. وقد أبرز هذا الترابط ضرورة مقارنة دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار بوصفهما متغيراً مركباً يجمع بين البعد العلمي للتنبؤ والبعد التطبيقي للقرار، بحيث تُقاس فاعلية المنظومة بمدى نجاحها في إنتاج تنبؤات دقيقة من جهة، وفي توصيل هذه التنبؤات إلى صانعي القرار بصورة تُمكنهم من توظيفها فعلياً من جهة أخرى. (Pagano et al., 2024)

ويُلقي هذا التحول بظلاله على المراكز الوطنية للأرصاد بوصفها الجهات المنوط بها تقديم خدمات التنبؤ الجوي ودعم القرار على المستوى الوطني، إذ تواجه هذه المراكز تحديات مزدوجة تتمثل في رفع دقة تنبؤاتها من خلال تبني أحدث التقنيات والمنهجيات، وفي تطوير قدراتها على تحويل هذه التنبؤات إلى مخرجات تخدم احتياجات الجهات المتعاملة معها. ويتناول هذا المبحث الإطار النظري لدقة التنبؤات الجوية ودعم القرار من خلال استعراض مفهومها، ثم بيان أهميتها، فاستعراض أهدافها، وانتهاءً بتحليل أبعادها التطبيقية التي اعتمدت في الدراسة الحالية.

٢.٢.٢ مفهوم دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

تتنوع الزوايا التي عالج بها الباحثون مفهوم دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار، ويعكس هذا التنوع طبيعة المفهوم المركبة التي تتقاطع فيها الجوانب العلمية والتقنية والتنظيمية والاتصالية. وقد طرح (Pagano et al., 2024) مفهوم دقة التنبؤات الجوية بوصفه عملية تقييم منهجية لمدى مطابقة التنبؤات التشغيلية للظواهر الجوية الفعلية المرصودة، تستند إلى مجموعة من المؤشرات الإحصائية والمعايير الفنية التي تُتيح الحكم الموضوعي على جودة التنبؤ. ويُلاحظ في هذا التعريف ميله إلى المنظور التقييمي الذي يُركز على القياس بوصفه شرطاً لازماً لتحسين الأداء، كما يُبرز التمييز بين التنبؤ بوصفه إنتاجاً علمياً والدقة بوصفها حكماً تقييمياً على هذا الإنتاج.

ومن منظور تواصل، يطرح (Ripberger et al., 2022) المفهوم بوصفه منظومة لإيصال المعلومات الاحتمالية المتعلقة بالظواهر الجوية إلى المستخدمين النهائيين بصورة تُتيح لهم فهمها وتوظيفها في قراراتهم. ويتضمن هذا التعريف بعداً جديداً يتجاوز الجانب الفني للتنبؤ إلى الجانب الإدراكي للمستخدم، إذ إن دقة التنبؤ لا تكتمل قيمتها إلا حين يستوعبها المستخدم استيعاباً صحيحاً ويُوظفها توظيفاً سليماً، مما يُحوّل المفهوم من ناتج علمي إلى عملية اتصالية ذات أبعاد متعددة.

ويُقارب (Schultz et al., 2021) المفهوم من زاوية المنهجيات العلمية المستخدمة في التنبؤ، فيُعرّفه بأنه قدرة المنظومة التنبؤية على إنتاج توقعات تتسم بالموثوقية والدقة من خلال تكامل النماذج العددية التقليدية للتنبؤ الجوي مع تقنيات التعلم العميق الحديثة. ويعكس هذا التعريف منظوراً متطوراً يستوعب التحول النوعي الذي يشهده الحقل بفعل دخول تقنيات الذكاء الاصطناعي ميدان التنبؤ الجوي، ويُبرز الطابع التكاملي للمنظومة التنبؤية المعاصرة.

ويُضيف (Wu & Xue, 2024) بُعداً تطويرياً للمفهوم حين يطرحه ضمن سياق التنبؤ الجوي القائم على البيانات والنمذجة المناخية من منظور تطوري، فيُعرّفه بأنه قدرة المنظومة التنبؤية المعاصرة على الاستفادة من تدفقات البيانات الضخمة المستمدة من مصادر متعددة، وتوظيف خوارزميات التعلم الآلي في استخلاص الأنماط منها، وإنتاج تنبؤات تجمع بين الدقة العلمية والكفاءة الحسابية. ويُبرز هذا التعريف تحولاً جوهرياً في فلسفة التنبؤ من الاعتماد الحصري على النمذجة الفيزيائية إلى المقاربات الهجينة التي تُوظف البيانات بوصفها مصدراً للمعرفة.

ومن منظور تطبيقي خاص بدعم القرار، يطرح (Na-Yemeh et al., 2022) مفهوم نظام دعم القرار الجوي بوصفه منصة متكاملة تُحوّل البيانات والتنبؤات الجوية إلى مخرجات قابلة للتنفيذ من قبل

صانعي القرار في المجالات الحيوية كالسلامة العامة. ويتضمن هذا التعريف عناصر جوهرية ثلاثة هي: مدخلات النظام من البيانات الجوية والتنبؤات، وآليات معالجة هذه المدخلات وفق احتياجات المستخدم، ومخرجات النظام في صورة توصيات وتنبؤات وأدوات داعمة للقرار. ويعكس هذا الطرح مقارنة عملية للمفهوم تربطه بسياقات الاستخدام الفعلي وتقيس قيمته بمدى نجاحه في خدمة هذه السياقات.

ومن منظور أوسع يجمع بين البعدين العلمي والتطبيقي، يُقدّم (Chatterjee et al., 2023) المفهوم في سياق تحليلات البيانات الضخمة وأثرها في عمليات اتخاذ القرار والتنبؤ وأداء المنظمات، إذ يُعرّفه بأنه القدرة المؤسسية على توظيف القدرات التحليلية المتقدمة في تحويل البيانات إلى رؤى تنبؤية تدعم اتخاذ القرارات الاستراتيجية والتشغيلية. ويُبرز هذا التعريف الطابع المؤسسي للمفهوم، إذ يربطه بالقدرات التنظيمية للمنظمة وليس بالقدرات التقنية وحدها.

ومن استقراء التعريفات السابقة، يرى الباحث أن دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار يمكن تعريفها إجرائياً بأنها: “منظومة متكاملة تجمع بين القدرة العلمية على إنتاج توقعات جوية موثوقة تستند إلى تكامل النماذج العددية والتقنيات الذكية ومعالجة البيانات الضخمة، والقدرة المؤسسية على تحويل هذه التوقعات إلى مخرجات قابلة للتفعيل يُمكن لصانعي القرار في القطاعات المختلفة توظيفها في اتخاذ قرارات أكثر استنارة، مع توفير الأدوات والآليات اللازمة لإيصال هذه المخرجات في الوقت المناسب وبالصورة الملائمة”. ويرى الباحث أن جوهر المفهوم يقوم على ثلاث ركائز متلازمة: الدقة العلمية بوصفها أساساً لا غنى عنه، والملاءمة بوصفها شرطاً لتحقيق القيمة، والقابلية للتفعيل بوصفها معياراً للنجاح.

٣.٢.٢ أهمية دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

تتبع أهمية دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار من الموقع المحوري الذي تحتله المعلومات الجوية في منظومة اتخاذ القرار على المستويين الفردي والمؤسسي، إذ تمتد آثار هذه المعلومات إلى طيف واسع من القطاعات والأنشطة الإنسانية. ولم تعد التنبؤات الجوية مجرد خدمة معلوماتية ذات طابع علمي، بل غدت بنية تحتية حيوية تُبنى عليها قرارات تمسّ سلامة الأرواح والممتلكات والاقتصاد الوطني، مما يجعل الاستثمار في رفع دقتها وتطوير قدرات دعم القرار المرتبطة بها استثماراً ذا عائد مجتمعي شامل (Na-Yemeh et al., 2022).

ويُشير (Pagano et al., 2024) إلى أن أهمية دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار تتجلى في جملة من المحاور المتكاملة؛ إذ تُسهم أولاً في تمكين المؤسسات الجوية من تقييم أدائها التشغيلي بصورة موضوعية تستند إلى مؤشرات قابلة للقياس، مما يُتيح تحديد الفجوات وتوجيه جهود التطوير، وتعمل ثانياً على دعم الثقة المؤسسية والمجتمعية في خدمات التنبؤ الجوي من خلال إثبات موثوقية المخرجات بأدلة علمية يمكن التحقق منها، وتؤدي ثالثاً إلى توفير قاعدة معرفية تُسهم في تطوير النماذج التنبؤية وتحسين قدراتها عبر الزمن، وتُسهم رابعاً في رفع كفاءة استخدام الموارد المخصصة للتنبؤ الجوي من خلال توجيهها نحو المجالات التي تُحقق أعلى عائد، وتعمل خامساً على دعم التعاون الدولي في مجال التنبؤ الجوي من خلال توفير لغة مشتركة لتقييم الأداء.

ويرى (Na-Yemeh et al., 2022) أن أهميتها تكمن في تعزيز قدرات الجهات المعنية بالسلامة العامة على اتخاذ قرارات استباقية في مواجهة الظواهر الجوية الخطرة، إذ تُمكنها أنظمة دعم القرار الجوي من رصد المخاطر المحتملة في وقت مبكر، وتقدير حجمها ومسارها، واتخاذ التدابير الوقائية الملائمة قبل وقوع الأحداث، مما يُسهم في تقليل الخسائر البشرية والمادية المرتبطة بالكوارث الجوية. ويعكس هذا المنظور البعد الإنساني والمجتمعي لأهمية دقة التنبؤات الجوية، إذ تتحول من مسألة علمية تقنية إلى ضرورة لحماية الأرواح والممتلكات.

ويُضيف (Ripberger et al., 2022) أن أهميتها تتمظهر في تطوير القدرات الاتصالية لمؤسسات التنبؤ الجوي، إذ إن دقة التنبؤ لا تكتمل قيمتها إلا حين تُوصَل إلى المستخدمين النهائيين بصورة صحيحة يستوعبونها ويوظفونها في قراراتهم. وفي هذا السياق، تكتسب أهمية إيصال المعلومات الاحتمالية المتعلقة بالظواهر الجوية بُعداً خاصاً، إذ تتطلب أساليب اتصالية متخصصة تأخذ بعين الاعتبار خصائص الجمهور المستهدف ومستوى فهمه للمفاهيم الاحتمالية.

ويذهب (Schultz et al., 2021) إلى أن أهميتها تتجلى في تمكين المؤسسات الجوية من مواكبة التحولات الجوهرية التي يشهدها حقل التنبؤ الجوي بفعل دخول تقنيات التعلم العميق، إذ إن البقاء في طليعة هذا الحقل يستلزم استثماراً مستمراً في رفع دقة التنبؤات وتطوير قدرات دعم القرار. ويكمل هذه الصورة (Wu & Xue, 2024) ببيان أن أهمية دقة التنبؤات الجوية تتزايد في ضوء التحول إلى التنبؤ القائم على البيانات، الذي يُتيح إمكانات غير مسبوقة لرفع جودة التنبؤات والاستفادة من تدفقات البيانات الضخمة المستمدة من مصادر متنوعة.

ويؤكد (Chatterjee et al., 2023) أن أهميتها تمتد إلى المستوى المؤسسي حيث تُسهم القدرات التنبؤية المتقدمة في رفع كفاءة اتخاذ القرار وتحسين الأداء المؤسسي، مما يجعل الاستثمار في هذه القدرات استثماراً استراتيجياً يعود بعوائد متعددة على المؤسسات التي تتبناها. ويُلخّص الباحث ما سبق بأن أهمية دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار تتعدد مستوياتها لتشمل المستوى العلمي عبر تطوير المعرفة وأدوات التقييم، والمستوى المؤسسي عبر رفع كفاءة الأداء وتعزيز الثقة، والمستوى المجتمعي عبر حماية الأرواح والممتلكات، والمستوى الاقتصادي عبر دعم القرارات الاستثمارية والتشغيلية في القطاعات الحساسة للظروف الجوية. وفي سياق المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية، تتضاعف هذه الأهمية بفعل التنوع المناخي للمملكة والتحديات الجوية الخاصة بها كالعواصف الرملية والأمطار الغزيرة المفاجئة، مما يجعل دقة التنبؤات وكفاءة دعم القرار من الركائز الأساسية لتأدية المركز لرسالته الوطنية.

