اقتران المخاطر المتعددة في الفضاء الحضري والاستجابات المرنة عبر التخطيط

PENG Chong, ZUO Peiwen, LI Yuewen, ZHANG Mengjie

الملخص. مع استمرار تركز السكان والأنشطة الحضرية بكثافات مرتفعة، تواجه المدن تحديات متزايدة ناتجة عن اقتران مخاطر متعددة. وقد دخل الخطر الحضري «المرحلة 3.0»، التي تتسم بتعايش الضغوط طويلة الأمد والاضطرابات المفاجئة وتفاعلها بصورة متكررة، فأصبح اقتران المخاطر المتعددة محورًا رئيسًا في أبحاث المرونة الحضرية. وانطلاقًا من تحديات التنمية الحضرية المستقبلية، تبحث هذه الدراسة خصائص اقتران المخاطر وسيناريوهاته، وآثاره المكانية وآلياته، والممارسات التخطيطية المرتبطة به. ثم تحدد الأبعاد النظرية الرئيسة للمرونة في ظل المخاطر المقترنة، بما يشمل التفاعل بين المرونة البيئية والاجتماعية والهندسية والاقتصادية، والدورات الطويلة والقصيرة، وعتبات المرونة، وانتقالها بين المقاييس. وعلى هذا الأساس، تقترح إطارًا للتخطيط المكاني الإقليمي المرن، وتوضح أولويات المرونة في الخطط العامة والتفصيلية والمتخصصة. وأخيرًا، تعرض اتجاهات تقنية مستقبلية لإعداد الخطط، تشمل جمع المعلومات المكانية متعددة المصادر ومعالجتها، وتقييم تراكب المخاطر واقترانها، واستنباط السيناريوهات والمحاكاة، والتخطيط المدعوم بالذكاء الاصطناعي ومراقبة التنفيذ. وتوفر الدراسة مرجعًا نظريًا وإرشادات منهجية لتخطيط المدن المرنة وبنائها في العصر الجديد.

الكلمات المفتاحية: المخاطر المكانية الحضرية المتعددة؛ اقتران المخاطر؛ المرونة الحضرية؛ التخطيط المكاني

تصنيف المكتبة الصينية: TU984 رمز الوثيقة: A DOI: 10.16361/j.upf.202405012 رقم المقال: 1000-3363 (2024) 10-0088-05

* بدعم من البرنامج العام للمؤسسة الوطنية للعلوم الطبيعية في الصين، «الآثار المكانية وآليات المرونة والتنظيم التخطيطي لاقتران المخاطر المتعددة في المناطق الحضرية عالية الكثافة: دراسة حالة ووهان» (رقم المشروع: 52378057)، وبرنامج دعم البحوث متعددة التخصصات بجامعة هواتشونغ للعلوم والتكنولوجيا، «آليات التغذية الراجعة بين الإنسان والأرض، والتحسين المكاني، والتنظيم السياساتي للأنظمة الحضرية-الريفية في سيناريوهات الفيضانات القصوى: دراسة حالة منطقة ووهان الحضرية» (رقم المشروع: 2023JCYJ020).

تتزايد حالة عدم اليقين المرتبطة بالمخاطر الحضرية في الصين، وتواجه التنمية المكانية عالية الجودة تحديات متنامية في مجالي السلامة والمرونة. ولذلك أصبح بناء فضاء إقليمي مرن قادر على التعامل مع مخاطر متعددة مهمة أساسية للتخطيط المكاني في خدمة التحديث الصيني.

يمكن تقسيم تطور المخاطر المكانية عمومًا إلى ثلاث مراحل (الشكل 1). ففي المرحلة 1.0 تمثل التحدي الرئيس للمرونة الحضرية في المخاطر المستدامة، أي كيفية التعامل مع الضغوط الداخلية طويلة الأمد مثل تغير الغطاء النباتي وتدهور البيئة الإيكولوجية. وكانت هذه أحداثًا متوقعة نسبيًا من نوع «وحيد القرن الرمادي». وفي المرحلة 2.0 تحول الاهتمام إلى الأحداث المتطرفة أو المخاطر المفاجئة، أي «البجعات السوداء»، بما في ذلك الكوارث الطبيعية كالأمطار القصوى والمخاطر الجيولوجية، والكوارث البشرية مثل حرائق المدن وحوادث المواد الخطرة. أما الصين فقد دخلت الآن المرحلة 3.0، التي تتميز بتحول المخاطر إلى حالة اعتيادية. ففي عصر ما بعد الجائحة، أدى تزايد الكثافة الحضرية إلى تعايش الضغوط طويلة الأمد والاضطرابات المفاجئة، وأصبحت وتيرتها الزمنية أكثر انتظامًا، فيما اتجهت أنماطها المكانية إلى مزيد من الاقتران. وتولد المخاطر المتعددة وغير المؤكدة تفاعلات متسلسلة معقدة؛ إذ قد يحول التفاعل بين عوامل الخطر تهديدًا منفردًا إلى ضرر نظامي ودوري، محدثًا خسائر أشد.

ومن ثم، تتطلب قضايا علمية عدة اهتمامًا مستمرًا في التخطيط المكاني الراهن والمستقبلي. أولًا، ما أوجه اختلاف خصائص اقتران المخاطر المتعددة في الفضاء الحضري وقوانينه؟ ثانيًا، ما الآثار المكانية والآليات التي يولدها هذا الاقتران؟ ثالثًا، ما العناصر النظرية الرئيسة للاستجابة المرنة؟ رابعًا، كيف يمكن لنظام التخطيط المكاني القائم تحديد المحتوى ذي الأولوية والاتجاهات التقنية للمرونة؟ ووفق تسلسل «الأسس البحثية لاقتران المخاطر المتعددة – نظرية المرونة الحضرية تجاه المخاطر المقترنة – التخطيط المكاني المرن واتجاهاته التقنية»، تستعرض الدراسة المفاهيم والسيناريوهات والآثار المكانية والآليات والممارسات التخطيطية، وتقترح استجابات نظرية وتخطيطية أولية للبحث والممارسة مستقبلًا.

الشكل 1. المراحل الثلاث لتطور المخاطر الحضرية وتحديات المرونة المرتبطة بها

1 الأسس النظرية والخبرات التخطيطية المتعلقة باقتران المخاطر المتعددة في الفضاء الحضري

1.1 الخصائص المفاهيمية وسيناريوهات اقتران المخاطر المتعددة

أقرب المفاهيم إلى الخطر هو مفهوم الظاهرة الخطرة، غير أن الأدبيات لم تتوصل إلى توافق كامل بشأن الفرق بينهما. فالظاهرة الخطرة الحضرية اضطراب يسببه عامل خطر ويؤدي إلى خسائر مادية ضمن نطاق مكاني وزمني محدد. أما الخطر الحضري فيشير إلى احتمال أن تنتج العلاقات المعقدة والمقترنة بين البيئة الطبيعية والبنية الوظيفية والمجتمع البشري وسائر الأنظمة الحضرية أحداثًا ضارة [1]. وبالتالي تركز الظاهرة الخطرة على الحدث وتطوره والخسائر الناجمة عنه، بينما يركز الخطر على عدم يقين الخسارة ويمكن قياسه كمّيًا إلى حد ما [2-3].

لاحظ الباحثون منذ زمن طويل تعايش مخاطر متعددة في أماكن وفترات معينة [4]. وتشير المخاطر المكانية الحضرية المتعددة إلى وضع تتراكب فيه عدة مصادر للخطر وعدة عناصر قابلة للتأثر زمانيًا أو مكانيًا [5-6]. وتتسم بتنوع المجالات والتعايش الزمني (الجدول 1). ويشمل تنوع المجالات المخاطر الطبيعية والتكنولوجية والاقتصادية والاجتماعية والسياسية، بينما يشمل التعايش الزمني الضغوط طويلة الأمد والاضطرابات المفاجئة [7].

حظيت التفاعلات بين المخاطر المتعددة باهتمام واسع خلال العقد الماضي، وأُحرز تقدم مهم في دراسة تطور سلاسل الكوارث النموذجية وخصائصها [15-17]. ومن السلاسل الشائعة في المدن الصينية: «إعصار – أمطار غزيرة – تجمع مياه/فيضان»، و«زلزال – انهيار أرضي/تدفق حطامي»، و«حرارة مرتفعة – جفاف – تدهور أرض/آفات وأمراض»، و«موجة برد – كارثة ثلجية/أضرار تجمد بيولوجي». ومن منظور مكاني، تحدد البيئة الحضرية إلى حد كبير مسارات انتقال المخاطر وأشكال اقترانها، فتضخم آثار الكوارث المحتملة [18-19]. وتختلف المدن في درجة التعرض للخطر وحساسية بيئاتها المكانية، لذلك تتباين أيضًا الديناميات التطورية للمخاطر. وتمثل سلاسل الكوارث وتزامن الأخطار والآثار المتسلسلة والمستحثة وأثر الدومينو صورًا مختلفة لاقتران المخاطر المتعددة [18,20-23]. وهي تعكس علاقات التأثير والاعتماد المتبادل بين عوامل الخطر داخل نظام معقد، وقد تؤدي إلى تصاعد تطور الخطر والخسائر المحتملة.

يمكن تقسيم اقتران المخاطر بحسب طريقة التحفيز إلى اقتران تراكمي واقتران مفاجئ. وبحسب النوع، يمكن أن يحدث بين مخاطر طبيعية، أو مخاطر بشرية، أو بين مخاطر طبيعية وبشرية. ولا تزال الدراسات الخاصة بالنوع الأخير محدودة نسبيًا، رغم أن المخاطر الطبيعية-التكنولوجية (Natech) والطبيعية-الاجتماعية شديدة الترابط وقد تولد خسائر ثانوية بالغة [18]. وقد لا يكون كل عامل خطر متطرفًا في حد ذاته، لكن تفاعله مع غيره قد ينتج حدثًا متطرفًا. وتسمى السيناريوهات التي تقع فيها أحداث متعددة في الوقت نفسه أو تباعًا «الأحداث المتطرفة المركبة». وبسبب الاقتران الكامن بين المخاطر، تتجاوز آثارها المكانية في الغالب مجرد جمع آثار الأحداث المنفصلة، وتفرض تهديدًا أكبر على مختلف الأنظمة الحيوية الحضرية [24-26].

الجدول 1. المفاهيم والمعاني المرتبطة بالمخاطر المتعددة

المفهوم	التعريف	المصادر
الظاهرة الخطرة	ظاهرة مادية تلحق الضرر بالاقتصاد الحضري أو البنية التحتية أو حياة السكان أو الخدمات الاجتماعية أو البيئة الإيكولوجية.	UNISDR, 2009; IPCC, 2012; Gallina et al., 2016.
الخطر	تعبير كمي عن النتائج المحتملة لحدث خطِر على الفضاء الحضري، ويُصاغ بمصطلحات احتمالية أو شبه كمية.	IPCC, 2012; Gallina et al., 2016.
الأخطار المتعددة	أحداث خطرة تهدد العناصر المكشوفة نفسها وتتفاعل بطرائق مختلفة؛ أخطار مرتبطة بالمكان نفسه، تقع في الوقت ذاته أو تتعاقب خلال فترة	Saarinen et al., 1973; Carpignano et al., 2009;

المفهوم	التعريف	المصادر
	قصيرة.	Marzocchi et al., 2012; Komendantova et al., 2014; Terzi et al., 2019.
مخاطر الأخطار المتعددة	مخاطر تولدها عوامل خطرة متعددة، وعادة لا تراعي الارتباطات بين مستويات القابلية للتأثر.	Kappes et al., 2012; Ward et al., 2022.
المخاطر المتعددة	مخاطر تولدها عوامل خطرة مستقلة أو مترابطة وعدة عناصر قابلة للتأثر تتراكب زمانيًا ومكانيًا. ويغير خطر ما احتمال خطر آخر أو تكراره أو شدته، مع مراعاة الارتباط بين مستويات القابلية للتأثر عادة.	Carpignano et al., 2009; Kappes et al., 2012; Marzocchi et al., 2012; de Ruiter et al., 2020; Ward et al., 2022.

المصدر: إعداد بالاستناد إلى المراجع [5-6، 8-14].

1.2 ممارسات التخطيط للاستجابة للمخاطر المتعددة

حظي اقتران المخاطر المتعددة باهتمام في التخطيط المكاني الحضري الدولي. وتشمل استراتيجيات التنفيذ منصات المعلومات، وبناء المجتمعات المرنة، والبنية التحتية الحضرية، وغيرها من المجالات. وتفرق بعض الخطط، ومنها خطتا لوس أنجلوس ولندن، بين الضغوط طويلة الأمد والاضطرابات المفاجئة وتنظم الوقاية وفقًا لذلك. ومع ذلك، لا تزال النظريات والأساليب الخاصة بتقييم المخاطر المتعددة وإدارتها غير كافية، ونادرًا ما تناقش الخطط المكانية القائمة آثار الاقتران بعمق (الجدول 2).

منذ عام 2015، أسهمت برامج المدن الإسفنجية والمدن المتكيفة مع المناخ في التطور التدريجي للتخطيط المكاني الموجه نحو المرونة في الصين. وتعد معظم المدن اليوم السلامة والمرونة قضية رئيسة في التخطيط العام. فعلى سبيل المثال، يدمج «الخطة المكانية المتخصصة لمدينة بكين المرنة (2022-2035)» استجابات لمخاطر متعددة. ومع ذلك، لا تزال ممارسة التخطيط للمخاطر المقترنة في طور الاستكشاف (الجدول 3).

الجدول 2. ممارسات عالمية ممثلة للتخطيط المكاني في مواجهة المخاطر المتعددة

المدينة	سياسة المرونة	السنة	المخاطر النموذجية	الأهداف والمجالات ذات الأولوية	الاستجابة للمخاطر المتعددة
روتردام	استراتيجية مرونة روتردام	2017	ارتفاع مستوى البحر، الفيضانات، الأمطار القصوى	إنشاء أنظمة للحماية من الفيضانات والتصريف؛ تحسين المشاركة الآمنة للبيانات الحضرية؛ تشجيع الابتكار الاجتماعي والمشاركة.	تركز على الأخطار الطبيعية المرتبطة بالمياه، ولا سيما الفيضانات، وعلى التكيف المناخي.
لوس أنجلوس	Resilient Los Angeles	2018	الزلازل، الحرائق، التدفقات الحطامية، موجات الحر	القيادة والمشاركة العامة؛ الاستعداد للكوارث والتعافي منها؛ الأمن الاقتصادي؛ التكيف المناخي؛ تحديث البنية التحتية.	تنشئ منصة معلومات متعددة الأخطار موجهة للسكان؛ وتعيد تنظيم التعاون الحكومي؛ وتقوي المجتمعات وتحميها لمواجهة الكوارث المفاجئة والضغوط الكامنة طويلة الأمد.
نيويورك	OneNYC 2050: بناء مدينة قوية وعادلة	2019	الاحترار المناخي، الفيضانات، العواصف البحرية، ارتفاع مستوى البحر، موجات الحر الحضرية	التعامل طويل الأمد مع تغير المناخ؛ إنهاء الاعتماد على الوقود الأحفوري؛ تشغيل المباني والنقل والاقتصاد بالطاقة المتجددة.	تحلل المخاطر الحضرية المركبة، ومنها أزمة المناخ والمخاطر الاقتصادية والضغوط الاجتماعية.
لندن	استراتيجية المرونة الحضرية في لندن 2020	2020	الفيضانات المستمرة، الجفاف، الحرارة القصوى	الاستجابة للكوارث المفاجئة وبناء قدرة حضرية أوسع وأطول أمدًا على مقاومة المخاطر.	تدرس المخاطر في الأجلين القصير والطويل وتحدد الصدمات والضغوط؛ ويعد تغير المناخ الصدمة الرئيسة، بينما تمثل اللامساواة

المدينة	سياسة المرونة	السنة	المخاطر النموذجية	الأهداف والمجالات ذات الأولوية	الاستجابة للمخاطر المتعددة
					وضعف الاندماج الاجتماعي ضغطين أساسيين.
سنغافورة	Singapore Green Plan 2030	2021	الأمطار القصوى، الجفاف، الأوبئة	خمسة أعمدة: مدينة داخل الطبيعة، وإعادة ضبط الطاقة، والحياة المستدامة، والاقتصاد الأخضر، والمستقبل المرن.	تعزز المرونة في مواجهة تغير البيئة ومخاطر الأمطار والفيضانات من خلال المساحات الخضراء وبرامج مثل Cooling Singapore.
شيكاغو	Chicago Climate Action Plan	2022	صيف شديد الحرارة، شتاء متطرف، ضباب، فيضانات، أمطار غزيرة، أعاصير قمعية	تقليل آثار عدم اليقين المستقبلي والتكيف مع تغير المناخ بصورة دائمة وعادلة.	تحدد المخاطر بالتعاون مع شركاء وعبر الحدود البلدية، وتضع خططًا للفيضانات والطقس الشتوي المتطرف والأعاصير القمعية وغيرها من الأخطار الطبيعية.
طوكيو	الخطة الأساسية للمرونة الوطنية	2023	الزلازل، التسونامي، الأعاصير، الفيضانات، الحرائق، الأوبئة	حماية الأرواح؛ الحفاظ على الوظائف الحيوية الأساسية؛ تقليل خسائر الأصول الوطنية والمرافق العامة؛ وتسريع التعافي وإعادة البناء.	تقوي القدرة المحلية على الوقاية، وتستخدم التقنيات الرقمية وغيرها من الابتكارات، وتحسن الاستجابة للكوارث الطبيعية وتنفيذ سياسة المرونة الوطنية.

المصدر: إعداد بالاستناد إلى مواد عامة متاحة على الإنترنت.

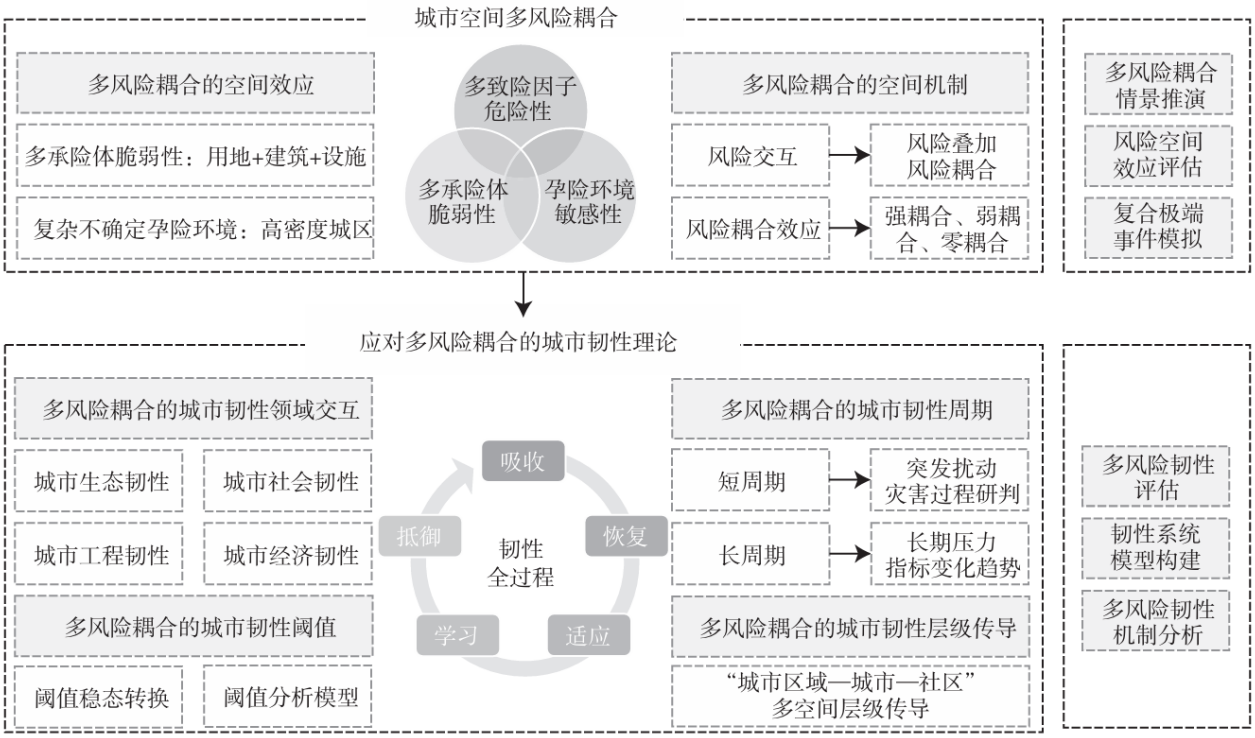
الجدول 3. أمثلة من الممارسات الصينية للتخطيط المكاني في مواجهة المخاطر المتعددة

المدينة	وثيقة التخطيط	السنة	المخاطر النموذجية	الأهداف والمجالات ذات الأولوية	الاستجابة للمخاطر المتعددة
بكين	الخطة العامة لبكين (2016-2030)	2016	الفيضانات، حرائق الغابات، الأخطار الجيولوجية	تقترح مسارات لبناء مدينة مرنة من منظور النظام الحضري وإدارة المرونة.	تنشئ نظامًا موحدًا لتقييم مخاطر الكوارث ومراقبتها والإنذار المبكر بها.
بكين	الآراء التوجيهية بشأن تسريع بناء مدينة مرنة	2021	الفيضانات، حرائق الغابات، الأخطار الجيولوجية	تنسق توسيع المرونة المكانية، وتعزز المرونة الهندسية، وتحسن مرونة الإدارة الحضرية، وتنمي المرونة الاجتماعية.	تقوي تحليل تزامن الأخطار وسلاسل الكوارث وتحسن خرائط المخاطر الحضرية.
بكين	الخطة المكانية المتخصصة لمدينة بكين المرنة (2022-2035)	2024	الفيضانات، حرائق الغابات، الأخطار الجيولوجية	تبني نظامًا مكانيًا لحوكمة العاصمة يتسم بالأمان والموثوقية والمرونة الوظيفية وسرعة التعافي والتنظيم العضوي والاستعداد للمستقبل.	تستجيب للمخاطر المتطرفة المعقدة، وتعزز مرافق الاستخدام العادي والطوارئ، وتستخدم محاكاة الكوارث لاستباق التدابير المكانية الممكنة.
شنغهاي	الخطة العامة لشنغهاي (2017-2035)	2018	الأعاصير، الحرارة، الفيضانات	تبني مدينة إيكولوجية أكثر استدامة ومرونة.	تحسن آليات المراقبة والإنذار المبكر للأخطار الحضرية المتعددة.
شنتشن	الخطة المكانية للإجلاء والإنقاذ في حالات الطوارئ في شنتشن (2021-2035)	2023	الأمطار القصوى، الأعاصير، الزلازل، الأخطار الجيولوجية	تحلل بصورة منهجية مخاطر الكوارث الطبيعية والحوادث والطوارئ الصحية وحوادث الأمن الاجتماعي.	تدمج الاحتياجات العادية والطارئة، وتراعي أخطارًا متعددة، وتطور استجابات شاملة متعددة الأخطار.
هونغ كونغ	Hong Kong 2030+: رؤية واستراتيجية تخطيط تتجاوز عام 2030	2021	الأعاصير، الحرارة القصوى، الفيضانات	تعزز أنظمة الموارد الزرقاء والخضراء لبناء حاضرة طبيعية متكيفة مع تغير المناخ والتنوع الحيوي.	تراعي تغير المناخ والتنوع الحيوي وسائر العوامل البيئية، وتدمج التصميم المتكيف والمقاوم للمناخ في مشروعات التنمية الجديدة والتجديد الحضري.