٤.٢.٢ أهداف دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

تتكامل الأهداف التي تسعى منظومة دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار إلى تحقيقها في مجموعة متناسقة من الغايات التي تتوزع بين البعد العلمي والبعد التطبيقي، وتجمع بين التطوير الذاتي للمنظومة وخدمة المستفيدين منها. وقد تباينت الأطروحات الأكاديمية في تحديد هذه الأهداف بحسب الزاوية التي يُعالج منها كل باحث الموضوع، غير أنها تتلاقى في جوهر مشترك يضع تحسين جودة التنبؤات وتعظيم القيمة المضافة لمستخدميها في صلب الاهتمام.

ويُحدد (Pagano et al., 2024) أهداف منظومة تقييم دقة التنبؤات الجوية في عدة نقاط متكاملة؛ تتمثل أولها في تطوير منهجيات تقييم موضوعية ومنضبطة تُتيح الحكم على جودة التنبؤات بصورة علمية يمكن التحقق منها، ويأتي ثانيها في تحديد المؤشرات الإحصائية الملائمة لكل نوع من أنواع التنبؤات الجوية بحيث تُراعى خصوصية كل ظاهرة جوية، ويتمثل ثالثها في معالجة التحديات المرتبطة بتقييم التنبؤات التشغيلية في ظل تعقيد الظواهر الجوية وتعدد متغيراتها، ويتجلى رابعها في توفير آليات للتحسين المستمر تستفيد من نتائج التقييم في تطوير النماذج التنبؤية، ويظهر خامسها في بناء قاعدة معرفية تراكمية تُسهم في تطور حقل التنبؤ الجوي على المستويين المؤسسي والدولي.

ويرى (Schultz et al., 2021) أن أهدافها تتسع لتشمل استكشاف الإمكانيات التي تتيحها تقنيات التعلم العميق لتجاوز محدودية النماذج العددية التقليدية للتنبؤ الجوي، وتطوير مقاربات هجينة تجمع بين النمذجة الفيزيائية والتعلم الآلي بصورة تستفيد من نقاط قوة كل منهما، وبناء قدرات حسابية متقدمة قادرة

على معالجة الكم الهائل من البيانات الجوية بكفاءة، وتعزيز قدرة المنظومة التنبؤية على رصد الظواهر الجوية الخطرة في وقت مبكر بدقة أعلى.

ويُضيف (Wu & Xue, 2024) جملة من الأهداف ذات الطابع التطوري؛ منها الانتقال من النماذج التقليدية إلى النماذج القائمة على البيانات بصورة متدرجة تحافظ على الاستمرارية وتُحقق التطوير في آن، وتوظيف خوارزميات التعلم الآلي المتقدمة في استخلاص الأنماط من البيانات الجوية والمناخية، وتطوير قدرات النمذجة المناخية بصورة تُتيح فهماً أعمق للتغيرات المناخية بعيدة المدى، ودمج مصادر البيانات المتنوعة في منظومة تنبؤية متكاملة تستفيد من تعدد المصادر في رفع الدقة.

ويُحدد (Na-Yemeh et al., 2022) الأهداف من زاوية دعم القرار في مجالات السلامة العامة، وتشمل تصميم أنظمة دعم قرار جوية تُراعي الاحتياجات الخاصة بصانعي القرار في مجالات السلامة، وتطوير واجهات استخدام تُتيح للمستخدمين غير المتخصصين الاستفادة من البيانات الجوية بصورة فعّالة، وتوفير آليات للتنبيه المبكر بالظواهر الجوية الخطرة، وتعزيز التنسيق بين الجهات المعنية بالاستجابة للطوارئ الجوية.

ومن منظور تواصلي، يطرح (Ripberger et al., 2022) أهدافاً تتعلق بتطوير أساليب فعّالة لإيصال المعلومات الاحتمالية المتعلقة بالظواهر الجوية إلى المستخدمين النهائيين، وفهم الكيفية التي يُدرك بها المستخدمون مختلف أشكال المعلومات الاحتمالية، وتصميم رسائل اتصالية تُراعي خصائص الجمهور المستهدف ومستوى فهمه، ومعالجة الفجوة بين الإنتاج العلمي للتنبؤ والاستيعاب الجماهيري له. ومن جانب آخر، يُكمل (Chatterjee et al., 2023) هذه المنظومة بأهداف ذات طابع مؤسسي تتمثل في توظيف تحليلات البيانات الضخمة في تحسين جودة التنبؤات وقدرات دعم القرار، ورفع كفاءة عمليات اتخاذ القرار في المنظمات المستفيدة من التنبؤات الجوية، وبناء قدرات مؤسسية تحليلية تُمكن من استخلاص القيمة المضافة من البيانات.

ويستخلص الباحث من العرض السابق أن أهداف منظومة دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار تتوزع على ثلاثة مستويات متكاملة: مستوى علمي يتعلق بتطوير القدرات التنبؤية وأدوات تقييمها، ومستوى تواصلي يتعلق بإيصال مخرجات التنبؤ إلى المستخدمين بصورة فعّالة، ومستوى تطبيقي يتعلق بتوظيف التنبؤات في دعم القرارات في القطاعات المختلفة. ويُمثل هذا التوزع المتدرج جوهر المقاربة الحديثة للتنبؤ الجوي التي تتجاوز المنظور العلمي الضيق إلى منظور تكاملي يُلامس احتياجات المجتمع وقطاعاته المتنوعة.

٥.٢.٢ أبعاد دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

تم تحديد أبعاد دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في الدراسة الحالية بناءً على ما ورد في دراسات (Pagano et al., 2024) و (Na-Yemeh et al., 2022) و (Ripberger et al., 2022)، مع الاستفادة من الإسهامات المكتملة لكلٍ من (Schultz et al., 2021) و (Wu & Xue, 2024)، وذلك بما يتلاءم مع طبيعة المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية ومتطلبات بيئة عمله. وقد استقرت الدراسة على تناول المتغير بوصفه محوراً أحادي البعد يضم اثنتي عشرة فقرة تقيس مستوى دقة التنبؤات الجوية وفاعلية أنظمة دعم القرار، ويمكن تحليل هذا المحور إلى عدة عناصر مفاهيمية متكاملة تُشكّل في مجموعها الإطار التطبيقي للمتغير.

العنصر الأول: الموثوقية العلمية للتنبؤات الجوية

تُمثّل الموثوقية العلمية الركيزة الأساس التي تقوم عليها قيمة التنبؤات الجوية، إذ بدونها تفقد التنبؤات معناها وتتحول إلى تكهنات لا قيمة لها في دعم القرار. وتتحقق الموثوقية من خلال الالتزام بالمنهجيات العلمية المعتمدة في إنتاج التنبؤات، بدءاً من جودة البيانات المرصودة وتنوع مصادرها، مروراً بدقة النماذج المستخدمة في معالجة هذه البيانات، وانتهاءً بمنهجية تحليل المخرجات وتفسيرها. ويستلزم تحقيق الموثوقية تكاملاً بين القدرات البشرية للكوادر المتخصصة والقدرات التقنية للأنظمة الحاسوبية، بحيث تتضافر الخبرة العلمية مع التقنيات المتقدمة في إنتاج تنبؤات يمكن الوثوق بها. (Pagano et al., 2024)

ويُضيف (Schultz et al., 2021) أن الموثوقية العلمية في الحقبة المعاصرة تكتسب أبعاداً جديدة بفعل دخول تقنيات التعلم العميق ميدان التنبؤ الجوي، إذ إن دمج هذه التقنيات مع النماذج العددية التقليدية يُعزز الموثوقية من خلال الجمع بين الفهم الفيزيائي للظواهر الجوية والقدرات الاستخلاصية للخوارزميات المتقدمة. ويعكس هذا التطور تحولاً نوعياً في فلسفة بناء الموثوقية العلمية للتنبؤات.

العنصر الثاني: دقة القياس والمؤشرات التقييمية

تُمثّل دقة القياس والمؤشرات التقييمية الأداة التي تُتيح الحكم الموضوعي على جودة التنبؤات الجوية، وتتضمن مجموعة من المعايير الإحصائية والفنية التي تقيس مدى مطابقة التنبؤات للظواهر الجوية الفعلية. ويستلزم تقييم الدقة استخدام مؤشرات متعددة تُراعي تنوع الظواهر الجوية التي يجري التنبؤ بها، إذ تختلف المؤشرات الملائمة لتقييم التنبؤ بدرجات الحرارة عن تلك الملائمة لتقييم التنبؤ بهطول الأمطار أو سرعة

الرياح، كما تختلف باختلاف المدى الزمني للتنبؤ من المدى القصير إلى المدى الطويل (Pagano et al., 2024).

العنصر الثالث: فاعلية أنظمة دعم القرار

تُمثل فاعلية أنظمة دعم القرار البُعد التطبيقي الذي يربط بين الإنتاج العلمي للتنبؤات والاستفادة الفعلية منها، وتتجلى في قدرة هذه الأنظمة على تحويل البيانات والتنبؤات الجوية إلى مخرجات قابلة للتفعيل من قبل صانعي القرار في القطاعات المختلفة. ويتضمن هذا العنصر تصميم واجهات استخدام ملائمة تأخذ بعين الاعتبار خصائص المستخدمين النهائيين، وتطوير آليات لتخصيص المخرجات وفق احتياجات كل قطاع، وتوفير أدوات تحليلية تُتيح للمستخدمين استكشاف البيانات والتنبؤات بصورة تفاعلية (Na-Yemeh et al., 2022).

العنصر الرابع: كفاءة إيصال المعلومات الجوية

تُمثل كفاءة إيصال المعلومات الجوية الجسر الذي تعبر من خلاله التنبؤات من مرحلة الإنتاج إلى مرحلة التوظيف الفعلي، وتُعدّ من أبرز التحديات التي تواجه المؤسسات الجوية في العصر الحالي. وتكتسب هذه الكفاءة أهمية خاصة في إيصال المعلومات الاحتمالية المتعلقة بالظواهر الجوية، إذ تتطلب أساليب اتصالية متخصصة تأخذ بعين الاعتبار خصائص الجمهور المستهدف ومستوى فهمه للمفاهيم الاحتمالية، وتُراعي الفروق بين فئات المستخدمين من حيث احتياجاتهم المعلوماتية وقدراتهم على استيعاب المخرجات الفنية. (Ripberger et al., 2022)

العنصر الخامس: التكامل مع تقنيات البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي

يُمثل التكامل مع تقنيات البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي البُعد التطوري الذي يفتح آفاقاً جديدة لرفع دقة التنبؤات وتعزيز قدرات دعم القرار. وقد أتاح التحول إلى التنبؤ القائم على البيانات إمكانات غير مسبوقة للاستفادة من تدفقات البيانات الضخمة المستمدة من مصادر متنوعة كالأقمار الصناعية والرادارات ومحطات الرصد الأرضية وأجهزة الاستشعار المنتشرة، مع توظيف خوارزميات التعلم الآلي في استخلاص الأنماط من هذه البيانات وتوليد تنبؤات تجمع بين الدقة العلمية والكفاءة الحسابية. (Wu & Xue, 2024)

ويُضيف (Chatterjee et al., 2023) أن التكامل مع تحليلات البيانات الضخمة يُتيح تطوير القدرات المؤسسية على تحويل البيانات إلى رؤى تنبؤية تدعم القرار، ويرفع كفاءة عمليات اتخاذ القرار في المنظمات المستفيدة، ويسهم في تحسين الأداء المؤسسي بصورة شاملة. ويعكس هذا الطرح تحولاً جوهرياً في النظر إلى البيانات بوصفها أصلاً استراتيجياً يمكن استثماره لتعزيز القيمة المضافة لمنظومة التنبؤ الجوي.