المصدر: إعداد بالاستناد إلى مواد عامة متاحة على الإنترنت.

2 العناصر النظرية للمرونة الحضرية في ظل اقتران المخاطر المتعددة

كان معنى المرونة في الأصل «العودة إلى الحالة السابقة». وهي تشير أساسًا إلى القدرة على الاستجابة للأزمات والتعافي منها ومواصلة التنمية المستدامة [27-28]. وتمدد المرونة الحضرية هذا المفهوم إلى المدينة، فتعني قدرة النظام الحضري على امتصاص الاضطرابات الخارجية مع الحفاظ على خصائصه وبنيته ووظائفه الرئيسة [29]. ومع تطور المفهوم، انتقل الهدف من «استعادة حالة مستقرة» إلى «تشكيل حالة مستقرة»، ثم إلى «التكيف المستمر» [30]. وفي المرحلة 3.0 من المخاطر، تصبح المهمة المحورية هي التكيف الدائم مع المخاطر الاعتيادية. واستنادًا إلى التحليل السابق، يحدد هذا القسم العناصر النظرية الرئيسة للمرونة الحضرية تجاه المخاطر المقترنة (الشكل 2).



الشكل 2. العناصر النظرية للمرونة الحضرية في مواجهة اقتران المخاطر المتعددة

2.1 الآثار المكانية وآليات المرونة لاقتران المخاطر المتعددة

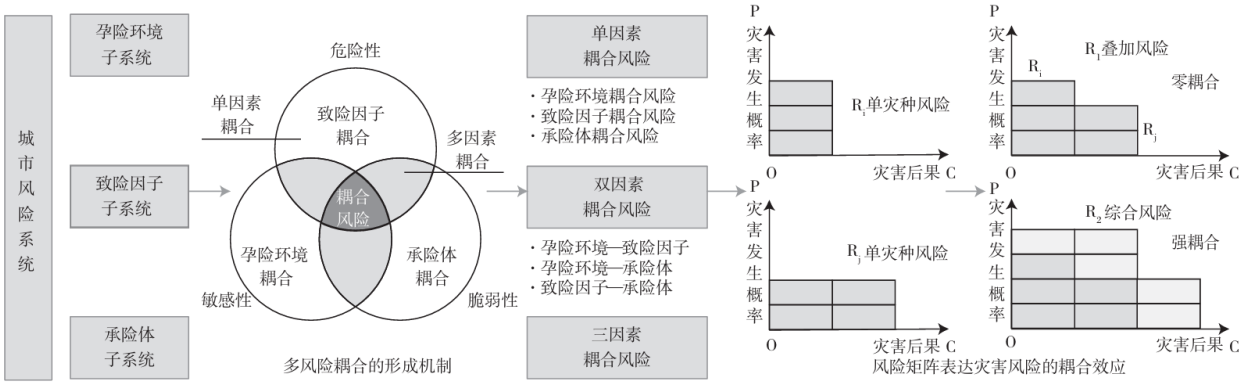
يمكن فهم النظام الحضري المتعرض للخطر بوصفه مكونًا من ثلاثة أنظمة فرعية مكانية: استخدامات الأرض، والمباني، والمرافق. وجميعها تتعرض لتأثيرات مخاطر متعددة. وتشير الآثار المكانية للاقتران إلى النتائج الضارة الناجمة عن التفاعل بين شدة الأخطار وهشاشة العناصر المعرضة ضمن بيئة مولدة للمخاطر، مثل انهيار المباني، وانقطاع النقل، وتضرر البنية التحتية. وتعد مناطق الأعمال المركزية، ومراكز المدن، والأحياء القديمة [31-33] من أهم موضوعات البحث، لأن المناطق عالية الكثافة فضاءات نموذجية لاقتران المخاطر. وقد تضخم الكثافة الحضرية التفاعل بين الأخطار وتزيد آثارها المكانية.

يتفاعل تنوع عوامل الخطر مع تعقيد الأنظمة المكانية الحضرية وعدم يقينها، فينتج آليات مركبة مختلفة، ولا سيما التراكب والاقتران. ويعني التراكب الأثر التراكمي لعدة مخاطر عندما لا توجد علاقة واضحة بين الأخطار، أو عندما يمكن إهمال العلاقات بين عملياتها. وقد ركزت دراسات التخطيط أساسًا على تحليل تراكب المخاطر المتعددة ضمن أطر مكانية وزمنية محددة. ومن منظور نظام الخطر، يشمل الاقتران التفاعل بين عناصر تكوين الخطر وبين عمليات تطوره [21]. وقد تزيد عوامل الخطر في الأنظمة المختلفة الخسائر المحتملة أو تخفضها أو تلغي بعضها بعضًا [34-36]، فتنتج حالات اقتران قوي أو ضعيف أو صفري. ويمكن تمثيل هذه العلاقات بمصفوفة مخاطر (الشكل 3). وتكمن الآلية الداخلية للاقتران في الاعتماد المتبادل مكانيًا وزمانيًا بين عوامل الخطر وبيئات تولده والعناصر المعرضة له، وهي عوامل تدفع مجتمعة تطور الخطر وقد تؤدي إلى خسائر أشد [18,37].

تتجسد المرونة عبر العملية الكاملة «قبل الكارثة – أثناءها – بعدها» من خلال المقاومة والامتصاص والتعافي والتكيف والتعلم [38]. وترتبط ارتباطًا وثيقًا بمنظور دورة الحياة والحوكمة الشاملة في إدارة الطوارئ. فقبل الكارثة ينبغي للمدينة خفض احتمال وقوع الحدث أو تقليل الخسائر المحتملة؛ وأثناءها ينبغي الحفاظ على استقرار التشغيل وامتصاص الصدمات وتخفيفها؛ وبعدها ينبغي التعافي سريعًا واستخدام التكيف والتعلم لتعزيز القدرة على مواجهة المخاطر مستقبلًا.

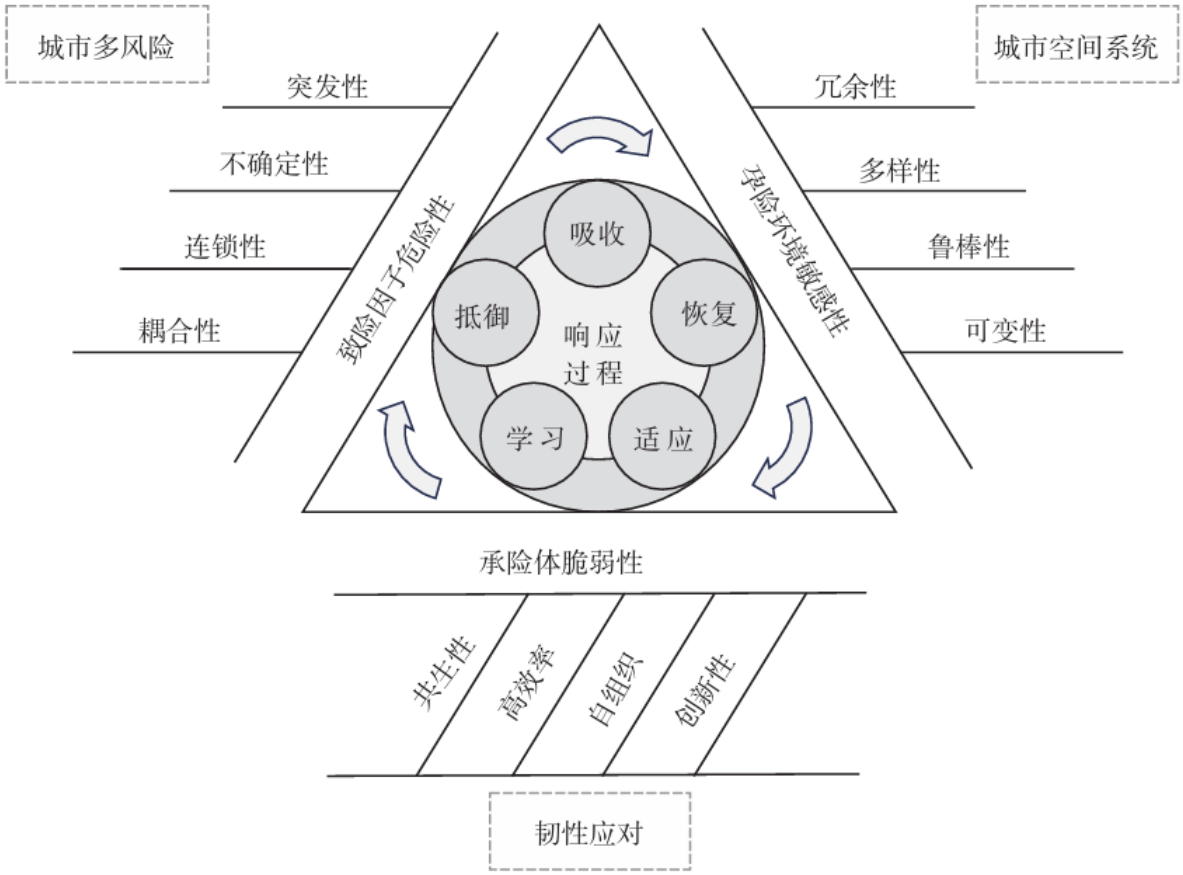
في سياق اقتران المخاطر المتعددة، يمكن تحليل المرونة الحضرية وفق ثلاثة أبعاد: شدة الأخطار، وحساسية البيئة المولدة للمخاطر، وهشاشة العناصر المعرضة (الشكل 4). ويجعل تعقيد الأنظمة المكانية الحضرية وعدم يقينها بعض الأحداث أكثر احتمالًا في

بيئات معينة. وقد يضاعف اقتران شدة الأخطار تهديداتها للفضاء الحضري، بينما تتعرض العناصر ذات أنماط الهشاشة المختلفة لآثار متفاوتة. ومن ثم، ترتبط المرونة تجاه اقتران المخاطر المتعددة بكل من تعدد الأخطار وهشاشة عدة أنظمة معرضة.



الشكل 3. الآثار الداخلية للمخاطر الحضرية المقترنة

المصدر: إعادة رسم بالاستناد إلى المراجع [34-36].



الشكل 4. خصائص المرونة الحضرية في سياق اقتران المخاطر المتعددة

2.2 مجالات المرونة وتفاعلاتها في ظل اقتران المخاطر المتعددة

بدأ البحث التخطيطي في المرونة الحضرية من بعد واحد هو المرونة البيئية، ثم اتسع تدريجيًا ليشمل أربعة مجالات رئيسة: البيئة، والمجتمع، والهندسة، والاقتصاد [39]. ففي المجال البيئي، تفرض المخاطر الاعتيادية المرتبطة بالتحضر وتغير المناخ ضغوطًا على الأنظمة الإيكولوجية الحضرية وتضعف قدرتها على تقديم الخدمات الأساسية. وقد يؤدي اقتران المخاطر المتعددة إلى تدهور بيئي، وتقويض دعم الأنظمة الإيكولوجية للأنشطة البشرية وتغذيتها الراجعة، وإضعاف وظائفها التنظيمية المرتبطة بالفيضانات والمناخ المحلي وانبعاثات الكربون ومصارفه. ولذلك يعد استعادة الوظائف البيئية والحفاظ على البنية الحضرية في ظل المخاطر المتكررة من صميم المرونة البيئية [40-41].

في المجال الاجتماعي، ينبغي للأنظمة البشرية تعزيز قدرتها على مقاومة المخاطر المقترنة، وعلى المجتمعات والسكان التكيف مع المخاطر الاعتيادية. وتركز المرونة الاجتماعية على التنظيم الذاتي والتعلم، وتعزيز الشبكات الاجتماعية، والمشاركة المجتمعية، والهوية الثقافية، والإنصاف والرفاه [42-43]. وفي المجال الهندسي، ينبغي لتقييم مرونة البنية التحتية الحضرية أن يدمج صراحة اقتران المخاطر المتعددة. ويمكن للتكرار والاحتياط في مرافق شرايين الحياة أن يرفع القدرة على مواجهة الأحداث المتطرفة المركبة، ويكتسب تحسين استجابة البنية التحتية الخضراء أهمية خاصة في خفض الآثار المكانية [44-46]. أما في المجال الاقتصادي، فتتطلب الاضطرابات المفاجئة بنية صناعية متنوعة، وشبكات مترابطة لعوامل الإنتاج، وسلاسل صناعية وإمدادية وابتكارية آمنة وموثوقة. وفي ظل الضغوط طويلة الأمد، تعتمد المرونة على القدرة على التعامل مع الأزمات المالية وغيرها وعلى هياكل مرنة تدعم التعافي الاقتصادي [7,47].

لا تؤثر المخاطر المختلفة وتفاعلاتها في المرونة داخل كل مجال فحسب، بل في العلاقات بين المجالات أيضًا. وقد يؤدي تفاعلها الزماني والمكاني إلى نوعين من الضرر: ضرر موضعي داخل مجال محدد، وتدهور عابر للمجالات يتفاقم بفعل الاقتران. وتؤثر العناصر الداخلية للمجالات الأربعة بعضها في بعض بدرجات متفاوتة وتشكل مجتمعة تطور المرونة الحضرية. فإمكانية الوصول إلى النقل، مثلًا، عامل تحكم رئيس في المرونة الهندسية؛ إذ تؤثر مباشرة في البنى المكانية والصناعية، وتغير اتجاهات التنمية الحضرية وأشكالها، ثم تؤثر في تقسيم العمل والتعاون بين الصناعات. لذلك فهي أساسية للحفاظ على تشغيل منسق ومستدام تحت مخاطر متعددة، ولصون الزخم الداخلي لبناء المرونة. وعلى العكس، قد يؤدي التوسع المكاني المفرط وارتفاع الكثافة إلى زيادة عدم الاستقرار الاجتماعي ورفع متطلبات الحفاظ على النظام. وبما أن عوامل التحكم تختلف بين المجالات، ينبغي للتخطيط أن يعزز كل مجال داخليًا، وأن يحدد الروابط الرئيسة العابرة للمجالات ويحسن أوجه التآزر، بما يكوّن نظامًا مكانيًا حضريًا متبادل الدعم قادرًا على التعامل الفعال مع المخاطر المقترنة.

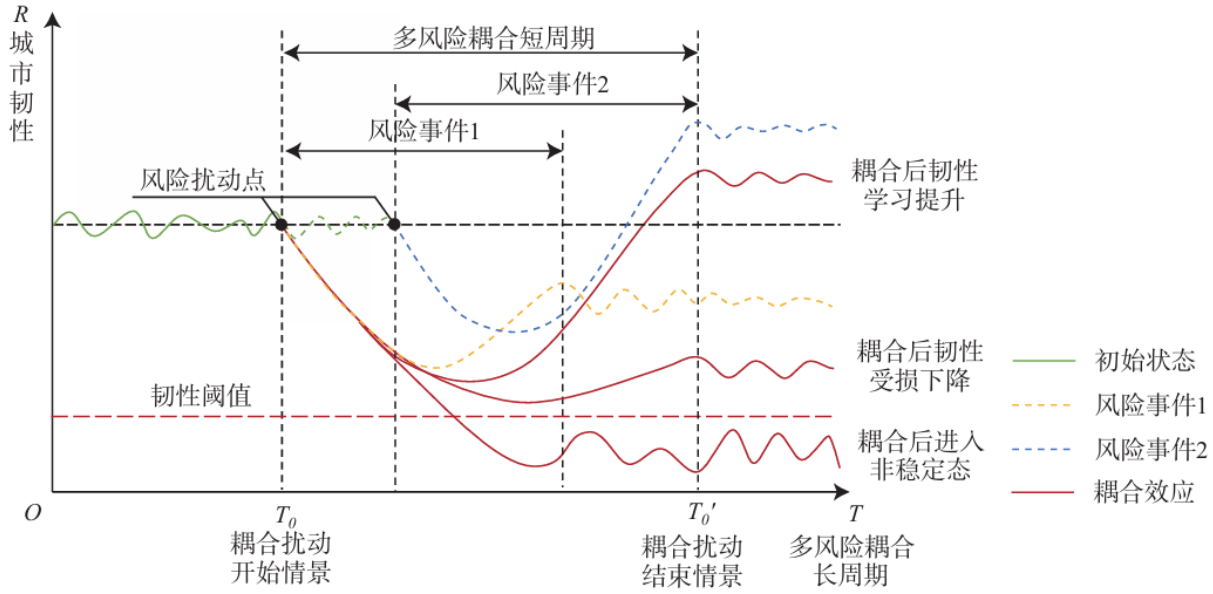
2.3 دورات المرونة وعتباتها في ظل اقتران المخاطر المتعددة

تتطور المرونة الحضرية بصورة دورية [48-50]. ويعد نموذج الدورة التكيفية تفسيرًا كلاسيكيًا لدورات المرونة [51-52]، إذ يرى أن الأنظمة الحضرية تحقق التجدد والابتكار عبر مراحل متتابعة ذات خصائص مرونة مختلفة، فتنتج تطورًا حلزونيًا دوريًا. وفي المرحلة 3.0، تتعرض المدن باستمرار لضغوط طويلة الأمد واضطرابات مفاجئة، وتتطور مرونتها في الوقت نفسه. لذلك ينبغي التحليل من منظور دورة مزدوجة: دورة طويلة تستجيب للضغط المستمر، ودورة قصيرة تستجيب للصدمات المفاجئة.

يمكن رصد تغيرات الدورة القصيرة عبر تحديد أحداث المخاطر المقترنة المفاجئة وتحليل عمليات الكوارث. ولا تساوي التطورات القصيرة الأمد مجرد مجموع آثار الأحداث المنفصلة، بل ينبغي أن تدمج آثار الاقتران. ويمكن تقسيم الدورة القصيرة إلى مرحلة انكماش أثناء الصدمة ومرحلة توسع أثناء التعافي. وتغلب المقاومة في مرحلة الانكماش فتخفف الآثار المكانية للمخاطر المتعددة، بينما يغلب التعافي والتكيف في مرحلة التوسع فيدعمان استعادة الوظائف وربما التحول التنموي. غير أن منظور الدورات القصيرة قد يحجب التغيرات طويلة الأمد عبر أحداث متعددة. وتمثل الدورة الطويلة التعبير الإحصائي المركب للعديد من وقائع المخاطر المقترنة. ويمكن قياسها من خلال تغيرات طويلة الأمد في مجموعة مؤشرات، عادة على أساس سنوي، لتحديد اتجاهات مستوى المرونة ومعدلات نموها، واستخلاص القوانين، ودعم المحاكاة والتنبؤ. وتقيس الدورات القصيرة المقاومة والتعافي والتكيف قبل الصدمات المحددة وبعدها، بينما تستخدم الدورات الطويلة أنظمة مؤشرات لقياس مرونة مجال بعينه أو المدينة ككل. ويتيح الجمع بينهما فهمًا أشمل للتطور المكاني والزماني.

تمثل عتبة المرونة مفهومًا حاسمًا لاقتران المخاطر المتعددة في الفضاء الحضري. فالمدن أنظمة معقدة تتشكل بنيتها ووظائفها وحالتها بتأثير عوامل كثيرة. وإذا تجاوزت بعض المؤشرات نطاقًا معينًا، فقد يفقد النظام توازنه أو ينهار أو يتدهور، فلا يحافظ على حالته السابقة [53]. ومن منظور ديناميات الأنظمة، لا تعود الوظائف الحضرية بالضرورة إلى مستواها الأصلي، بل قد تستقر عند مستوى أدنى أو أعلى. وبالمقارنة مع تغيرات النظام [54-55]، يسبب الاضطراب المقترن تذبذب نظام المرونة؛ وعندما تتجاوز شدته العتبة، تغادر المدينة حالتها المستقرة الراهنة وتنتقل إلى حالة أخرى. ولذلك يمثل تغير العتبات تحت تأثير مخاطر متعددة عملية انتقال نظامي.

وقد يؤدي الاقتران أيضًا إلى إزاحة عتبات المرونة عن الحالة الأصلية وإحداث تذبذبات. ومن منظور الدورة المزدوجة، تستطيع الاضطرابات المفاجئة والضغوط طويلة الأمد تجاوز العتبة. ففي الدورة القصيرة، يكون عدم اليقين مرتفعًا، وقد تسبب المتغيرات السريعة صدمة قوية تغير النظام في لحظة تقريبًا. وفي الدورة الطويلة، يكون التأثير أبطأ، لكن الضغط المستمر للمتغيرات البطيئة يغير حالة النظام مباشرة بعد تجاوز العتبة. ويمكن فهم العتبة بوصفها الحد الأدنى من المرونة الذي يسمح باستمرار وظائف المدينة طبيعيًا خلال الدورات الطويلة والقصيرة، أو بوصفها الحد الأقصى للحدث المقترن الذي يستطيع النظام امتصاصه. وتؤثر البيئات الحضرية المحددة في النتائج المكانية عبر تعديل هذه العتبة. ويوضح الشكل 5 ثلاثة نتائج محتملة لاقتران حدثين: تحسن المرونة من خلال التعلم، أو تراجعها بفعل الضرر، أو الانتقال إلى حالة غير مستقرة.