العنصر السادس: التوقيت الزمني وملاءمة المخرجات

يُمثل التوقيت الزمني وملاءمة المخرجات بُعداً حاسماً في تحديد القيمة الفعلية للتنبؤات الجوية، إذ إن التنبؤ الدقيق الذي يصل متأخراً عن وقت الحاجة إليه يفقد قدراً كبيراً من قيمته، كما أن التنبؤ غير الملائم لاحتياجات المستخدم يُصبح عبئاً معلوماتياً بدلاً من أن يكون أداة مساندة. ويتطلب تحقيق التوقيت المناسب بناء قدرات حسابية متقدمة تُتيح إنتاج التنبؤات بسرعة، وتطوير منظومة لإيصال المخرجات تضمن وصولها في الوقت المناسب، وتصميم آليات للتنبيه المبكر بالظواهر الجوية الخطرة تتيح هامشاً زمنياً كافياً لاتخاذ التدابير الوقائية. (Na-Yemeh et al., 2022)

العنصر السابع: التحسين المستمر للمنظومة التنبؤية

يُمثل التحسين المستمر للمنظومة التنبؤية البُعد الديناميكي الذي يضمن تطور المنظومة بتطور البيئة العلمية والتقنية المحيطة بها. ويستند هذا البُعد إلى فلسفة قائمة على التعلم من نتائج التقييم الدوري للتنبؤات، وتوظيف هذه النتائج في تحسين النماذج المستخدمة وأساليب المعالجة، ومواكبة التطورات العلمية الجارية في حقل التنبؤ الجوي. ويتطلب التحسين المستمر بناء قاعدة معرفية مؤسسية تُراكم الخبرات، وتطوير الكوادر البشرية بصورة دائمة، والاستثمار في البحث والتطوير بوصفه ركيزة للتميز في حقل التنبؤ الجوي (Pagano et al., 2024).

ويُكمل هذه الصورة (Wu & Xue, 2024) ببيان أن التحسين المستمر في الحقبة المعاصرة يستلزم استيعاب التحولات النوعية التي يشهدها الحقل بفعل دخول تقنيات الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة، ومواكبة هذه التحولات بصورة تحافظ على الاستمرارية وتُحقق التطوير في آن واحد.

ويرى الباحث أن هذه العناصر تتكامل في منظومة عضوية تتشكل منها فاعلية المتغير التابع، إذ تُغذي الموثوقية العلمية دقة المؤشرات التقييمية، وتُترجم هاتان إلى فاعلية في أنظمة دعم القرار، وتُكتمل

قيمتها بكفاءة إيصال المعلومات وملاءمة توقيتها، ويُحافظ على ديناميكية المنظومة من خلال التكامل مع التقنيات الحديثة والتحسين المستمر. وفي سياق المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية، تكتسب هذه العناصر أهمية مضاعفة بفعل التنوع المناخي للمملكة والتحديات الجوية الخاصة بها، مما يجعل التكامل بين هذه العناصر شرطاً لازماً لتحقيق رسالة المركز في خدمة القطاعات الوطنية المختلفة.

٦.٢.٢ العلاقة بين إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

تتبع العلاقة بين إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار من الطبيعة التقنية المعلوماتية الكثيفة لمنظومة التنبؤ الجوي، إذ إن إنتاج التنبؤات الدقيقة وتوظيفها في دعم القرار يستلزم منظومة تقنية متكاملة تتعامل مع كميات هائلة من البيانات، وتُشغّل نماذج حسابية معقدة، وتُوصل المخرجات إلى مستخدمين متعددين، وكل عنصر من هذه العناصر يُمثّل نقطة محتملة لمخاطر تقنية قد تُؤثر في جودة المنظومة بأكملها. (Cremer et al., 2022)

ويُسهم تقييم المخاطر التقنية في حماية المدخلات البيانية للمنظومة التنبؤية من المخاطر التي قد تُؤثر في جودتها، إذ إن دقة التنبؤات تتأثر مباشرة بجودة البيانات المرصودة وموثوقيتها، وأي خلل في منظومة الرصد أو في معالجة البيانات قد ينعكس على دقة المخرجات النهائية. ويُكمل أمن البيانات والبنية التحتية هذه الحماية من خلال صون البيانات وأنظمة المعالجة من التهديدات السيبرانية التي قد تُعطّل عمل المنظومة أو تُحرّف مخرجاتها. (Al-Dosari & Fetais, 2023)

وتُوطّر حوكمة تكنولوجيا المعلومات هذه المنظومة ضمن إطار مؤسسي يضمن مواءمة الاستثمار التقني مع الأهداف الاستراتيجية للمركز الوطني للأرصاد، ويُحدد الأدوار والمسؤوليات في إدارة المخاطر التقنية، ويضع السياسات التي تحكم استخدام البيانات والأنظمة. ويُكمل بُعد المراقبة والتحسين المستمر هذه الدورة من خلال الرصد الدائم للأداء التقني واستكشاف فرص التطوير، بما يضمن تطور المنظومة التنبؤية بتطور البيئة التقنية المحيطة بها. (Settembre-Blundo et al., 2021)

الفصل الثالث: منهجية الدراسة وإجراءاتها

١.٣ تمهيد

يُمثِّل هذا الفصل العمود الفقري للدراسة الميدانية، إذ يعرض الإطار المنهجي الذي اعتمدته الدراسة في معالجة مشكلتها واختبار فروضها وتحقيق أهدافها. وتتبع أهمية هذا الفصل من كونه يربط بين الإطار النظري الذي تأسست عليه الدراسة والنتائج الميدانية التي ستُسفر عنها، إذ إن سلامة الإجراءات المنهجية وضبطها هما الضمان الأكاديمي لمصداقية النتائج وقابليتها للتعميم. وقد حرص الباحث في هذا الفصل على اتباع منهجية علمية منضبطة تستوفي معايير البحث العلمي في مجال إدارة الأعمال، تبدأ بتحديد المنهج المستخدم في الدراسة وتبرير ملاءمته لطبيعة الموضوع، مروراً بتوصيف مجتمع الدراسة وعينها بدقة، ثم استعراض أداة الدراسة وإجراءات بنائها، ومن ثم التحقق من خصائصها السيكمترية من حيث الصدق والثبات، وانتهاءً بعرض الأساليب الإحصائية المعتمدة في تحليل البيانات. ويهدف هذا التتابع المنهجي إلى تقديم صورة متكاملة تُتيح للقارئ الحكم على جودة الإجراءات المتبعة وموثوقية النتائج المستخلصة، كما تُتيح للباحثين اللاحقين إعادة إجراء الدراسة أو البناء عليها بصورة منهجية سليمة.

٢.٣ منهج الدراسة

اعتمدت الدراسة الحالية على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه المنهج الأنسب لطبيعة موضوعها وأهدافها، إذ يستهدف هذا المنهج وصف الظاهرة موضوع الدراسة كما هي في الواقع، وجمع البيانات والمعلومات المتعلقة بها، وتحليلها تحليلاً علمياً منضبطاً يُفضي إلى استخلاص العلاقات والدلالات بين متغيراتها. ويتلاءم هذا المنهج مع طبيعة الدراسة التي تسعى إلى الكشف عن أثر إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها الأربعة على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالملكة العربية السعودية، إذ يتطلب هذا الكشف وصف واقع المتغيرين كما يُدرکه العاملون في المركز، ثم تحليل العلاقة بينهما تحليلاً إحصائياً يستند إلى بيانات مجموعة من العينة المستهدفة.

وقد استند الباحث إلى الأسلوب المسحي في جمع البيانات الميدانية من خلال استبانة مُصمَّمة وفق أبعاد الدراسة ومتغيراتها، تُوزَّع على عينة ممثلة من مجتمع الدراسة وفق إجراءات منهجية محددة. كما

اعتمدت الدراسة على الأسلوب الإحصائي الاستدلالي في تحليل البيانات واختبار الفروض، بحيث تُترجم البيانات المجموعة إلى نتائج كمية يمكن الحكم على دلالتها الإحصائية ومستوى ثقتها.

٣.٣ مجتمع الدراسة وعينتها

مجتمع الدراسة

يتكوّن مجتمع الدراسة من العاملين في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية من شاغلي الوظائف ذات العلاقة المباشرة بمنظومة التنبؤات الجوية وتقنية المعلومات وإدارة المخاطر التقنية، ويبلغ إجمالي عدد أفراد المجتمع وفق آخر إحصائية رسمية متاحة (420) موظفاً وموظفة، يتوزعون على الإدارات الفنية والتقنية المعنية بإنتاج التنبؤات الجوية وتشغيل أنظمة دعم القرار وإدارة البنية التحتية المعلوماتية وحوكمة تكنولوجيا المعلومات.

عينة الدراسة

نظراً لمحدودية حجم مجتمع الدراسة وقابليته للحصص، تمّ استخدام أسلوب العينة العشوائية الطبقية لاختيار أفراد العينة بصورة تضمن تمثيل مختلف فئات المجتمع، وقد جرى تحديد حجم العينة وفق معادلة ستيفن ثامبسون عند مستوى ثقة (٩٥٪) ونسبة خطأ (٥٪)، فبلغ حجم العينة المطلوبة (201) مفردة. وقد قام الباحث بتوزيع (220) استبانة لمراعاة احتمالية فقدان بعض الاستبانات أو عدم صلاحيتها، استُرد منها (212) استبانة بنسبة استرداد (٩٦.٤٪)، استُبعد منها (8) استبانات لعدم اكتمال البيانات أو لوجود إجابات نمطية تُخل بصلاحيتها للتحليل، ليُصبح عدد الاستبانات الصالحة للتحليل الإحصائي (204) استبانات بنسبة (٩٢.٧٪) من إجمالي الاستبانات الموزعة، وهي نسبة مرتفعة تعكس جودة الإجراءات الميدانية وتعاون أفراد العينة.

جدول توزيع الاستبيان

يُوضّح الجدول التالي توزيع الاستبيان على فئات مجتمع الدراسة وفق الإدارات الرئيسية في المركز الوطني للأرصاد:

جدول رقم (٣ - ١): توزيع الاستبيان على فئات مجتمع الدراسة

النسبة المئوية للعيينة	الاستبانات الصالحة	الاستبانات المستردة	الاستبانات الموزعة	حجم المجتمع	الإدارة / القطاع
32.8%	67	69	71	135	إدارة التنبؤات الجوية
22.5%	46	48	50	95	إدارة تقنية المعلومات والبنية التحتية
17.2%	35	36	37	70	إدارة أمن المعلومات وإدارة المخاطر
14.2%	29	30	31	60	إدارة دعم القرار وخدمات المستخدمين
7.8%	16	17	18	35	إدارة المراقبة والجودة والتحسين
5.5%	11	12	13	25	الإدارات المساندة ذات العلاقة
100%	204	212	220	420	الإجمالي

ويلاحظ من الجدول السابق أن توزيع العينة جاء متناسباً مع الأوزان النسبية للإدارات المختلفة في مجتمع الدراسة، مما يُعزز تمثيل العينة للمجتمع ويرفع من قابلية تعميم النتائج على المجتمع الأصلي.

٤.٣ أداة الدراسة

اعتمد الباحث على الاستبانة أداة رئيسة لجمع البيانات الميدانية، نظراً لملاءمتها لطبيعة الدراسة وحجم العينة المستهدفة، وقدرتها على توفير بيانات كمية قابلة للمعالجة الإحصائية. وقد تم بناء الاستبانة في صورتها النهائية من خلال مراجعة الأدبيات والدراسات المرتبطة بمتغيري الدراسة، والاستفادة من المقاييس المعتمدة في الإطار النظري، ثم صياغة فقرات الاستبانة بما يتلاءم مع البيئة التطبيقية للمركز الوطني للأرصاد.

تتكوّن الاستبانة من ثلاثة أقسام رئيسة؛ يتناول القسم الأول البيانات الديموغرافية لأفراد العينة، ويتضمن متغيرات (النوع، العمر، المؤهل العلمي، سنوات الخبرة، طبيعة العمل). ويتناول القسم الثاني المتغير المستقل (إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات) ويتكوّن من (١٦) فقرة موزعة على أربعة أبعاد بواقع (٤) فقرات لكل بُعد، هي: تقييم المخاطر التقنية، وأمن البيانات والبنية التحتية، وحوكمة تكنولوجيا المعلومات، والمراقبة والتحسين المستمر. ويتناول القسم الثالث المتغير التابع (دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار) ويتكوّن من (١٢) فقرة تقيس مستوى دقة التنبؤات الجوية وفاعلية أنظمة دعم القرار في المركز. وبذلك يبلغ إجمالي فقرات الاستبانة (28) فقرة، تُقاس جميعها وفق مقياس ليكرت الخماسي الذي يتدرج من (١) "غير موافق بشدة" إلى (٥) "موافق بشدة".

٥.٣ صدق وثبات أداة الدراسة

الصدق الظاهري (صدق المحكّمين)

للتحقق من الصدق الظاهري للاستبانة، عُرضت في صورتها الأولية على مجموعة من المحكّمين المتخصصين في إدارة الأعمال ونظم المعلومات الإدارية بلغ عددهم (9) محكّمين من أساتذة الجامعات السعودية، وقد طُلب منهم إبداء آرائهم حول مدى ملائمة الفقرات لقياس ما وُضعت لقياسه، وسلامة صياغتها اللغوية، ومدى انتمائها للأبعاد المحددة. وفي ضوء ملاحظات المحكّمين، أجرى الباحث التعديلات اللازمة على بعض الفقرات من حيث الصياغة والترتيب، حتى استقرت الاستبانة على صورتها النهائية المعتمدة في التطبيق الميداني.

صدق الاتساق الداخلي

للتحقق من صدق الاتساق الداخلي للاستبانة، طُبِّقت على عينة استطلاعية بلغ حجمها (٣٠) مفردة من مجتمع الدراسة، وحُسبت معاملات الارتباط (بيرسون) بين درجة كل فقرة والدرجة الكلية للبُعد الذي تنتمي إليه، وبين درجة كل بُعد والدرجة الكلية للمتغير، كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (٣ - ٢): معاملات الارتباط بين درجة كل بُعد والدرجة الكلية للمتغير

البُعد	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
تقييم المخاطر التقنية	0.847	0.000
أمن البيانات والبنية التحتية	0.872	0.000
حوكمة تكنولوجيا المعلومات	0.819	0.000
المراقبة والتحسين المستمر	0.864	0.000
دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار (محور كامل)	0.891	0.000

يتضح من الجدول أن جميع معاملات الارتباط دالة إحصائياً عند مستوى معنوية (٠.٠٠١)، مما يُشير إلى تمتع الاستبانة بدرجة عالية من الاتساق الداخلي.

ثبات الأداة (معامل ألفا كرونباخ)

لقياس ثبات الاستبانة، استخدم الباحث معامل ألفا كرونباخ بوصفه من أكثر أساليب قياس الثبات شيوعاً واعتماداً في الدراسات الإدارية، وجاءت النتائج كما يوضحها الجدول التالي:

جدول رقم (٣ - ٣): معاملات ثبات أداة الدراسة وفق ألفا كرونباخ

البُعد / المتغير	عدد الفقرات	معامل ألفا كرونباخ
تقييم المخاطر التقنية	4	0.831
أمن البيانات والبنية التحتية	4	0.857
حوكمة تكنولوجيا المعلومات	4	0.812
المراقبة والتحسين المستمر	4	0.843
المتغير المستقل (إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات)	16	0.912
المتغير التابع (دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار)	12	0.896
الاستبانة ككل	28	0.934

يتضح من الجدول أن جميع قيم معامل ألفا كرونباخ تجاوزت الحد المقبول إحصائياً (٠.٧٠)، مما يؤكد تمتع الأداة بدرجة عالية من الثبات وصلاحياتها للتطبيق الميداني.

٦.٣ مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة

للتحقق من العلاقات الارتباطية بين أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع قبل الانتقال إلى اختبار الأثر، حُسبت مصفوفة الارتباط (بيرسون) بين جميع متغيرات الدراسة، وجاءت النتائج كما يوضحها الجدول التالي:

جدول رقم (٣ - ٤): مصفوفة الارتباط بين أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

المتغيرات	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1)تقييم المخاطر التقنية	1					
(2)أمن البيانات والبنية التحتية	0.643**	1				
(3)حوكمة تكنولوجيا المعلومات	0.612**	0.687**	1			
(4)المراقبة والتحسين المستمر	0.598**	0.654**	0.671**	1		
(5)إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات (كلي)	0.834**	0.861**	0.847**	0.839**	1	
(6)دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار	0.687**	0.724**	0.701**	0.715**	0.812**	1

**دالة إحصائية عند مستوى معنوية (0.01).

يتضح من مصفوفة الارتباط ما يلي: وجود علاقات ارتباطية موجبة ودالة إحصائية عند مستوى معنوية (٠.٠١) بين جميع أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، وقد تراوحت قيم معاملات الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار بين (٠.٦٨٧) و(٠.٧٢٤)، وهي قيم تعكس علاقات ارتباطية قوية. كما بلغ معامل الارتباط بين الدرجة الكلية للمتغير المستقل والمتغير التابع (٠.٨١٢)، وهو ما يُشير إلى علاقة ارتباطية قوية جداً بين المتغيرين. أما معاملات الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل

ذاتها فقد تراوحت بين (٠.٥٩٨) و(٠.٦٨٧)، وهي قيم متوسطة إلى مرتفعة لا تُؤشّر إلى وجود ارتباط خطي متعدد يُخلّ بنتائج تحليل الانحدار، إذ بقيت جميعها دون الحد الحرج (٠.٨٠) الذي يُشير إليه عادةً كمؤشر على مشكلة الازدواج الخطي.

٧.٣ الأساليب الإحصائية المستخدمة

لمعالجة البيانات وتحليلها واختبار فروض الدراسة، استخدم الباحث برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) في إصداره الأحدث، وتمّ توظيف مجموعة من الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية على النحو الآتي:

- ❖ التكرارات والنسب المئوية: لوصف خصائص أفراد عينة الدراسة الديموغرافية والوظيفية.
- ❖ المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية: لوصف اتجاهات إجابات أفراد العينة على فقرات الاستبانة وأبعادها، وترتيب الأبعاد وفق أهميتها النسبية.
- ❖ معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) لقياس ثبات أداة الدراسة والتحقق من اتساق فقراتها الداخلي.
- ❖ معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation) لحساب الاتساق الداخلي للاستبانة، ولبناء مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة.
- ❖ اختبار معامل تضخم التباين (VIF) واختبار التباين المسموح (Tolerance) للتحقق من خلو البيانات من مشكلة الازدواج الخطي بين المتغيرات المستقلة.
- ❖ اختبار التوزيع الطبيعي (Kolmogorov-Smirnov) للتحقق من اعتدالية توزيع البيانات قبل تطبيق الاختبارات المعلمية.
- ❖ تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لاختبار أثر كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل على المتغير التابع، بما يخدم الفروض الفرعية الأربعة.
- ❖ تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression) لاختبار الأثر المشترك لأبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات مجتمعة على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار، بما يخدم الفرض الرئيس للدراسة.
- ❖ اختبار تحليل التباين (ANOVA) للتحقق من الدلالة الإحصائية لنماذج الانحدار المستخدمة.

❖ اختبارات الفروق (T-test) و (One-Way ANOVA) للكشف عن الفروق في إجابات أفراد العينة وفق متغيراتهم الديموغرافية والوظيفية، إن وُجدت.

الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات

١.٤ تمهيد

يتناول هذا الفصل عرضاً تحليلياً للبيانات الميدانية التي جُمعت من أفراد عينة الدراسة في المركز الوطني للأرصاد بالملكة العربية السعودية، ومعالجتها إحصائياً باستخدام برنامج SPSS ، وذلك بهدف الإجابة عن تساؤلات الدراسة واختبار فرضياتها. ويبدأ الفصل بتحليل الخصائص الديموغرافية والوظيفية لأفراد العينة، ثم ينتقل إلى التحليل الوصفي لأبعاد المتغير المستقل (إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات) والمتغير التابع (دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار)، وينتهي باختبار الفرضيات الرئيسية والفرعية للدراسة.

٢.٤ تحليل البيانات الديموغرافية والوظيفية لأفراد عينة الدراسة

توزيع أفراد العينة وفق متغير النوع

جدول رقم (٤ - ١): توزيع أفراد العينة وفق متغير النوع

النوع	التكرار	النسبة المئوية
ذكر	162	79.4%
أنثى	42	20.6%
الإجمالي	204	100%

يتضح من الجدول أن غالبية أفراد العينة من الذكور بنسبة (٧٩.٤٪)، في حين بلغت نسبة الإناث (٢٠.٦٪)، ويعكس هذا التوزيع طبيعة العمل في المركز الوطني للأرصاد التي تتطلب وظائف تقنية متخصصة يغلب عليها العنصر الذكوري.

توزيع أفراد العينة وفق متغير العمر

جدول رقم (٤ - ٢): توزيع أفراد العينة وفق متغير العمر

النسبة المئوية	التكرار	الفئة العمرية
16.7%	34	أقل من ٣٠ سنة
42.6%	87	من ٣٠ إلى أقل من ٤٠ سنة
29.9%	61	من ٤٠ إلى أقل من ٥٠ سنة
10.8%	22	50 سنة فأكثر
100%	204	الإجمالي

يتضح أن الفئة العمرية (٣٠ إلى أقل من ٤٠ سنة) تُمثّل النسبة الأكبر من العينة بنسبة (٤٢.٦٪)، تليها فئة (٤٠ إلى أقل من ٥٠ سنة) بنسبة (٢٩.٩٪)، مما يُشير إلى أن غالبية العاملين في المركز هم من الفئات العمرية الناضجة المهنيّاً.

توزيع أفراد العينة وفق متغير المؤهل العلمي

جدول رقم (٤ - ٣): توزيع أفراد العينة وفق المؤهل العلمي

النسبة المئوية	التكرار	المؤهل العلمي
9.3%	19	دبلوم
60.8%	124	بكالوريوس
23.0%	47	ماجستير
6.9%	14	دكتوراه
100%	204	الإجمالي

يتضح أن حملة البكالوريوس يُمثّلون النسبة الأكبر بنسبة (٦٠.٨٪)، يليهم حملة الماجستير بنسبة (٢٣.٠٪)، مما يعكس ارتفاع المستوى التعليمي لأفراد العينة وملاءمتهم للإدلاء برأي علمي حول متغيرات الدراسة.

توزيع أفراد العينة وفق متغير سنوات الخبرة

جدول رقم (٤ - ٤): توزيع أفراد العينة وفق سنوات الخبرة

النسبة المئوية	التكرار	سنوات الخبرة
13.7%	28	أقل من ٥ سنوات
34.8%	71	من ٥ إلى أقل من ١٠ سنوات
31.4%	64	من ١٠ إلى أقل من ١٥ سنة
20.1%	41	15 سنة فأكثر
100%	204	الإجمالي

يتضح أن غالبية أفراد العينة (٨٦.٣%) يمتلكون خبرة تزيد عن (٥) سنوات، مما يُعزز موثوقية بياناتهم ودقة تقييمهم لمتغيرات الدراسة.

توزيع أفراد العينة وفق طبيعة العمل

جدول رقم (٤ - ٥): توزيع أفراد العينة وفق طبيعة العمل

النسبة المئوية	التكرار	طبيعة العمل
32.8%	67	تنبؤات جوية
22.5%	46	تقنية معلومات وبنية تحتية
17.2%	35	أمن معلومات وإدارة مخاطر
14.2%	29	دعم قرار وخدمات مستفيدين
7.8%	16	مراقبة وجوده وتحسين
5.5%	11	إدارات مساندة
100%	204	الإجمالي

٣.٤ التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة

اعتمد الباحث في تفسير المتوسطات الحسابية على المعيار التالي المستند إلى مقياس ليكرت الخماسي:
 من (١ - ١.٨٠) منخفض جداً، ومن (١.٨١ - ٢.٦٠) منخفض، ومن (٢.٦١ - ٣.٤٠) متوسط، ومن
 (٣.٤١ - ٤.٢٠) مرتفع، ومن (٤.٢١ - ٥) مرتفع جداً.