الشكل 5. النموذج النظري لدورات المرونة في مواجهة المخاطر المتعددة

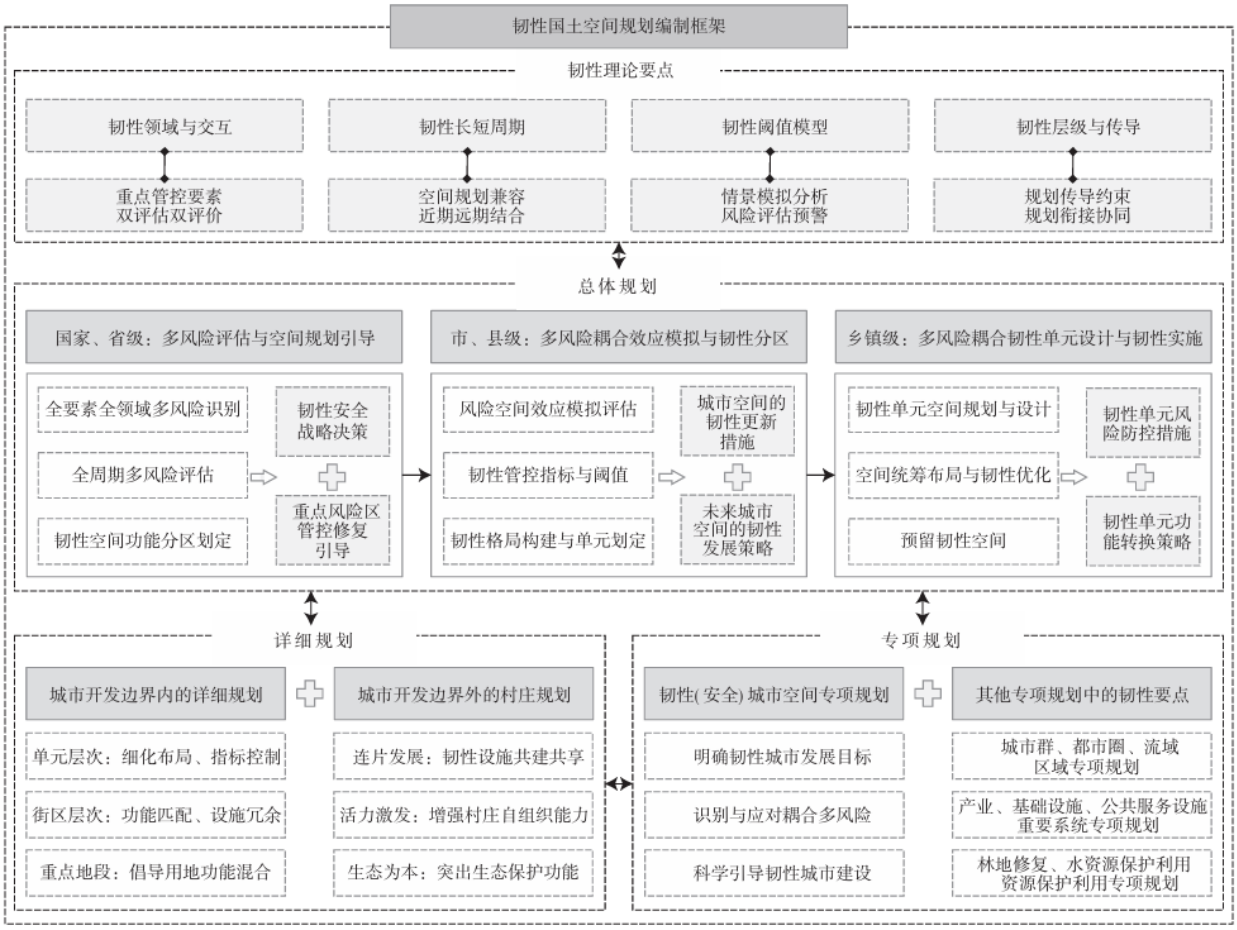
2.4 مستويات المرونة وانتقالها بين المقاييس في ظل اقتران المخاطر المتعددة

تمتد المرونة الحضرية عبر مستويات مكانية عدة: الإقليم الحضري، بما يشمل التجمع أو المنطقة الحضرية الكبرى، والمدينة، والمجتمع المحلي. ولكل مستوى مخاطره وخصائص مرونته واستراتيجيات استجابته، كما تتسم العلاقات بينها بالتعقيد. فشبكات النقل واللوجستيات الخارجية على المستوى الإقليمي تمكّن المدن من الاستجابة الفعالة لمخاطر متعددة. وعلى مستوى المدينة، تدعم ملاجئ الطوارئ وشبكات الرعاية الطبية المجتمعات. ويمكن للمجتمعات المرنة استخدام تنظيمها ومواردها لمساعدة المجتمعات المجاورة، فترفع مرونة المدينة ككل. وتشكل علاقات التأثير والدعم داخل المستويات وبينها أساس المرونة الحضرية النظامية.

يشير انتقال المرونة إلى حركتها وانتشارها داخل مستوى واحد أو بين مستويات مختلفة. ومكانيًا، يتسم هذا الانتقال بتعدد المقاييس والاتجاهات والطابع النظامي والترابط. ومن منظور الأنظمة المعقدة، تتغير أوجه الاعتماد المتبادل بين المستويات مع تطور النظام الحضري طويلًا وقصيرًا تحت تأثير الأحداث المقترنة. ويتيح الانتقال الدعم والتخفيف: فعندما يتعرض مستوى لصدمة، يمكن للمستويات الأخرى تقديم الموارد والمساعدة وتسريع التعافي. ولأن المرونة تجاه المخاطر المتعددة تشمل مقاييس من الكلي إلى الجزئي، ينبغي للتحليل مراعاة خصائص كل مستوى وعلاقاته ومساهمته المشتركة في المرونة العامة. ويمكن للتخطيط المكاني رفعها عبر التحديد المنهجي لقدرات كل مقياس وتعزيزها، ودعم التعاون والمساندة المتبادلة.

3 إعداد خطط مكانية مرنة لمواجهة اقتران المخاطر المتعددة

توفر نظرية المرونة الحضرية تجاه المخاطر المقترنة توجيهًا لإعداد الخطط المكانية المرنة. ومن ثم، من المهم استكشاف كيفية دمج مبدأ السلامة والمرونة تجاه المخاطر المتعددة في نظام التخطيط المكاني الإقليمي الصيني القائم على «خمسة مستويات وثلاثة أنواع من الخطط». ويعرض الشكل 6 إطارًا أوليًا.



الشكل 6. إطار التخطيط المكاني الإقليمي المرن

3.1 أولويات المرونة في التخطيط العام

أصبح بناء فضاء إقليمي مرن في مواجهة المخاطر الاعتيادية مبدأ رئيسًا في التخطيط الحضري. وتوفر الخطط العامة الوطنية والإقليمية توجيهًا استراتيجيًا للتنمية المكانية المرنة. وبالتنسيق مع الاستراتيجيات الوطنية للسلامة والمرونة، ينبغي للخطط الإقليمية تحديد المخاطر المكانية وإجراء التقييم المزدوج لقدرة الموارد والبيئة على التحمل وملاءمة التنمية. كما ينبغي أن تشكل بنية مكانية إقليمية مرنة، وتحدد مناطق وظيفية للأمن الإقليمي، وتوفر إرشادات عامة لضبط المخاطر والاستعادة البيئية، ولا سيما في المناطق ذات الأولوية.

ينبغي للخطط العامة على مستويات المدينة والمحافظة والبلدة أن تحول استراتيجيات الخطط الأعلى إلى إجراءات تنفيذية. وعلى مستويي المدينة والمحافظة، يمكن تناول المدينة المرنة بوصفها موضوعًا خاصًا عند الحاجة. وينبغي للخطط تحديد اقتران المخاطر المتعددة وتقييم المرونة عبر جميع العناصر والمجالات والدورات؛ وإعداد خريطة أساس للسلامة الحضرية؛ وتحديد القيود الدنيا والوظائف التنظيمية للمؤشرات؛ وإنشاء بنى متعددة المراكز وشبكية للتنمية والحماية المكانية؛ وتشكيل أنظمة إيكولوجية مفتوحة ومستمرة ومترابطة؛ وتحديد وحدات المرونة. كما ينبغي تحديد الفضاءات الطبيعية القادرة على استيعاب الكوارث، ودفع الاستعادة البيئية، وتحسين وظائف تنظيم الأنظمة الإيكولوجية، وامتصاص آثار المخاطر أو تخفيفها [56]. وينبغي أيضًا رفع قدرة المرافق على مواجهة المخاطر المتعددة، وتحسين تكيف البنية التحتية وكفاءتها، ووضع استراتيجيات للتجديد المرن للفضاء الحضري القائم والتنمية المرنة للفضاء المستقبلي. وعلى مستوى البلدات، ينبغي تنظيم التخطيط والتصميم حول وحدات المرونة، وتحسين تنظيم الأنظمة المكانية، ورفع كفاءة استخدام الموارد، وتنسيق فضاءات الإنتاج والحياة والبيئة، وحجز فضاءات مرنة، ووضع تدابير وقائية في الأوضاع العادية واستراتيجيات لتحويل الوظائف في حالات الطوارئ. وتكوّن هذه الإجراءات مجتمعة نظامًا شبكيًا متعدد المستويات للمرونة.

3.2 أولويات المرونة في التخطيط التفصيلي

في عام 2023، أصدرت وزارة الموارد الطبيعية «إشعار تعزيز التخطيط التفصيلي للفضاء الإقليمي»، فوضعت متطلبات جديدة للإصلاح والممارسة. وتفصل الخطط التفصيلية الخطط العامة وتنفذها من خلال الترتيب المباشر لاستخدامات الأرض وتوزيع المرافق الحضرية. ولذلك فهي وسيلة رئيسة لترجمة مفهوم المدينة المرنة إلى النظام المكاني الحضري. وبما أن البيئات وخصائص المرونة تختلف بصورة كبيرة داخل حدود التنمية الحضرية وخارجها، ينبغي أن تختلف الأولويات كذلك.

داخل حدود التنمية الحضرية، ينبغي للتخطيط على مستوى الوحدة استخدام تقييم المخاطر المقترنة لتحديد المناطق المعرضة والنقاط الحرجة، وتفصيل توزيع الملاجئ ومنشآت الدفاع المدني وغيرها من المرافق المرنة، وتحديد مؤشرات الضبط. وعلى مستوى الحي أو الكتلة، ينبغي الحفاظ على علاقة مناسبة بين حجم السكان وكثافة البناء والشكل الحضري؛ وضمان توفير البنية التحتية ومرافق الإدارة والخدمات العامة والفضاءات الخضراء والساحات؛ وزيادة الاحتياط الوظيفي للأنظمة المرنة بصورة معقولة؛ وضمان تنفيذ مرافق الطوارئ. وفي المناطق الرئيسة، ينبغي تعزيز تنوع الفضاء وقابليته للتحول، وتشجيع الاستخدام المختلط للأرض في مناطق التجديد الحضري ومراكز النشاط العام والمناطق الجبلية أو الواجهات المائية.