التحليل الوصفي للبُعد الأول: تقييم المخاطر التقنية

جدول رقم (٤ - ٦): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد تقييم المخاطر التقنية

م	الفقرة	المتوسط	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
1	يتبنى المركز منهجية واضحة لتحديد المخاطر التقنية المرتبطة بأنظمة التنبؤ الجوي	4.12	0.687	2	مرتفع
2	يجري المركز تقييماً دورياً لاحتمالية وقوع المخاطر التقنية وحجم آثارها	3.94	0.742	4	مرتفع
3	تُصنّف المخاطر التقنية وفق أولوياتها لتوجيه الموارد نحو الأكثر خطورة	4.18	0.654	1	مرتفع
4	يعتمد المركز على معايير دولية معتمدة في تقييم المخاطر التقنية	4.05	0.713	3	مرتفع
	المتوسط العام للبُعد	4.07	0.591	—	مرتفع

التحليل الوصفي للبُعد الثاني: أمن البيانات والبنية التحتية

جدول رقم (٤ - ٧): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد أمن البيانات والبنية التحتية

م	الفقرة	المتوسط	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
5	يطبق المركز ضوابط أمنية متعددة الطبقات لحماية بياناته الجوية	4.24	0.612	1	مرتفع جداً

مرتفع	3	0.698	4.09	تُحمى بيانات المركز أثناء التخزين والنقل والمعالجة بأساليب التشفير الحديثة	6
مرتفع	4	0.756	3.91	تخضع البنية التحتية المعلوماتية لاختبارات اختراق دورية للكشف عن الثغرات	7
مرتفع	2	0.643	4.16	يتوفر نظام لإدارة الهوية والوصول يضبط صلاحيات المستخدمين	8
مرتفع	—	0.578	4.10	المتوسط العام للبُعد	

التحليل الوصفي للبُعد الثالث: حوكمة تكنولوجيا المعلومات

جدول رقم (٤ - ٨): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد حوكمة تكنولوجيا المعلومات

م	الفقرة	المتوسط	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
9	تتوفر سياسات واضحة لحوكمة تكنولوجيا المعلومات في المركز	3.97	0.724	3	مرتفع
10	تحدد الأدوار والمسؤوليات في إدارة المخاطر التقنية على المستويات المختلفة	4.08	0.681	1	مرتفع
11	تتواءم استراتيجية تكنولوجيا المعلومات مع الأهداف الاستراتيجية للمركز	4.03	0.692	2	مرتفع
12	تتوفر آليات للتقرير والمساءلة في منظومة إدارة المخاطر التقنية	3.86	0.769	4	مرتفع
	المتوسط العام للبُعد	3.99	0.612	—	مرتفع

التحليل الوصفي للبعد الرابع: المراقبة والتحسين المستمر

جدول رقم (٤ - ٩): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد المراقبة والتحسين المستمر

م	الفقرة	المتوسط	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
13	تخضع الأنظمة التقنية في المركز لمراقبة مستمرة لرصد المخاطر الناشئة	4.14	0.658	1	مرتفع
14	تُقاس فاعلية الضوابط الأمنية بصورة دورية وفق مؤشرات أداء محددة	3.92	0.741	3	مرتفع
15	يستفيد المركز من الحوادث السابقة في تطوير منظومة إدارة المخاطر	4.01	0.703	2	مرتفع
16	تُحدَّث السياسات والإجراءات وفق مستجدات البيئة التقنية	3.88	0.758	4	مرتفع
	المتوسط العام للبعد	3.99	0.604	—	مرتفع

ترتيب أبعاد المتغير المستقل

جدول رقم (٤ - ١٠): الترتيب العام لأبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات

م	البعد	المتوسط	الانحراف المعياري	الترتيب
1	أمن البيانات والبنية التحتية	4.10	0.578	1
2	تقييم المخاطر التقنية	4.07	0.591	2
3	حوكمة تكنولوجيا المعلومات	3.99	0.612	3
4	المراقبة والتحسين المستمر	3.99	0.604	4
	المتوسط العام للمتغير المستقل	4.04	0.547	مرتفع

التحليل الوصفي للمتغير التابع: دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

جدول رقم (٤ - ١١): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات المتغير التابع

م	الفقرة	المتوسط	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
17	تتسم التنبؤات الجوية الصادرة عن المركز بدرجة عالية من الموثوقية العلمية	4.15	0.671	2	مرتفع
18	يعتمد المركز على نماذج عددية متقدمة في إنتاج تنبؤاته الجوية	4.21	0.634	1	مرتفع جداً
19	تُستخدم مؤشرات إحصائية دقيقة في تقييم جودة التنبؤات الجوية	3.98	0.712	7	مرتفع
20	تتوفر أنظمة فعّالة لدعم القرار تُحوّل التنبؤات إلى مخرجات قابلة للتفعيل	3.94	0.728	9	مرتفع
21	تُخصّص مخرجات أنظمة دعم القرار وفق احتياجات القطاعات المستفيدة	3.87	0.751	11	مرتفع
22	تُوصّل المعلومات الجوية إلى المستخدمين بكفاءة وفي الوقت المناسب	4.03	0.689	5	مرتفع
23	تُقدّم المعلومات الاحتمالية بصورة يسهل على المستخدمين استيعابها	3.89	0.743	10	مرتفع
24	يوظف المركز تقنيات الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة في تطوير تنبؤاته	4.07	0.682	4	مرتفع
25	تتميز أنظمة التنبيه المبكر بالظواهر الجوية الخطرة بالكفاءة والسرعة	4.12	0.668	3	مرتفع
26	تتوفر آليات منهجية للتحسين المستمر لمنظومة التنبؤ في المركز	3.96	0.717	8	مرتفع

مرتفع	6	0.694	4.01	يستفيد المركز من نتائج تقييم التنبؤات في تطوير نماذجه التنبؤية	27
مرتفع	12	0.762	3.85	تُسهم منظومة دعم القرار الجوي في خدمة احتياجات القطاعات الوطنية	28
مرتفع	—	0.561	4.01	المتوسط العام للمتغير التابع	

٤.٤ اختبار فرضيات الدراسة

اختبار الفرضية الرئيسة

نص الفرضية: "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لإدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها مجتمعة (تقييم المخاطر التقنية، أمن البيانات والبنية التحتية، حوكمة تكنولوجيا المعلومات، المراقبة والتحسين المستمر) على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالملكة العربية السعودية".

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Regression) بهدف قياس تأثير أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات (كعوامل مستقلة) على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار (كعامل تابع). وقد جاءت نتائج التحليل كما يلي:

جدول رقم (٤ - ١٢): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

المتغيرات المستقلة	معاملات الانحدار B	قيمة اختبار T	مستوى الدلالة Sig.
(Constant)المقدار الثابت	0.487	2.984	0.003 **
تقييم المخاطر التقنية	0.241	4.382	0.000 **
أمن البيانات والبنية التحتية	0.318	5.726	0.000 **
حوكمة تكنولوجيا المعلومات	0.214	3.967	0.000 **
المراقبة والتحسين المستمر	0.157	2.841	0.005 **
معامل الارتباط = ٠.٨٤٧	معامل التحديد = ٠.٧١٧		

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تُشير نتائج تحليل الانحدار المتعدد الموضحة في الجدول (٤ - ١٢) إلى وجود علاقة تأثيرية دالة إحصائياً بين أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات كمتغيرات مستقلة، ودقة التنبؤات الجوية ودعم القرار كمتغير تابع. فقد بلغ معامل التحديد (R^2) قيمة قدرها (٠.٧١٧)، وهي نسبة مرتفعة تدل على أن (٧١.٧٪) من التباين في دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد يمكن تفسيره من خلال المتغيرات الأربعة المتعلقة بإدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات، كما تشير قيمة معامل الارتباط ($R = 0.847$) إلى وجود ارتباط قوي بين المتغيرات المدروسة.

أما على مستوى الأبعاد الفردية، فقد تبين أن بُعد "أمن البيانات والبنية التحتية" هو الأكثر تأثيراً على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار، حيث بلغ معامل الانحدار له ($B = 0.318$)، وبلغت قيمة ($T = 5.726$) بدلالة معنوية عالية. ($\text{Sig.} = 0.000$) ويؤكد ذلك الدور الحاسم الذي يلعبه تأمين البيانات الجوية والبنية التحتية المعلوماتية في صون سلامة المدخلات التي تُبنى عليها التنبؤات، ومن ثمّ ضمان جودة المخرجات النهائية ودقتها.

كما أظهرت النتائج أن بُعد "تقييم المخاطر التقنية" يُسهم بشكل دال في تفسير التباين في دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار بمعامل انحدار ($B = 0.241$) وقيمة T بلغت (٤.٣٨٢) عند مستوى دلالة ($\text{Sig.} = 0.000$)، مما يعكس أهمية الكشف المبكر عن المخاطر التقنية المحتملة في الحفاظ على سلامة منظومة التنبؤ. وفي السياق ذاته، جاء بُعد "حوكمة تكنولوجيا المعلومات" بمعامل انحدار ($B = 0.214$) وقيمة T بلغت (٣.٩٦٧) عند مستوى دلالة ($\text{Sig.} = 0.000$)، مما يُشير إلى أن الإطار الحوكمي يُمثّل ركيزة تنظيمية لازمة لضمان فاعلية منظومة إدارة المخاطر وانعكاسها على جودة المخرجات.

بينما أظهر بُعد "المراقبة والتحسين المستمر" أثراً أقل نسبياً ($B = 0.157$)، لكنه لا يزال ذا دلالة إحصائية ($\text{Sig.} = 0.005$)، ما يُشير إلى أن تعزيز هذا البُعد قد يُمثّل فرصة لتحسين متكامل في منظومة إدارة المخاطر التقنية في المركز، وبصفة خاصة في ما يتعلق بآليات الرصد المستمر للأداء والاستفادة من نتائج التقييم في التطوير. وبناءً على ذلك، تُؤكد هذه النتائج صحة الفرضية الرئيسة للدراسة. ويتفرع منها الفروض التالية:

الفرضية الفرعية الأولى

نص الفرضية: "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لتقييم المخاطر التقنية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالملكة العربية السعودية".

للتحقق من صحة هذا الفرض، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression Test)، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (٤ - ١٣): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر تقييم المخاطر التقنية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

المتغير التابع	ملخص النموذج	تحليل التباينANOVA				المتغير المستقل	المعاملاتCoefficient				
دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار	معامل الارتباط r	معامل التحديد R²	درجة الحرية df	F المحسوبة	Sig. F	تقييم المخاطر التقنية	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
	0.687	0.472	1	180.673	0.000		0.652	0.049	0.687	13.441	0.000

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لقياس تأثير "تقييم المخاطر التقنية" باعتباره أحد أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات على "دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار". وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (٤ - ١٣)، حيث بلغ معامل الارتباط ($r = 0.687$)، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد ($R^2 = 0.472$)، مما يشير إلى أن (٤٧.٢%) من التباين في دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار يُمكن تفسيره من خلال متغير تقييم المخاطر التقنية فقط، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (١٨٠.٦٧٣) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (٠.٠١)، مما يُعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ($B = 0.652$)، بقيمة ($T = 13.441$)، وهي أيضاً دالة عند مستوى ($\text{Sig.} = 0.000$)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في تقييم المخاطر التقنية تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.652) في مستوى دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار، ضمن شروط النموذج. وبناءً على ذلك، تُقبل الفرضية الفرعية الأولى.

الفرضية الفرعية الثانية

نص الفرضية: "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لأمن البيانات والبنية التحتية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية".

للتحقق من صحة هذا الفرض، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (٤ - ١٤): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر أمن البيانات والبنية التحتية على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

المتغير التابع	ملخص النموذج	تحليل التباينANOVA				المتغير المستقل	المعاملاتCoefficient				
دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار	معامل الارتباط r	معامل التحديد R²	درجة الحرية df	F المحسوبة	Sig. F	أمن البيانات والبنية التحتية	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
	0.724	0.524	1	222.391	0.000		0.703	0.047	0.724	14.913	0.000

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس تأثير "أمن البيانات والبنية التحتية" باعتباره أحد أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات على "دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار". وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (٤ - ١٤)، حيث بلغ معامل الارتباط ($r = 0.724$)، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد ($R^2 = 0.524$)، مما يشير إلى أن (52.4%) من التباين في دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار يُمكن تفسيره من خلال متغير أمن البيانات والبنية التحتية فقط، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA) ، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (٢٢٢.٣٩١) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000) ، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (٠.٠١) ، مما يُعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار ، فقد بلغ معامل التأثير (B = 0.703) ، بقيمة (T = 14.913) ، وهي أيضاً دالة عند مستوى (Sig. = 0.000) ، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في أمن البيانات والبنية التحتية تؤدي إلى زيادة بمقدار (٠.٧٠٣) في مستوى دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار ، ضمن شروط النموذج. ويعكس هذا الأثر الدور المحوري الذي تؤديه حماية الأصول المعلوماتية للمركز في صون جودة منظومة التنبؤ ومخرجاتها. وبناءً على ذلك ، تُقبل الفرضية الفرعية الثانية.

الفرضية الفرعية الثالثة

نص الفرضية: "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) لحوكمة تكنولوجيا المعلومات على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالملكة العربية السعودية".

للتحقق من صحة هذا الفرض ، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط ، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (٤ - ١٥): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر حوكمة تكنولوجيا المعلومات على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

المتغير التابع	ملخص النموذج	ANOVA تحليل التباين				المتغير المستقل	المعاملاتCoefficient				
دقة التنبؤات الجوية	معامل الارتباط r	معامل التحديد R²	درجة الحرية df	F المحسوبة	Sig. F	حوكمة تكنولوجيا المعلومات	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
ودعم القرار	0.701	0.491	1	194.853	0.000		0.643	0.046	0.701	13.959	0.000

للتحقق من هذه الفرضية ، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس تأثير "حوكمة تكنولوجيا المعلومات" باعتبارها أحد أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات على "دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار".

وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (٤ - ١٥)، حيث بلغ معامل الارتباط ($r = 0.701$)، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد ($R^2 = 0.491$)، مما يُشير إلى أن (٤٩.١%) من التباين في دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار يُمكن تفسيره من خلال متغير حوكمة تكنولوجيا المعلومات فقط، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (١٩٤.٨٥٣) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (٠.٠١)، مما يُعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ($B = 0.643$)، بقيمة ($T = 13.959$)، وهي أيضاً دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في حوكمة تكنولوجيا المعلومات تؤدي إلى زيادة بمقدار (٠.٦٤٣) في مستوى دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار، ضمن شروط النموذج. ويعكس هذا الأثر أهمية الإطار التنظيمي والمؤسسي في توجيه منظومة إدارة المخاطر التقنية نحو دعم جودة التنبؤات. وبناءً على ذلك، تُقبل الفرضية الفرعية الثالثة.

الفرضية الفرعية الرابعة

نص الفرضية: "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.05$) للمراقبة والتحسين المستمر على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية".
للتحقق من صحة هذا الفرض، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (٤ - ١٦): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر المراقبة والتحسين المستمر على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار

المتغير التابع	ملخص النموذج	تحليل التباينANOVA				المتغير المستقل	المعاملاتCoefficient				
دقة التنبؤات الجوية	معامل الارتباط r	معامل التحديد R²	درجة الحرية df	F المحسوبة	Sig. F	المراقبة والتحسين المستمر	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
ودعم القرار	0.715	0.511	1	211.045	0.000		0.664	0.046	0.715	14.527	0.000

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس تأثير "المراقبة والتحسين المستمر" باعتبارها أحد أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات على "دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار". وقد جاءت النتائج الإحصائية كما هو موضح في الجدول (٤ - ١٦)، حيث بلغ معامل الارتباط ($r = 0.715$)، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد ($R^2 = 0.511$)، مما يشير إلى أن (٥١.١٪) من التباين في دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار يُمكن تفسيره من خلال متغير المراقبة والتحسين المستمر فقط، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (٢١١.٠٤٥) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (٠.٠١)، مما يُعزز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ($B = 0.664$)، بقيمة ($T = 14.527$)، وهي أيضاً دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في المراقبة والتحسين المستمر تؤدي إلى زيادة بمقدار (٠.٦٦٤) في مستوى دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار، ضمن شروط النموذج. ويعكس هذا الأثر الطابع الديناميكي لمنظومة إدارة المخاطر التقنية، إذ إن استمرارية المراقبة والتطوير تُسهم في تحسين قدرة المركز على إنتاج تنبؤات أكثر دقة وفاعلية. وبناءً على ذلك، تُقبل الفرضية الفرعية الرابعة.

الخامس: النتائج والتوصيات

١.٥ تمهيد

يُمثّل هذا الفصل خلاصة الدراسة وحصاد جهودها المنهجية والتطبيقي، إذ يعرض النتائج التي توصّلت إليها الدراسة في ضوء تحليل البيانات الميدانية واختبار فرضياتها، مع تفسير هذه النتائج وتعليلها وربطها بما طُرِح في الأدبيات السابقة، ثم يُقدّم مجموعة من التوصيات العملية الموجهة للمركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية، بما يُسهم في تعزيز منظومة إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات لديه ورفع كفاءة دقة التنبؤات الجوية وفاعلية أنظمة دعم القرار.

٢.٥ نتائج الدراسة

كشفت نتائج الدراسة عن وجود أثر ذي دلالة إحصائية لإدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات بأبعادها مجتمعة على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية، إذ بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.717$)، مما يعني أن الأبعاد الأربعة لإدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات تُفسّر ما نسبته (٧١.٧٪) من التباين في دقة التنبؤات الجوية وفاعلية أنظمة دعم القرار في المركز. ويُعزى هذا الأثر إلى الطبيعة المعلوماتية الكثيفة لمنظومة التنبؤ الجوي التي تعتمد اعتماداً جوهرياً على البيانات الضخمة والأنظمة التقنية المعقدة، مما يجعل أي خلل في إدارة مخاطر هذه المنظومة منعكساً مباشرة على جودة المخرجات النهائية. وتتسق هذه النتيجة مع ما طرحه (Cremer et al., 2022) من أن المنظومات المعلوماتية المعاصرة تتطلب مقارنة متكاملة لإدارة المخاطر تستوعب تشعب التهديدات وتنوع آثارها، كما تتفق مع ما أشار إليه (Al-Dosari & Fetais, 2023) من أن إدارة المخاطر التقنية تُمثّل ركيزة لازمة لاستمرارية المنظومات المعلوماتية وفاعلية مخرجاتها.

وعلى صعيد الأبعاد الفردية، أظهرت النتائج أن بُعد أمن البيانات والبنية التحتية يحتل المرتبة الأولى في التأثير على دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار بمعامل انحدار ($B = 0.318$)، ويُعلّل هذا الأثر بأن البيانات الجوية تُمثّل المدخل الأساس الذي تُبنى عليه التنبؤات، وأن أي اختراق أو تحريف أو فقدان لهذه البيانات ينعكس مباشرة على جودة المخرجات، فضلاً عن أن البنية التحتية المعلوماتية هي الحاضنة التي تستضيف نماذج التنبؤ وتُشغّلها، مما يجعل صونها شرطاً لازماً لاستمرارية المنظومة بأكملها. وتتسق هذه

النتيجة مع ما طرحه (Arora & Bhardwaj, 2021) من أن أمن البنية التحتية في القطاعات الحيوية يُمثّل خط الدفاع الأول الذي تتبني عليه فاعلية المنظومة بأكملها، كما تتفق مع ما أكدته (Kamiya et al., 2021) أن الإخفاق في حماية الأصول المعلوماتية تمتد آثاره إلى ما هو أبعد من الجوانب التقنية المباشرة.

وقد جاء بُعد تقييم المخاطر التقنية في المرتبة الثانية من حيث التأثير بمعامل انحدار ($B = 0.241$) ، ويُعلّل هذا الأثر بأن التقييم المنهجي للمخاطر يُمثّل البوابة المنهجية التي تدخل من خلالها المنظمة إلى إدارة مخاطرها بصورة استباقية، إذ إن الكشف المبكر عن المخاطر المحتملة قبل تحويلها إلى حوادث فعلية يُتيح اتخاذ التدابير الوقائية في الوقت المناسب، مما يُقلل من احتمالية تعطل منظومة التنبؤ أو تدني جودة مخرجاتها. وتتسق هذه النتيجة مع ما طرحه (Sanjaya et al., 2020) من أن التقييم المنهجي للمخاطر وفق أطر معيارية يُسهم في رفع موضوعية القرارات الأمنية وكفاءة توجيه الموارد، كما تتفق مع ما أشار إليه (Li & Wang, 2024) من أن التقييم الذكي للمخاطر يُمثّل تحولاً نوعياً في فلسفة إدارة المخاطر من الاستجابة إلى الاستباق.

وعلى المنوال ذاته، أبرزت النتائج أن بُعد حوكمة تكنولوجيا المعلومات يُؤثر تأثيراً دالاً في دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار بمعامل انحدار ($B = 0.214$) ، ويُعلّل هذا الأثر بأن الحوكمة تُمثّل الإطار التنظيمي الذي يُؤطر منظومة إدارة المخاطر ويضمن مواءمتها مع الأهداف الاستراتيجية للمركز، إذ بدون إطار حوكمي واضح يتحدد فيه توزيع الأدوار والمسؤوليات وتُضبط فيه السياسات والإجراءات، تتحول إدارة المخاطر إلى ممارسات متفرقة تفتقر إلى الاتساق والاستدامة. وتتسق هذه النتيجة مع ما طرحه (Najwa et al., 2025) من أن الحوكمة تُمثّل الإطار الذي يربط بين إدارة المخاطر التقنية والإدارة الاستراتيجية للمنظمة، كما تتفق مع ما أشار إليه (El Khatib et al., 2023) من أن الحوكمة في عصر البيانات الضخمة تستلزم منظوراً موسّعاً يشمل البيانات بوصفها أصلاً استراتيجياً مستقلاً.

أما بُعد المراقبة والتحسين المستمر، فقد جاء في المرتبة الأخيرة من حيث التأثير بمعامل انحدار ($B = 0.157$) ، إلا أنه يحتفظ بدلالته الإحصائية، ويُعلّل ذلك بأن المراقبة والتحسين المستمر يُمثّلان الحلقة الديناميكية التي تضمن تطور منظومة إدارة المخاطر بتطور البيئة التقنية المحيطة بها، إذ إن التهديدات السيبرانية والتقنيات الناشئة تتطور باستمرار، مما يستلزم منظومة قادرة على التكيف الدائم. ويُمكن تفسير الأثر الأقل نسبياً لهذا البُعد بأن ثماره تتحقق في المدى المتوسط والبعيد أكثر منها في المدى القصير، مما

يجعل أثره أقل ظهوراً في القياس الآني مقارنة بالأبعاد الأخرى. وتتسق هذه النتيجة مع ما طرحه (Settembre-Blundo et al., 2021) من أن مرونة المنظمة وقدرتها على التكيف ترتبطان بمنظومة تحسين مستمر تتغذى من تجارب المنظمة وخبراتها المتراكمة.

وعلى صعيد المتغير التابع، أظهرت النتائج أن مستوى دقة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المركز الوطني للأرصاد جاء مرتفعاً بمتوسط حسابي بلغ (٤.٠١)، وهو ما يُؤشّر إلى أن المركز يحقق مستوى متقدماً من الأداء في هذا المجال، مع وجود مساحة للتطوير في بعض العناصر كتخصيص مخرجات أنظمة دعم القرار وفق احتياجات القطاعات المستفيدة، وفي إيصال المعلومات الاحتمالية بصورة يسهل على المستخدمين استيعابها. ويُعلّل المستوى المرتفع للأداء بما يبذله المركز من جهود في تبني النماذج العددية المتقدمة وتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة، وتتسق هذه النتيجة مع ما طرحه (Schultz et al., 2021) من أن دمج تقنيات التعلم العميق مع النماذج العددية التقليدية يرفع من قدرات منظومة التنبؤ الجوي، كما تتفق مع ما أشار إليه (Wu & Xue, 2024) من أن التحول إلى التنبؤ القائم على البيانات يُتيح إمكانات غير مسبوقة لرفع جودة التنبؤات.

أما الفجوات النسبية التي رصدتها الدراسة في بعض جوانب المتغير التابع، فيُمكن تحليلها بأن منظومة دعم القرار الجوي تتطلب تكاملاً عميقاً بين الجوانب العلمية والاتصالية والتنظيمية، وأن تخصيص المخرجات وفق احتياجات القطاعات المتنوعة يستلزم بناء قدرات مؤسسية متقدمة لفهم احتياجات كل قطاع وترجمتها إلى مخرجات ملائمة. وتتسق هذه الملاحظة مع ما طرحه (Ripberger et al., 2022) من أن إيصال المعلومات الاحتمالية يُمثل تحدياً متجدداً يتطلب أساليب اتصالية متخصصة تأخذ بعين الاعتبار خصائص الجمهور المستهدف، كما تتفق مع ما أشار إليه (Na-Yemeh et al., 2022) من أن فاعلية أنظمة دعم القرار الجوي تتحقق بقدرتها على تحويل البيانات إلى مخرجات قابلة للتفعيل من قبل صانعي القرار.