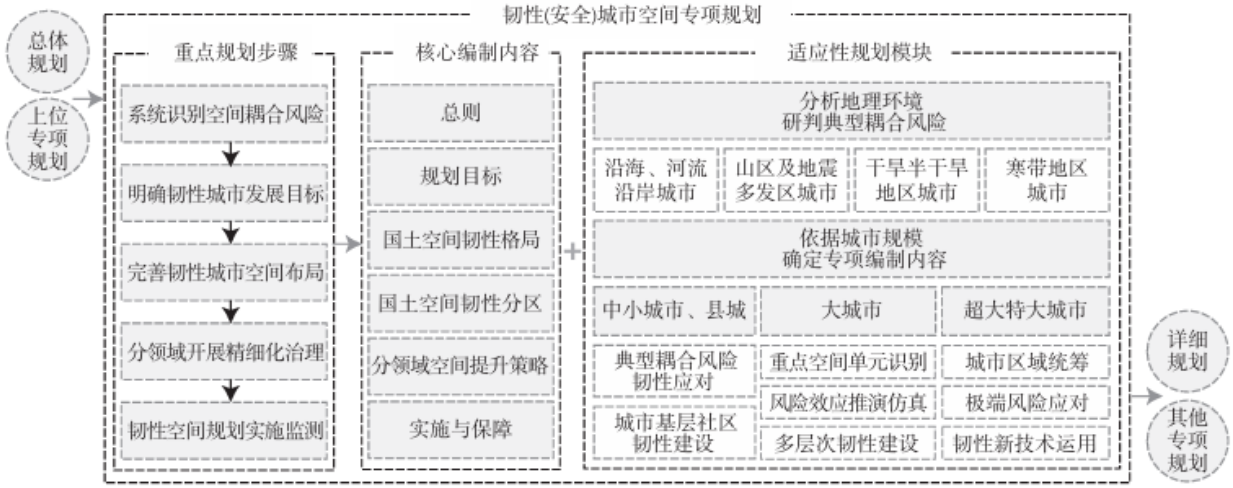
خارج حدود التنمية الحضرية، تعد المناطق الريفية حلقة أضعف نسبيًا في الفضاء المرن. ويمكن للتخطيط المشترك لعدة قرى أن يشجع البناء والاستخدام المشتركين للمرافق، ويعزز انتقال المرونة أفقيًا بين المناطق من المستوى نفسه. وينبغي للقرى المخصصة للتجميع أو الارتقاء أو الاندماج مع الضواحي تنشيط التنمية عبر تحديث الصناعات وتحسين البيئة، وتعزيز التنظيم الذاتي، وحجز فضاءات مرنة. أما القرى ذات وظائف الحماية المميزة أو النقل والدمج، فينبغي أن تعطي الأولوية للحماية البيئية وتحسين بيئة المعيشة. وينبغي فحص المتنزهات الوطنية والمناطق المحمية ومصادر المياه المهمة والأراضي الزراعية وغيرها من الفضاءات البيئية أو الإنتاجية التي تتطلب خططًا تفصيلية، للكشف عن مخاطر الحرائق والمخاطر الجيولوجية والزلزالية، مع إعطاء الأولوية لصون تكامل خدمات الأنظمة الإيكولوجية.

3.3 أولويات المرونة في التخطيط المتخصص

تتوزع أفكار المرونة تجاه اقتران المخاطر المتعددة في الصين حاليًا بين الخطط المتخصصة للمدن الإسفنجية، والوقاية الشاملة من الكوارث والحد منها [57]، ومرافق الخدمات العامة، والنقل، والأنظمة الخضراء، وغيرها من المجالات. وفي المرحلة الجديدة من تطور المرونة، توفر المرونة الحضرية إطارًا نظريًا ووسائل تقنية لمعالجة قضايا السلامة. ويمكن دمج مبادئ العملية الكاملة وتعدد المجالات وتعدد المستويات في الوقاية الحضرية من خلال خطة مكانية متخصصة لمدينة مرنة أو آمنة. ويعرض الشكل 7 إطارًا أوليًا مستندًا إلى خبرات بكين ومدن أخرى.

ينبغي للخطة المكانية المتخصصة للمدينة المرنة أن تجيب عن الأسئلة المشتركة للمرحلة 3.0: ما أهداف تنمية المدينة المرنة؟ وكيف ينبغي إدارة المخاطر الاعتيادية لرفع المرونة؟ وكيف يمكن توجيه بنيتها المكانية؟ ويمكن أن تشمل الخطة خمس مهام: (1) دمج بيانات المخاطر من إدارات متعددة، وتحديد المخاطر الحضرية المحتملة منهجيًا، وتقييم المرونة، وتحديد نقاط الضعف؛ (2) صياغة أهداف استشرافية تستند إلى احتياجات التنمية والسلامة طويلة الأمد، وقادرة على التكيف مع الاقترانات المستقبلية غير المؤكدة؛ (3) تخصيص الموارد بصورة عقلانية، وتحسين بنية المدينة المرنة وتوزيعها وتقسيمها، وتنسيق البنية التحتية العامة مزدوجة الاستخدام في الأوضاع العادية والطوارئ، وتكوين نظام مكاني متكامل عضويًا؛ (4) اقتراح تدابير تفصيلية في المجالات البيئية والاجتماعية والهندسية والاقتصادية، وتحديد استراتيجيات للسيناريوهات المختلفة؛ و(5) وضع جدول زمني واضح للتنفيذ وتحديد الجهات المسؤولة، وتقييم الفاعلية دوريًا، وتحديث محتوى الخطة.

تختلف المدن الصينية بدرجة كبيرة في الجغرافيا والحجم، ولذلك ينبغي تخصيص الخطط وفق السياق. فمن الناحية الجغرافية، يجب تحديد أنماط الاقتران النموذجية، مثل اقتران الأعاصير بالأمطار الغزيرة في مدن الساحل الجنوبي الشرقي، أو الزلازل بالمخاطر الجيولوجية في المناطق الزلزالية، ووضع تدابير متخصصة تجمع بين الوظائف العادية ووظائف الطوارئ وتتيح التحول السريع. أما المدن الصغيرة والمتوسطة ومراكز المحافظات فتتميز ببيئات وملفات خطر أبسط نسبيًا، وينبغي أن تركز على خفض الآثار المحتملة للاقترانات الشائعة وتعزيز مرونة المجتمعات. والمدن الكبرى أكثر تعقيدًا وتحتاج إلى تحديد الوحدات المكانية ذات الأولوية ومحاكاة سيناريوهات متعددة، مع توجيه متعدد المستويات: «الإقليم الكامل – المنطقة الحضرية المركزية – الوحدة المكانية الرئيسة – المجتمع». وفي المدن العملاقة والمدن فائقة الحجم، يتركز السكان والأنشطة بكثافة عالية في المركز؛ لذلك ينبغي تعزيز البناء والحوكمة المشتركين على المستوى الإقليمي، وتحسين انتقال المرونة عبر التنسيق بين التجمعات والمناطق الحضرية الكبرى، والاستعداد استراتيجيًا للتفاعلات المعقدة بين الأحداث المناخية القصوى وحالات الطوارئ الخطيرة، وتنظيم تحويل الوظائف المكانية وتدفقات الموارد في السيناريوهات المتطرفة، واستخدام التوائم الرقمية وغيرها من التقنيات لتعزيز إدراك المخاطر المتعددة والاستجابة لها وحوكمتها في مواجهة الضغوط الطويلة والصدمات المفاجئة.



الشكل 7. الإطار الأولي لخطة مكانية متخصصة لمدينة مرنة (آمنة)

4 الاتجاهات التقنية لإعداد الخطط المكانية المرنة

يظهر تحليل الأولويات السابقة أن عملية التخطيط الكاملة تتطلب جمع بيانات مكانية حضرية من مصادر متعددة، وكشف المخاطر المعقدة، ومحاكاة آثارها باستخدام تقنيات المعلومات والذكاء الاصطناعي. ويشير وو تشي تشيانغ وزملاؤه [58] إلى أن الذكاء الاصطناعي يجعل التخطيط أكثر ذكاءً من زوايا متعددة، لكنه يولد تحديات جديدة في العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والمدينة. ويتصور بنغ تشونغ رن وزملاؤه [59] أربع مراحل لتطور الذكاء الاصطناعي في التخطيط الحضري: المساعدة، والتعزيز، والأتمتة، والاستقلالية. وتشمل الاتجاهات التقنية الرئيسة جمع المعلومات المكانية ومعالجتها، وتقييم تراكب المخاطر واقترانها، واستنباط السيناريوهات والمحاكاة، والتخطيط الذكي ومراقبة التنفيذ.

4.1 جمع المعلومات المكانية ومعالجتها

تستخدم تقنيات الاستشعار عن بعد وإنترنت الأشياء والإنترنت على نطاق واسع لجمع البيانات المكانية وبيانات المخاطر ومعالجتها. وسيؤدي توسيع استخدام بيانات التدفقات الحضرية المتنوعة وتحسين جودتها إلى توسيع أبعاد أبحاث المرونة تجاه المخاطر المتعددة ورفع كفاءة إعداد الخطط بدرجة كبيرة. ويتميز الذكاء الاصطناعي بقدرات مهمة في التنقيب العميق عن البيانات الحضرية الضخمة، وأصبح إدماج التقنيات الجديدة في التحليل الحضري اتجاهًا بارزًا. ويمكن لخوارزميات التعلم الآلي ربط البيانات التاريخية والآنية ودمجها وتكاملها، ودعم البناء الآلي للنماذج الحضرية [58]. ولذلك ينبغي للتمكين الرقمي للتخطيط المرن أن يعطي الأولوية لتوسيع تطبيقات البيانات الضخمة وتحسين جودتها، والتنقيب العميق، والتكامل متعدد المصادر. ويمكن للذكاء الاصطناعي دعم المعالجة الآلية للمعلومات، وتوليد النصوص والرسومات، وبناء نماذج للأنظمة الحضرية المعقدة، بما يحسن كفاءة التخطيط وجودته ويدفع المرونة الحضرية الذكية القائمة على البيانات.

4.2 تقييم تراكب المخاطر واقترانها

يمثل تقييم تراكب المخاطر واقترانها اتجاهًا مهمًا في أبحاث الكوارث ومكونًا أساسيًا للتخطيط المكاني المرن. وتتطور التقنيات من «تقييم خطر منفرد» و«التكامل متعدد العوامل» إلى «اقتران المخاطر المتعددة» في الأنظمة الحضرية المعقدة. وقد طُورت نماذج تستند إلى نظرية أنظمة الكوارث، وقواعد علاقات التحفيز، وإطار «الضغط – الحالة – الاستجابة»، والنماذج متعددة الوكلاء، وغيرها من المقاربات [17,60-62]. وبحسب النتائج، يمكن تقسيم التقنيات الحالية إلى فئتين: تقييم مستويات المخاطر المتعددة، الذي يصنف المؤشرات لكشف التوزيع المكاني؛ والتقييم الاحتمالي، الذي يحلل علاقات الاقتران بعمق وبحسب الاحتمالات والخسائر على مستوى الحدث.