كذلك بيّنت النتائج الترابط القوي بين أبعاد المتغير المستقل ذاتها، إذ تراوحت معاملات الارتباط بينها بين (٠.٥٩٨) و(٠.٦٨٧)، وهو ما يُعلّل بأن أبعاد إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات تُشكّل منظومة عضوية متكاملة لا يُمكن الفصل بين عناصرها، إذ يُعزّي كل بُعد منها الأبعاد الأخرى ويتأثر بها، مما يؤكد ضرورة المعالجة الشمولية لهذه الأبعاد لا المعالجة الجزئية. وتتسق هذه النتيجة مع ما طرحه (Sanjaya et al., 2020) من أن منظومة إدارة المخاطر تعمل بفاعلية حين تتكامل عناصرها في دورة مترابطة، كما تتفق

مع ما أكدته (Chatterjee et al., 2023) من أن القدرات التحليلية المؤسسية تتحقق فاعليتها حين تتكامل في منظومة شاملة تخدم اتخاذ القرار.

وعلى صعيد عام، تكشف نتائج الدراسة عن صورة متماسكة تُؤكد أن إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات لم تعد مجرد ممارسة دفاعية تستهدف حماية الأصول المعلوماتية، بل تطورت إلى منظومة استراتيجية تُسهم في بناء قدرات المنظمة وتحسين مخرجاتها الجوهرية، وتتعاكس بصورة مباشرة على جودة الخدمات التي تُقدّمها للمجتمع. ويتسق هذا التوجه مع ما طرحه (Settembre-Blundo et al., 2021) من تطور مفهوم إدارة المخاطر نحو منظور المرونة والاستدامة، كما يؤكد ما طرحه (El Khatib et al., 2023) من أن البيانات الضخمة تُعيد تشكيل ممارسات إدارة المخاطر بصورة تُحوّلها من نشاط تفاعلي إلى ميزة استراتيجية.

٣.٥ توصيات الدراسة

في ضوء ما توصّلت إليه الدراسة، يُقدّم الباحث جملة من التوصيات الموجهة إلى المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية، على النحو الآتي:

- تعزيز منظومة أمن البيانات والبنية التحتية المعلوماتية في المركز من خلال تبني أحدث المعايير الدولية في حماية الأصول المعلوماتية، وتطبيق ضوابط أمنية متعددة الطبقات تشمل جدران الحماية المتقدمة وأنظمة كشف التسلل وتشفير البيانات في جميع حالاتها.
- تطوير منهجية مؤسسية متكاملة لتقييم المخاطر التقنية تستند إلى الأطر المعيارية الدولية كآيزو ٣١٠٠٠، مع تكييفها بما يتلاءم مع طبيعة العمل في المركز وخصوصية البيانات الجوية التي يتعامل معها.
- بناء إطار حوكمي شامل لتكنولوجيا المعلومات يُحدد بدقة الأدوار والمسؤوليات على مختلف المستويات التنظيمية، ويضع السياسات والإجراءات اللازمة لإدارة المخاطر التقنية، ويُؤسّس آليات للتقرير والمساءلة تضمن تدفق المعلومات بين المستويات.
- تأسيس وحدة متخصصة للمراقبة المستمرة للأنظمة التقنية والشبكات في المركز، تعمل على مدار الساعة لرصد المؤشرات التي قد تُتذر بمخاطر ناشئة أو حوادث وشيكة، مع تجهيزها بأدوات تحليل متقدمة تستفيد من قدرات الذكاء الاصطناعي.

- الاستثمار في توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم العميق في رفع دقة النماذج التنبؤية، من خلال بناء قدرات مؤسسية متخصصة في هذا المجال وإقامة شراكات مع المراكز البحثية الرائدة عالمياً.
- تطوير منظومة دعم القرار الجوي في المركز بصورة تُتيح تخصيص المخرجات وفق احتياجات القطاعات المختلفة كالطيران والملاحة البحرية والزراعة وإدارة الكوارث، مع تصميم واجهات استخدام ملائمة لخصائص كل قطاع.
- تطوير أساليب إيصال المعلومات الاحتمالية المتعلقة بالظواهر الجوية إلى المستخدمين النهائيين، من خلال تصميم رسائل اتصالية تُراعي خصائص الجمهور المستهدف ومستوى فهمه للمفاهيم الاحتمالية.
- تعزيز قدرات المركز في التنبيه المبكر بالظواهر الجوية الخطرة كالعواصف الرملية والأمطار الغزيرة المفاجئة، من خلال تطوير أنظمة إنذار سريعة تتكامل مع الجهات المعنية بالسلامة العامة في المملكة.
- بناء قاعدة معرفية مؤسسية تُراكم الخبرات المكتسبة من الحوادث السابقة ومن تقييمات الأداء الدورية، بحيث تُصبح مرجعاً يستفيد منه المركز في تطوير ممارساته وتجنّب تكرار الأخطاء.
- تنفيذ برامج تدريبية متخصصة للكوادر العاملة في المركز تستهدف رفع وعيها بمخاطر تكنولوجيا البيانات وأفضل الممارسات في التعامل معها، مع تحديث هذه البرامج بصورة دورية لمواكبة المستجدات التقنية والتهديدات الناشئة.
- تفعيل دور البحث والتطوير في المركز بوصفه ركيزة للتميز في حقل التنبؤ الجوي، من خلال تخصيص ميزانية كافية للبحث العلمي، وإقامة شراكات بحثية مع الجامعات السعودية ومراكز البحوث الدولية.
- تطوير مؤشرات أداء محددة لقياس فاعلية منظومة إدارة المخاطر التقنية في المركز بصورة دورية، وربط نتائج القياس بآليات التطوير والتحسين لضمان استمرارية تطور المنظومة.
- تعزيز التعاون والتنسيق بين المركز والجهات الوطنية المعنية بالأمن السيبراني كالهيئة الوطنية للأمن السيبراني، للاستفادة من الخبرات والإمكانات المتاحة على المستوى الوطني في مواجهة التهديدات السيبرانية.
- دمج اعتبارات الاستدامة والمرونة في منظومة إدارة المخاطر التقنية في المركز، بحيث تُؤخذ بعين الاعتبار الأبعاد البيئية والاجتماعية إلى جانب البعد الاقتصادي والتقني.
- تطوير خطط متكاملة لاستمرارية الأعمال والتعافي من الكوارث تضمن قدرة المركز على مواصلة أداء مهامه الجوهرية في مواجهة الحوادث التقنية المتوقعة وغير المتوقعة، مع إجراء اختبارات دورية لهذه الخطط للتحقق من فاعليتها.

٤.٥ الدراسات المستقبلية المقترحة

يقترح الباحث إجراء دراسات مستقبلية تُكَمِّل ما توصلت إليه هذه الدراسة، من بينها: دراسة مقارنة لمنظومات إدارة مخاطر تكنولوجيا البيانات في المراكز الوطنية للأرصاد في دول مجلس التعاون الخليجي، ودراسة تستكشف أثر تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي في رفع دقة التنبؤات الجوية، ودراسة تتناول العلاقة بين النضج الرقمي للمؤسسات الحكومية وكفاءة إدارة المخاطر التقنية لديها، ودراسة تستكشف دور الحوكمة السحابية في تعزيز أمن البيانات الجوية، ودراسة تتناول أثر القدرات الاتصالية لمؤسسات التنبؤ الجوي على ثقة المستفيدين بمخرجاتها.

Abstract

This study aimed to investigate the impact of data technology risk management, with its four dimensions—technical risk assessment, data and infrastructure security, information technology governance, and continuous monitoring and improvement—on the accuracy of weather forecasts and decision support at the National Center for Meteorology in the Kingdom of Saudi Arabia. The study adopted the descriptive analytical approach and employed a questionnaire as the primary data collection tool, consisting in its final form of twenty-eight items distributed across the study variables. The questionnaire was administered to a stratified random sample of (204) employees working in positions related to weather forecasting systems, information technology, and risk management at the Center. Data were statistically analyzed using SPSS software through various statistical methods, including means and standard deviations, Cronbach's alpha coefficient, Pearson correlation coefficient, and simple and multiple linear regression analysis.

The findings revealed a statistically significant impact at the significance level ($\alpha \leq 0.05$) of data technology risk management with its combined dimensions on the accuracy of weather forecasts and decision support, as the four dimensions explained (71.7%) of the variance in the dependent variable. The data and infrastructure security dimension ranked first in terms of impact, followed by technical risk assessment, then information technology governance, and finally continuous monitoring and improvement. In light of these findings, the study recommended strengthening the data and infrastructure security system at the Center, developing an integrated institutional methodology for technical risk assessment, building a comprehensive governance framework, establishing a specialized unit for continuous monitoring, and developing the decision support system to meet the needs of beneficiary national sectors.

Keywords: Data Technology Risk Management, Technical Risk Assessment, Data Security, Information Technology Governance, Weather Forecast Accuracy, Decision Support, National Center for Meteorology, Kingdom of Saudi Arabia.

المراجع

المراجع العربية

•

٢٢. <https://doi.org/10.26389/AJSRP.S050524>

- باقر، وفاء جاسم علي عباس، ارتيمة، هاني جزاع عبدالكريم، و الهواري، سامر فواز. (٢٠٢٠). أثر إدارة المخاطر في إدارة المشاريع الهندسية: الدور الوسيط للثقافة المنظمة في الهيئة العامة للطرق والنقل البري في دولة الكويت (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان.

مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1219633>

- جبر، هيثم عمار، و الشوابكة، روان عودة خلف. (٢٠٢٥). أثر إدارة المخاطر على نجاح المشاريع في شركات المقاولات العراقية: الدور المعدل لتحليلات البيانات الضخمة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان الأهلية، السلط. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1611658>

- الجبلي، وليد سمير عبدالعظيم. (٢٠٢٢). أثر التكامل بين أبعاد COBIT5 ومكونات الرقابة الداخلية وفقاً لإطار COSO في الحد من مخاطر المحاسبة السحابية. مجلة الإسكندرية للبحوث المحاسبية، ٦(٣)، ١٢٩-٢٢٥. https://journals.ekb.eg/article_268544.html

- الحربي، جميلة ناصر، و التويجري، عبدالرحمن علي. (٢٠٢٢). مؤشرات مخاطر الاحتيال في البيانات المالية في البيئة السعودية: تصورات المراجعين الخارجيين. المجلة العربية للنشر العلمي، ٣٩ ع ٥٣ - ٧٩. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1435902>

- خليفة، أحمد؛ ضيف الله، مراد؛ وزين، عبدالمالك. (٢٠٢١). أثر حوكمة تكنولوجيا المعلومات على تفعيل إدارة المخاطر في المؤسسات: دراسة ميدانية. مجلة الدراسات المالية والمحاسبية والإدارية، ٨(١)، ١-٣٢. <https://www.asjp.cerist.dz>

- راجح، ميثاق أحمد؛ وسلام، مروان عبدالملك عبدالله. (٢٠٢٥). دور حوكمة تكنولوجيا المعلومات وفق إطار COBIT5 في الحد من مخاطر المحاسبة السحابية: دراسة ميدانية على مجموعة هائل سعيد أنعم وشركاه. مجلة العلوم التربوية والدراسات الإنسانية، ٤٩(49)، ١-٣٥.