مع زيادة تعقيد الأنظمة المكانية بفعل التحضر، لن يعود التقييم الذي يركز على المخاطر المنفردة ويتجاهل العلاقات بينها قادرًا على تلبية الاحتياجات المستقبلية، وقد يقلل من تقدير الخطر الفعلي. ولذلك ينبغي تعميق تحديد الآثار المكانية وتقييمها في البيئة الحضرية. ويمكن للتقييمات المستقبلية الجمع بين الاستشعار عن بعد ومعلومات مكانية أغنى لإعداد خرائط عالية الدقة وتحديد النقاط الحرجة. كما يمكن للتعلم الآلي والعميق دعم النماذج الرياضية للاقتران ونماذج الشبكات الحضرية، بما يسمح بتقييمات أكثر تفصيلًا، بل وديناميكية، وتحديد أنماط المخاطر، وتحليل العلاقات المعقدة وآليات تكوينها، وتقييم حساسية الفضاء الإقليمي وهشاشته.

4.3 استنباط السيناريوهات والمحاكاة

ينبغي للتخطيط في مواجهة اقتران المخاطر المتعددة إجراء استنباط للسيناريوهات الخاصة بالأخطار الحضرية النموذجية. وانطلاقًا من بيانات متنوعة، يجب بناء أنظمة لعناصر الخطر، وتحديد سيناريوهات الاقتران الرئيسة، وبناء نماذج تطورية عبر التقييم الاحتمالي، وتحديد الحالة الوظيفية للعناصر المكانية. ووفق قوانين تطور السيناريوهات، يمكن استخدام نماذج اللغة الطبيعية لبناء رسوم المعرفة، وصياغة السيناريوهات، وتحليل عمليات المخاطر المتعددة، واستخراج عوامل التأثير والعناصر المكانية. ويمكن للشبكات البايزية، وشبكات بتري، والنماذج الهيدروديناميكية، وغيرها من الأساليب دعم الاستنباط المكاني والزماني للعمليات [63-66]، وتحديد فضاءات الضرر المحتمل، وتقييم الآثار على العناصر المعرضة.

يمكن دراسة آليات المرونة باستخدام نماذج ديناميات الأنظمة والمحاكاة القادرة على التقاط التفاعلات المعقدة بين المخاطر وشرح العلاقات بين عوامل التأثير. وفي المستقبل، يمكن للمحاكاة الحضرية دمج أساليب ذكية لبناء نماذج للمخاطر المتعددة والتقاط آثار العتبات في التطور المكاني [58]. كما ستتيح تقنيات الواقع الافتراضي والتوائم الرقمية وما يرتبط بها استكشاف العلاقات بين المخاطر والقوانين المكانية بعمق أكبر، ومحاكاة سيناريوهات متعددة للاقتران، واختيار سياسات وتدابير مرونة فعالة.

4.4 التخطيط الذكي ومراقبة التنفيذ

تقدم التقنيات الذكية بالفعل دعمًا عمليًا لتوليد الخطط وتنفيذها ومراقبتها. ويمكن للخوارزميات الجينية محاكاة الانتخاب الطبيعي والطفرات للوصول إلى حلول مثلى للبنى المكانية المرنة. كما يمكن للتعرف الذكي على الصور تحليل البيانات الحضرية الناتجة عن الاستشعار عن بعد وإنترنت الأشياء، ومتابعة التنفيذ، وتوفير تغذية راجعة مكانية. ويمكن لمعالجة اللغة الطبيعية مراقبة نصوص وسائل التواصل الاجتماعي وتحليلها تلقائيًا أثناء الطوارئ، وتقييم آثار الخطط المرنة، وتوفير تغذية راجعة اجتماعية بشأن التنفيذ.

يجعل الذكاء الاصطناعي التخطيط الديناميكي التكيفي ممكنًا أيضًا. فالذكاء الاصطناعي التوليدي يتيح للمخططين اتخاذ قرارات تصميم مرن بدعم ذكي، وإنتاج نصوص وصور عالية الجودة بسرعة [58,67]. وقد اقترح باحثون صينيون تطبيق التعلم العميق المعزز في التخطيط المكاني للمجتمعات الحضرية [68]، بما يسمح بتعديل الخطط وتحديثها بصورة ديناميكية. وفي المستقبل، ستدعم التوجيهات الذكية التكيفية التنفيذ في البيئات الحضرية غير المؤكدة والمتغيرة.

5 الخاتمة

مع دخول إدارة المخاطر الحضرية المرحلة 3.0، تحتاج نظرية المرونة الحضرية في ظل اقتران المخاطر المتعددة إلى مزيد من التعميق. ويعد التخطيط للمخاطر الاعتيادية والمقترنة اتجاهًا حتميًا في العصر الجديد ووسيلة مهمة لرفع المرونة وتنسيق الوظائف العادية ووظائف الطوارئ. وانطلاقًا من تحديات التنمية الحضرية المستقبلية، استعرضت الدراسة الأسس البحثية والخبرات التخطيطية لاقتران المخاطر في الفضاء الحضري، وبحثت النظريات والتطبيقات ذات الصلة، وحددت أولويات التخطيط المكاني المرن واتجاه تطوره التقني.

تستحق ثلاث قضايا اهتمامًا خاصًا. أولًا، من منظور الخطر نفسه، ينبغي توضيح خصائص الأخطار الحضرية النموذجية وقوانينها، مع التركيز على حالات الاقتران. ثانيًا، في العلاقة بين الخطر والمدينة، ينبغي دراسة الآثار المكانية وآلياتها، وتحديد كيفية استجابة أنظمة استخدام الأرض والبنية التحتية والمباني للمخاطر المتعددة، وبحث المرونة انطلاقًا من تفاعل الإنسان والأرض. ثالثًا، في العلاقة بين الخطر والتخطيط، ينبغي للخطط المكانية المرنة أن تدمج تحليل سيناريوهات الاقتران الخاصة بموضوعات متعددة المخاطر محددة، وأن تصوغ على هذا الأساس تدابير تخطيط وتصميم موجهة. وتهدف الدراسة إلى تقديم مرجع نظري وإرشاد منهجي لتخطيط المدن الآمنة والمرنة وبنائها في المرحلة 3.0 من المخاطر.

قائمة المراجع

[1] Zhou Shutian, Zhai Guofang, Shi Yijun, et al. مراجعة أبحاث تقييم مخاطر الكوارث الطبيعية الحضرية. Journal of Catastrophology, 2020, 35(4): 180-186. [بالصينية]

[2] Ni Changjian, Wang Jie. إعادة النظر في تعريف مخاطر الكوارث الطبيعية. Journal of Catastrophology, 2012, 27(3): 1-5. [بالصينية]

[3] Zhai Guofang. : الاستجابات المرنة لمخاطر الأمطار الغزيرة والفيضانات الحضرية في ظل تغير المناخ من منظور التخطيط المفاهيم الرئيسة والمقاربات الأساسية والإطار العام. Urban Planning Forum, 2024(1): 29-37. [بالصينية]

[4] Shi Peijun. المناقشة الخامسة لنظرية وممارسة أبحاث أنظمة الكوارث. Journal of Natural Disasters, 2009, 18(5): 1-9. [بالصينية]

[5] Carpignano A., Golia E., Di Mauro C., et al. منهجية لتحديد خرائط المخاطر المتعددة على المستوى الإقليمي :التطبيق الأول. Journal of Risk Research, 2009, 12(3-4): 513-534.

[6] Gallina V., Torresan S., Critto A., et al. مراجعة منهجيات المخاطر المتعددة للأخطار الطبيعية :النتائج والتحديات أمام تقييم آثار تغير المناخ. Journal of Environmental Management, 2016, 168: 123-132.

[7] Pendall R., Foster K. A., Cowell M. المرونة والأقاليم :تعميق فهم الاستعارة. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 2010, 3(1): 71-84.

[8] Saarinen T., Hewitt K., Burton I. خطورة المكان :إيكولوجيا إقليمية للأحداث الضارة. Geographical Review, 1973, 63: 134.

[9] Komendantova N., Mrzyglocki R., Mignan A., et al. أدوات دعم القرار للأخطار والمخاطر المتعددة ضمن الحوكمة التشاركية للمخاطر :تغذية راجعة من أصحاب المصلحة في الحماية المدنية. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2014, 8: 50-67.

[10] Marzocchi W., Garcia-Aristizabal A., Gasparini P., et al. المبادئ الأساسية لتقييم المخاطر المتعددة :دراسة حالة في إيطاليا. Natural Hazards, 2012, 62(2): 551-573.

[11] Kappes M. S., Keiler M., von Elverfeldt K., et al. مراجعة :تحديات تحليل مخاطر الأخطار المتعددة. Natural Hazards, 2012, 64(2): 1925-1958.

[12] de Ruiter M. C., Couasnon A., van den Homberg M. J. C., et al. لماذا لم يعد من الممكن تجاهل الكوارث المتعاقبة. Earth's Future, 2020, 8(3): e2019EF001425.

[13] Terzi S., Torresan S., Schneiderbauer S., et al. تقييم المخاطر المتعددة في المناطق الجبلية :مراجعة لمقاربات النمذجة الخاصة بالتكيف مع تغير المناخ. Journal of Environmental Management, 2019, 232: 759-771.

[14] Ward P. J., Daniell J., Duncan M., et al. وجهات نظر مدعوة :أجندة بحثية لمسارات إدارة مخاطر الكوارث في تقييم الأخطار والمخاطر المتعددة. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2022, 22(4): 1487-1497.

[15] He Jinping, Li Shuangshuang. بناء شبكات اقتران زماني-مكاني متعددة الأخطار :من الشبكات متعددة الأبعاد إلى شبكة ذات عقدة واحدة. Geographical Research, 2021, 40(8): 2314-2330. [بالصينية]

[16] Guo Rui, Wang Qing, Zhang Huan, et al. آليات استجابة البيئات الحضرية-الريفية واستراتيجيات بنائها في ظل الكوارث المتسلسلة الناتجة عن الأعاصير :دراسة هونغتشياو في يويهتشينغ. Urban Planning Forum, 2024(2): 110-118. [بالصينية]

[17] Lu Ying, Hou Yunyue, Guo Liangjie, et al. تقييم أولي للخطر المقترن متعدد الأخطار في المدن الساحلية :حالة تشيوانتشو، فوجيان. Journal of Catastrophology, 2015, 30(1): 211-216. [بالصينية]

[18] Wei Jiuchang. اقتران المخاطر وتسلسلها :الأسباب المعقدة لتطور المخاطر الاجتماعية الناشئة. Xuehai, 2019(4): 125-134. [بالصينية]

[19] Liu H., Wang J., Liu J., et al. الآثار المشتركة والمتأخرة للأوبئة والطقس المتطرف في تعافي التنقل الحضري. Sustainable Cities and Society, 2023, 99: 104872.

[20] Zhang B., Li X., Wang S. طريقة جديدة لتكييف الحالات قائمة على خوارزمية جينية متكاملة محسنة لطوارئ كوارث الرياح في شبكات الكهرباء. Expert Systems with Applications, 2015, 42(21): 7812-7824.