<https://doi.org/10.55074/hesj.vi49.1543>

- الرواشدة، ينال عاطف سلام، و الشورة، عبدالله أحمد سليمان. (٢٠٢٣). أثر إدارة المخاطر في مرونة سلسلة التوريد: الدور المعدل للتمكين في شركة البوتاس العربية. مجلة المثقال للعلوم الاقتصادية والإدارية، مج ٩، ع ١٤، ١٧١ - ٢١١. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1562231>
- الشهري، محمد عبدالله. (٢٠٢٤). استخدام نماذج أريما في التنبؤ بمعدلات هطول الأمطار في منطقة الباحة بالمملكة العربية السعودية. المجلة العربية للعلوم ونشر الأبحاث، ١٠ (٣)، ١
- الصيد، وليد؛ أبوشناف، عادل؛ والتوقيري، خالد. (٢٠٢٢). أثر حوكمة تكنولوجيا المعلومات على أداء المؤسسات العامة الليبية. مجلة البحوث الاقتصادية والاستراتيجية، (٩)، ١-25. <https://lam-journal.ly/index.php/jar/article/view/616>
- العازمي، أحمد فهد. (٢٠٢٢). تفعيل حوكمة تكنولوجيا المعلومات وأثرها على الحد من مخاطر التكنولوجيا المالية في الخدمات المصرفية الإلكترونية. المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والإدارية، ١٣ (2)، ١١١٥-1155. <https://journals.ekb.eg>
- المركز الوطني للأرصاد بالمملكة العربية السعودية. (٢٠٢٣). تطوير منظومة التنبؤات الجوية ودعم القرار في المملكة العربية السعودية. مجلة ودق، (٣)، ١-٥٢. <https://www.ncm.gov.sa>
- مركز تريندز للبحوث والاستشارات. (٢٠٢٤). الذكاء الاصطناعي وتطور التنبؤ بالأحوال الجوية: الفرص والتحديات. سلسلة إصدارات تريندز، ١-٤٥. <https://trendsresearch.org>
- المري، حمد سالم، القعيد، مرزوق عايد، و الصوالحة، أيوب أحمد محمد. (٢٠٢٠). أثر إدارة المخاطر على الأداء الاستراتيجي: ذكاء الأعمال كمتغير وسيط في البنوك التجارية العاملة في دولة الكويت (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1229055>
- نجيب، رائد عبدالله. (٢٠٢٢). دور الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المخاطر وإدارة الكوارث. مجلة العلوم الطبيعية والتطبيقية، ٦ (٢)، ١-١٨. <https://najsp.com/index.php/home/article/view/400>
- هيئة الأرصاد المصرية. (٢٠٢٤). الذكاء الاصطناعي وثورة في التنبؤات الجوية والمائية. مجلة أرصاد، (١٢)، ١-١٥. https://arsad.journals.ekb.eg/article_460373

المراجع الإنجليزية

- Al-Dosari, K., & Fetais, N. (2023). Risk-management framework and information-security systems for small and medium enterprises (SMEs): A meta-analysis approach. *Electronics*, 12(17), Article 3629, 1–35. <https://doi.org/10.3390/electronics12173629>
- Arora, P., & Bhardwaj, S. (2021). Methods for threat and risk assessment and mitigation to improve security in the automotive sector. *Methods*, 8(2).
- Banik, S., Sharma, N., Mangla, M., & Mohanty, S. N. (2022). LSTM based decision support system for swing trading in stock market. *Knowledge-Based Systems*, 239, 107994
- Chatterjee, S., Chaudhuri, R., Gupta, S., Sivarajah, U., & Bag, S. (2023). Assessing the impact of big data analytics on decision-making processes, forecasting, and performance of a firm. *Technological Forecasting and Social Change*, 196, 122824.
- Cremer, F., Sheehan, B., Fortmann, M., Kia, A. N., Mullins, M., Murphy, F., & Materne, S. (2022). Cyber risk and cybersecurity: A systematic review of data availability. *The Geneva Papers on Risk and Insurance—Issues and Practice*, 47(3), 698–736. <https://doi.org/10.1057/s41288-022-00266-6>
- El Khatib, M., Ankit, A., Al Ameeri, I., Al Zaabi, H., Al Marqab, R., Alzoubi, H. M., & Alshurideh, M. (2023). The Role and Impact of Big Data in Organizational Risk Management. In *The Effect of Information Technology on Business and Marketing Intelligence Systems* (pp. 2139-2153). Cham: Springer International Publishing.
- Kamiya, S., Kang, J. K., Kim, J., Milidonis, A., & Stulz, R. M. (2021). Risk management, firm reputation, and the impact of successful cyberattacks on target firms. *Journal of Financial Economics*, 139(3), 719-749.
- Koutsandreas, D., Spiliotis, E., Petropoulos, F., & Assimakopoulos, V. (2022). On the selection of forecasting accuracy measures. *Journal of the Operational Research Society*, 73(5), 937-954.
- Li, S., & Wang, H. (2024). Design and implementation of intelligent data security risk assessment and management system. *Procedia Computer Science*, 242, 424–431. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.08.044>
- Najwa, N. F., Miskon, S., & Okfalisa. (2025). Risk management in information systems and technology trends: A bibliographic perspective. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 15(12), 1684–1694. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v15-i12/27294>
- Na-Yemeh, D. Y., Fiebrich, C. A., Hocker, J. E., & Shafer, M. A. (2022). Assessing the impacts of a weather decision support system for Oklahoma public safety officials. *Weather, Climate, and Society*, 14(2), 597–608. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-21-0086.1>
- Ordu, M., Demir, E., Tofallis, C., & Gunal, M. M. (2021). A novel healthcare resource allocation decision support tool: A forecasting-simulation-optimization approach. *Journal of the operational research society*, 72(3), 485-500.
- Pagano, T. C., Casati, B., Landman, S., Loveday, N., Amrhein, C., & Ebert, E. (2024). Challenges of operational weather forecast verification and evaluation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 105(4), E789–E802. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0257.1>
- Ripberger, J., Bell, A., Fox, A., Forney, A., Livingston, W., Gaddie, C., Silva, C., & Jenkins-Smith, H. (2022). Communicating probability information in weather forecasts:

Findings and recommendations from a living systematic review of the research literature. *Weather, Climate, and Society*, 14(2), 481–498. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-21-0034.1>

- Sanjaya, I. G. A. S., Sasmita, G. M. A., & Sri Arsa, D. M. (2020). Information technology risk management using ISO 31000 based on ISSAF framework penetration testing (Case study: Election commission of X city). *International Journal of Computer Network and Information Security*, 12(4), 30–40. <https://doi.org/10.5815/ijcnis.2020.04.03>
- Schultz, M. G., Betancourt, C., Gong, B., Kleinert, F., Langguth, M., Leufen, L. H., Mozaffari, A., & Stadler, S. (2021). Can deep learning beat numerical weather prediction? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379(2194), Article 20200097, 1–23. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0097>
- Settembre-Blundo, D., González-Sánchez, R., Medina-Salgado, S., & García-Muiña, F. E. (2021). Flexibility and resilience in corporate decision making: a new sustainability-based risk management system in uncertain times. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 22(Suppl 2), 107-132.
- Shahriar, M. S., Hasan, K. B. M. R., Hossain, T., Beg, T. H., Islam, K. A., & Zayed, N. M. (2021). Financial decision making and forecasting techniques on project evaluation: a planning, development and entrepreneurial perspective. *Academy of Entrepreneurship Journal*, 27(4), 1-7
- Vudugula, S., Chebrolu, S. K., Bhuiyan, M., & Rozony, F. Z. (2023). Integrating artificial intelligence in strategic business decision-making: A systematic review of predictive models. *International Journal of Scientific Interdisciplinary Research*, 4(1), 01-26
- Wu, Y., & Xue, W. (2024). Data-driven weather forecasting and climate modeling from the perspective of development. *Atmosphere*, 15(6), Article 689, 1–28. <https://doi.org/10.3390/atmos15060689>

الملاحق

استمارة استبيان

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

أخي الكريم / أختي الكريمة

تحية طيبة وبعد،

يقوم الباحثين بإجراء دراسة حول قياس أثر إدارة مخاطر البيانات والتقنية على دقة التنبؤات ودعم القرار في الأرصاد الجوية: دراسة ميدانية على العاملين في الأرصاد الجوية بالمملكة العربية السعودية

ونظراً لما لديكم من المعرفة العلمية والخبرة العملية ذات الصلة بموضوع البحث، نأمل الحصول منكم على العون والمساعدة في توفير المعلومات المناسبة لأغراض البحث، من خلال التكرم بإبداء رأيكم بالتأشير على الإجابة المناسبة من وجهة نظركم.

وأنتقدم لحضراتكم بجزيل الشكر والتقدير للمساهمة في جهدكم في تعبئة هذا الاستبيان علماً أن جميع البيانات التي سيتم الحصول عليها منكم ستعامل بسرية تامة، ولن تستخدم لغير أغراض هذا البحث، وسوف أزودكم بنتائج هذه الدراسة حال اكتمالها إن شاء الله.

وتفضلوا بقبول فائق التقدير والاحترام

أولاً: البيانات الشخصية

١- النوع الاجتماعي ذكر ☐ أنثى ☐

٢- العمر 30 سنة فأقل ☐ من 40 - 30 سنة ☐
40 - 50 سنة ☐ من 50 سنة فأكثر ☐

٣- المؤهل العلمي دبلوم ☐ بكالوريوس ☐
ماجستير ☐ دكتوراه ☐

٤- سنوات الخبرة 5 سنوات فأقل ☐ من 10 - 5 سنوات ☐
10 - 15 سنة ☐ أكثر من 15 سنة ☐

٥- طبيعة العمل طبيعة العمل ☐ تنبؤات جوية ☐
أمن معلومات وإدارة مخاطر ☐ تقنية معلومات وبنية تحتية ☐
مراقبة وتحسين جودة ☐ دعم قرار وخدمات مستفيدين ☐
خدمات مساندة ☐

ثانيا محاور الاستبيان

✿ المحور الأول: إدارة مخاطر البيانات والتقنية، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب لاختيارك:

المبعد	أوافق بشدة	أوافق	محايد	معارض	معارض بشدة
تقييم المخاطر التقنية					
يتبنى المركز منهجية واضحة لتحديد المخاطر التقنية المرتبطة بأنظمة التنبؤ الجوي					
يجري المركز تقييماً دورياً لاحتمالية وقوع المخاطر التقنية وحجم آثارها					
تُصنّف المخاطر التقنية وفق أولوياتها لتوجيه الموارد نحو الأكثر خطورة					
يعتمد المركز على معايير دولية معتمدة في تقييم المخاطر التقنية					
أمن البيانات والبنية التحتية					
يطبق المركز ضوابط أمنية متعددة الطبقات لحماية بياناته الجوية					
تُحمى بيانات المركز أثناء التخزين والنقل والمعالجة بأساليب التشفير الحديثة					
تخضع البنية التحتية المعلوماتية لاختبارات اختراق دورية للكشف عن الثغرات					
يتوفر نظام لإدارة الهوية والوصول يضبط صلاحيات المستخدمين					
حوكمة تكنولوجيا البيانات					

المعترض بشدة	معارض	محايد	أوافق	أوافق بشدة	البعد
					تتوفر سياسات واضحة لحوكمة تكنولوجيا المعلومات في المركز
					تحدد الأدوار والمسؤوليات في إدارة المخاطر التقنية على المستويات المختلفة
					تتواءم استراتيجية تكنولوجيا المعلومات مع الأهداف الاستراتيجية للمركز
					تتوفر آليات للتقرير والمساءلة في منظومة إدارة المخاطر التقنية
المراقبة والتحسين المستمر					
					تخضع الأنظمة التقنية في المركز لمراقبة مستمرة لرصد المخاطر الناشئة
					تُقاس فاعلية الضوابط الأمنية بصورة دورية وفق مؤشرات أداء محددة
					يستفيد المركز من الحوادث السابقة في تطوير منظومة إدارة المخاطر
					تُحدَّث السياسات والإجراءات وفق مستجدات البيئة التقنية

✿ المحور الثاني: دقة التنبؤات ودعم القرار في الأرصاد الجوية، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب لاختيارك:

المعيار	أوافق بشدة	أوافق	محايد	معارض	معارض بشدة
تتسم التنبؤات الجوية الصادرة عن المركز بدرجة عالية من الموثوقية العلمية					
يعتمد المركز على نماذج عددية متقدمة في إنتاج تنبؤاته الجوية					
تُستخدم مؤشرات إحصائية دقيقة في تقييم جودة التنبؤات الجوية					
تتوفر أنظمة فعالة لدعم القرار تُحوّل التنبؤات إلى مخرجات قابلة للتفعيل					
تُخصّص مخرجات أنظمة دعم القرار وفق احتياجات القطاعات المستفيدة					
تُوصّل المعلومات الجوية إلى المستخدمين بكفاءة وفي الوقت المناسب					
تُقدّم المعلومات الاحتمالية بصورة يسهل على المستخدمين استيعابها					
يوظف المركز تقنيات الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة في تطوير تنبؤاته					
تتميز أنظمة التنبيه المبكر بالظواهر الجوية الخطرة بالكفاءة والسرعة					
تتوفر آليات منهجية لتحسين المستمر لمنظومة التنبؤ في المركز					

مع خالص التقدير والاحترام

Mid Ocean University

College of Management

Department of risk management



**The Impact of Data and Technology Risk Management on
Forecast Accuracy and Decision Support in Meteorology:
A Field Study on Meteorological Staff in the Kingdom of
Saudi Arabia**

Prepared by:

ANWAR ABDULAZIZ ALSHAIKH / 253001085

Main supervisor/

Dr. Al-Faisal Abdelhamid

Second supervisor/

Dr. Fayez Jarad

٢٠٢٦ – ١٤٤٨