[21] Kong Feng. آثار اقتران الكوارث من منظور أنظمة الكوارث. Journal of Catastrophology, 2024, 39(1): 1-5. [بالصينية]

[22] Shi Peijun, Lü Lili, Wang Ming, et al. أنظمة الكوارث :مجموعات الكوارث وسلاسلها وتلاقي الأخطار. Journal of Natural Disasters, 2014, 23(6): 1-12. [بالصينية]

[23] Pescaroli G., Alexander D. فهم المخاطر المركبة والمترابطة والمتفاعلة والمتسلسلة :إطار شامل. Risk Analysis, 2018, 38(11): 2245-2257.

[24] Zscheischler J., Westra S., van den Hurk B. J. J. M., et al. المخاطر المناخية المستقبلية الناتجة عن الأحداث المركبة. Nature Climate Change, 2018, 8(6): 469-477.

[25] Zscheischler J., Martius O., Westra S., et al. تصنيف الأحداث الجوية والمناخية المركبة. Nature Reviews Earth & Environment, 2020, 1(7): 333-347.

[26] Hao Z. الأحداث المركبة وآثارها المصاحبة في الصين. iScience, 2022, 25(8): 104689.

[27] Folke C. المرونة :نشوء منظور لتحليل الأنظمة الاجتماعية-الإيكولوجية. Global Environmental Change, 2006, 16(3): 253-267.

[28] Meerow S., Newell J. P., Stults M. تعريف المرونة الحضرية :مراجعة. Landscape and Urban Planning, 2016, 147: 38-49.

[29] Shao Yiwen, Xu Jiang. المرونة الحضرية :تفسير مفاهيمي استنادًا إلى مراجعة الأدبيات الدولية. Urban Planning International, 2015, 30(2): 48-54. [بالصينية]

[30] Yan Wentao, Li Zihao, Jian Tianyu, et al. : التجديد الإيكولوجي للمجتمعات القديمة الموجه نحو صحة البيئة الهوائية إطار نظري وممارسة تطبيقية. Urban Development Studies, 2022, 29(1): 121-132. [بالصينية]

[31] Kondo T., Lizarralde G. سوء التكيف والتجزؤ وغيرها من الآثار الثانوية للتخطيط الحضري المركزي بعد الكوارث: حالة كارثة «عام 2011 المتسلسلة» اليابان. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2021, 58: 102219.
[32] Zeng Jian, Zuo Chang'an. استراتيجيات الوقاية من الكوارث والحد منها في التخطيط والتصميم المكاني للمناطق التجارية المركزية. Architectural Journal, 2010(11): 75-79. [بالصينية]
[33] Lin Zhanpeng. تخطيط المتنزهات والفضاءات الخضراء للوقاية من الكوارث في المدن عالية الكثافة: حالة هونغ كونغ. Chinese Landscape Architecture, 2008(9): 37-42. [بالصينية]
[34] Xue Ye, Liu Yaolong, Zhang Taotao. آليات تكوّن مخاطر الكوارث المقترنة. Journal of Natural Disasters, 2013, 22(2): 44-50. [بالصينية]
[35] Chen Weike, Zhang Xin. ديناميات الاقتران متعدد العوامل في حوادث الحريق والانفجار أثناء تخزين المواد الخطرة ونقلها. China Safety Science Journal, 2017, 27(6): 49-54. [بالصينية]
[36] Li Hongnan, Li Gang, Zheng Xiaowei, et al. تقدم الأبحاث حول المنشآت الهندسية تحت التأثير المقترن لأخطار متعددة. China Civil Engineering Journal, 2021, 54(5): 1-14. [بالصينية]
[37] Acemoglu D., Ozdaglar A., Tahbaz-Salehi A. المخاطر النظامية والاستقرار في الشبكات المالية. American Economic Review, 2015, 105(2): 564-608.
[38] Peng Chong, Guo Zuyuan, Peng Zhongren. تطور نظرية وممارسة مرونة المجتمعات في الخارج. Urban Planning International, 2017, 32(4): 60-66. [بالصينية]
[39] Cai Jianming, Guo Hua, Wang Degen. مراجعة الأبحاث الدولية حول المدن المرنة. Progress in Geography, 2012, 31(10): 1245-1255. [بالصينية]
[40] Alberti M., Marzluff J. M. المرونة الإيكولوجية في الأنظمة الحضرية: ربط الأنماط الحضرية بالوظائف البشرية والبيئية. Urban Ecosystems, 2004, 7(3): 241-265.
[41] Jabareen Y. تخطيط المدينة المرنة: مفاهيم واستراتيجيات التعامل مع تغير المناخ والمخاطر البيئية. Cities, 2013, 31: 220-229.
[42] Adger W. N. المرونة الاجتماعية والإيكولوجية: هل هما مترابطتان؟ Progress in Human Geography, 2000, 24(3): 347-364.
[43] Adger W. N., Safra de Campos R., Siddiqui T., et al. تعليق: عدم المساواة والهشاشة والأنظمة الإيكولوجية المستدامة بوصفها عناصر للمرونة الحضرية. Urban Studies, 2020, 57(7): 1588-1595.
[44] Bruneau M., Chang S. E., Eguchi R. T., et al. إطار للتقييم الكمي وتعزيز المرونة الزلزالية للمجتمعات. Earthquake Spectra, 2003, 19(4): 733-752.
[45] Lovell S. T., Taylor J. R. توفير خدمات الأنظمة الإيكولوجية الحضرية عبر البنية التحتية الخضراء متعددة الوظائف في الولايات المتحدة. Landscape Ecology, 2013, 28(8): 1447-1463.
[46] Meerow S., Newell J. P. التخطيط المكاني للبنية التحتية الخضراء متعددة الوظائف: تعزيز المرونة في ديترويت. Landscape and Urban Planning, 2017, 159: 62-75.
[47] Martin R., Sunley P. حول مفهوم المرونة الاقتصادية الإقليمية: الصياغة المفاهيمية والتفسير. Journal of Economic Geography, 2015, 15(1): 1-42.
[48] Yang L., Yang H., Zhao X., et al. دراسة المرونة الحضرية من منظور نظرية الأنظمة التكيفية المعقدة: حالة تجمع لانتشو-شينينغ الحضري. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(20): 13667.
[49] Simmie J., Martin R. المرونة الاقتصادية للأقاليم: نحو مقاربة تطورية. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 2010, 3(1): 27-43.
[50] Chen Mengyuan. تقدم الأبحاث الدولية في المرونة الاقتصادية الإقليمية: تقديم إطار نظري تطوري. Progress in Geography, 2017, 36(11): 1435-1444. [بالصينية]
[51] Xie W., Sun C., Lin Z. التطور المكاني-الزماني لمرونة الشكل الحضري تجاه الاضطراب المناخي ضمن الدورة التكيفية: حالة تشانغتشون. Urban Climate, 2023, 49: 101461.
[52] Zheng Yan, Zhai Jianqing, Wu Zhanyun, et al. تصنيف المدن المرنة وتقييمها استنادًا إلى الدورة التكيفية: تجارب المدن الإسفنجية والمدن المتكيفة مع المناخ في الصين. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(3): 31-38. [بالصينية]
[53] Zhu Jinxia, Pan Yi, Zhang Yanbin, et al. العتبات الحرجة لآثار تغير أنماط الزراعة في مرونة أنظمة الأراضي المزروعة. China Land Science, 2022, 36(4): 49-58. [بالصينية]

[54] Folke C., Carpenter S., Walker B., et al. تحولات الأنظمة والمرونة والتنوع البيولوجي في إدارة الأنظمة الإيكولوجية. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2004, 35(1): 557-581.
[55] Tang Haiping, Chen Jiao, Xue Haili. العتبات الإيكولوجية: المفاهيم والأساليب وآفاق البحث. Chinese Journal of Plant Ecology, 2015, 39(9): 932-940. [بالصينية]
[56] Yan Wentao, Ren Jie, Zhang Shangwu, et al. تخطيط المدينة المرنة في شنغهاي: القضايا الرئيسة والإطار العام والاستراتيجيات التخطيطية. Urban Planning Forum, 2022(3): 19-28. [بالصينية]
[57] Dai Shenzhi, Liu Tingting, Gao Xiaoyu, et al. نظام إعداد خطط الوقاية من الكوارث والحد منها في التخطيط المكاني الإقليمي وآليات التنفيذ. Urban Planning Forum, 2023(1): 48-53. [بالصينية]
[58] Herzog O., Pan Haixiao, Deng Zhituan, et al. الذكاء الاصطناعي من الجيل الجديد في خدمة التخطيط الحضري: الفرص والتحديات. Urban Planning Forum, 2023(4): 1-11. [بالصينية]
[59] Peng Z. R., Lu K. F., Liu Y., et al. مسار الذكاء الاصطناعي في التخطيط الحضري: من دعم التخطيط إلى إعداد الخطط. Journal of Planning Education and Research, 2023, 0(0): 0739456X231180568.
[60] Xue Ye, Chen Baozhang, Huang Chongfu, et al. نموذج هرمي مرن للتقييم المتكامل لمخاطر الأخطار المتعددة. Progress in Geography, 2012, 31(3): 353-360. [بالصينية]
[61] Niu Yanhe, Jiao Sheng, Cao Tingting, et al. تقييم مخاطر الأخطار الحضرية المتعددة والاستجابة التخطيطية استنادًا إلى نموذج PSR. Urban Development Studies, 2022, 29(4): 39-48. [بالصينية]
[62] Wang Fei, Yin Zhan’e, Wen Jiahong. نموذج متعدد الوكلاء للتقييم الديناميكي لمخاطر الكوارث الطبيعية. Geography and Geo-Information Science, 2009, 25(2): 85-88. [بالصينية]
[63] Rao Wenli, Luo Nianxue. بناء سيناريوهات العواصف البحرية الناتجة عن الأعاصير واستنباطها مكانيًا وزمانيًا. Journal of Geo-Information Science, 2020, 22(2): 187-197. [بالصينية]
[64] Li Siyu, Liang Da, Wei Yanfang, et al. نمذجة كمية لسلسلة كارثة الجفاف-حريق الغابات استنادًا إلى شبكة بايزية. Journal of Natural Disasters, 2023, 32(1): 38-46. [بالصينية]
[65] Li Yongjian, Wang Xunqing, Qiao Xiaojiao. نموذج تطور الكوارث الثانوية بعد الزلازل استنادًا إلى شبكات بتري العشوائية. Operations Research and Management Science, 2014, 23(4): 264-273. [بالصينية]
[66] Chen Bilin, Li Yinglong. تقييم تخطيطي للتحول التكيفي في المدن الساحلية عالية الكثافة الموجه نحو المرونة في مواجهة الفيضانات: منطقة Mangrove Bay في شنتشن. Urban Planning Forum, 2023(4): 77-86. [بالصينية]
[67] Gan Wei, Wu Zhiqiang, Wang Yuankai, et al. بناء نموذج نظري للتصميم الحضري المدعوم بتقنيات AIGC. Urban Planning Forum, 2023(2): 12-18. [بالصينية]
[68] Zheng Y., Lin Y., Zhao L., et al. التخطيط المكاني للمجتمعات الحضرية باستخدام التعلم العميق المعزز. Nature Computational Science, 2023, 3(9): 748-762.

مُراجَع: يونيو 2024
ترجمة بمساعدة الذكاء الاصطناعي