

Bài báo khoa học

## Thực trạng và giải pháp trong phân cấp hoạt động dự báo, cảnh báo khí tượng thủy văn

Nguyễn Thị Thu Loan<sup>1\*</sup>, Vũ Đức Long<sup>1</sup>, Trần Quang Năng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vụ Quản lý dự báo KTTV, Tổng cục KTTV; loanthunguyen268@gmail.com; longkttv@gmail.com; trannang030984@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: loanthunguyen268@gmail.com; Tel: +84-976632198

Ban Biên tập nhận bài: 10/10/2023; Ngày phản biện xong: 28/11/2023; Ngày đăng bài: 25/2/2024

**Tóm tắt:** Trong những năm gần đây, công tác dự báo, cảnh báo của Tổng cục Khí tượng Thủy văn (KTTV) đã đạt được nhiều bước tiến lớn và đáp ứng một phần nhu cầu ngày càng cao của xã hội. Tuy nhiên, với tình trạng biến đổi khí hậu diễn ra nhanh chóng, sự thay đổi của công nghệ dự báo, cảnh báo KTTV và nhu cầu của các lĩnh vực kinh tế - xã hội đã đặt ra những yêu cầu mới về tổ chức hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV phù hợp với tình hình thực tế. Bài báo sử dụng các phương pháp thống kê, phân tích, tổng hợp và tham khảo ý kiến chuyên gia để phân tích hiện trạng và vấn đề trong phân cấp hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV, từ đó đề xuất một số giải pháp phân cấp nhằm nâng cao hiệu quả của hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV. Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng cho các nhà quản lý tổ chức phân cấp hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV, nhằm nâng cao tính hiệu quả và phát huy được vị thế, vai trò của ngành KTTV trong thời kỳ mới.

**Từ khóa:** Dự báo; Cảnh báo KTTV; Phân cấp dự báo.

### 1. Mở đầu

Thông tin dự báo, cảnh báo KTTV đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển kinh tế-xã hội, bảo đảm quốc phòng và an ninh, đặc biệt là trong công tác phòng tránh và giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai gây ra. Theo sự tiến bộ nhanh chóng của xã hội và sự phát triển mạnh mẽ, cùng với sự nhảy vọt của nền khoa học công nghệ, thông tin dự báo, cảnh báo KTTV ngày càng thu hút sự quan tâm, với yêu cầu thông tin ngày càng đa dạng và chi tiết. Vì vậy, các quốc gia trên thế giới đều đặc biệt quan tâm đến đầu tư và phát triển hoạt động KTTV nói chung, và dự báo, cảnh báo KTTV nói riêng. Tuy nhiên, tùy thuộc vào vị trí địa lý, khí hậu, chế độ chính trị, cũng như mục tiêu và yêu cầu cụ thể của từng quốc gia, hoạt động dự báo KTTV (bao gồm khí tượng, thủy văn và hải văn) có thể thuộc quản lý của một tổ chức chung hoặc phân tách ở các tổ chức khác nhau. Cấu trúc tổ chức KTTV ở các quốc gia trên thế giới đa dạng, phản ánh sự đa dạng trong quản lý thông tin KTTV cũng như khả năng ứng phó với tình huống thiên tai khẩn cấp.

Tại Trung Quốc, KTTV được quản lý bởi hai cơ quan riêng biệt là Tổng cục Khí tượng Trung Quốc và Bộ Tài nguyên nước Trung Quốc. Tổng cục Khí tượng Trung Quốc (CMA) thuộc quản lý của Quốc vụ viện và có cấu trúc ngang Bộ, hỗ trợ chính quyền tại các cấp hành chính. Các địa phương tổ chức cơ quan khí tượng theo mô hình quản lý kép, phân thành 3 cấp tương ứng với 3 cấp quản lý hành chính tỉnh, huyện, xã, có sự kết hợp giữa cơ quan khí tượng và chính quyền địa phương. Chính quyền địa phương chịu trách nhiệm quản lý và phát triển ngành khí tượng theo luật. Bộ Tài nguyên nước thực hiện nhiệm vụ thăm dò, quan trắc, và bảo vệ tài nguyên nước, cùng với cảnh báo và phòng chống lũ lụt. Hệ

thống quan trắc thủy văn được đầu tư trên 07 lưu vực sông lớn, trong khi chính quyền địa phương đảm bảo trạm quan trắc cho các sông nhỏ. Mỗi tỉnh có Cục thủy lợi và Trung tâm dự báo, cảnh báo thiên tai được phép phát bản tin dự báo [1].

Tại Nhật Bản, Cơ quan khí tượng Nhật Bản (JMA) là cơ quan quốc gia về KTTV, thuộc quản lý của nhà nước và không cung cấp dịch vụ thương mại KTTV. Hệ thống tổ chức của JMA tại địa phương tương ứng với cấp hành chính, bao gồm 6 Đài khu vực và 47 Đài khí tượng tỉnh. Ngoài ra, JMA đảm nhận trách nhiệm phục vụ hàng không với 4 Trung tâm khí tượng hàng không và 55 chi nhánh tại các sân bay, cùng 4 Trung tâm biển. Đài khí tượng tỉnh phục vụ cho tỉnh và dự báo, cảnh báo tùy thuộc vào quy mô hiện tượng. JMA chịu trách nhiệm cung cấp dịch vụ dự báo lũ, lụt, có sự phối hợp chặt chẽ với cơ quan chính quyền trung ương và địa phương. Các dịch vụ này bao gồm cảnh báo và tư vấn cho 407 sông trên toàn quốc, với hệ thống dự báo lũ lụt cho 289 sông được JMA và Cục quản lý nước và thiên tai (MLIT) phối hợp quản lý, còn 118 sông được JMA và các văn phòng kỹ thuật dân dụng của chính quyền tỉnh quản lý [2].

Tại Hàn Quốc, dự báo, cảnh báo khí tượng được thực hiện ở hai cấp: cấp trên do Cục Dự báo thực hiện, chủ yếu tập trung vào bản tin dự báo bão; cấp dưới được thực hiện bởi 07 Văn phòng khí tượng khu vực và 02 Chi nhánh Văn phòng khí tượng. Đối với dự báo lũ, có 04 Văn phòng quản lý lũ thực hiện theo lưu vực sông khác nhau, bao gồm Văn phòng quản lý lũ sông Hàn, Imjin, Geum và Yeongsan, Nakdong. Mỗi Văn phòng quản lý lũ có trách nhiệm dự báo, quan trắc thủy văn và quản lý thông tin liên quan đến lũ cho các lưu vực sông khác nhau ở khu vực miền trung, nam, đông nam và tây nam Hàn Quốc [3].

Ở Việt Nam, hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV bao gồm hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường; các đơn vị dự báo, cảnh báo theo chức năng nhiệm vụ (thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường và các Bộ, ngành khác) và các tổ chức được cấp có thẩm quyền cấp giấy phép hoạt động.

Đối với hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia: Từ sau khi đất nước thống nhất, mô hình tổ chức hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV vẫn chủ yếu được phân làm 03 cấp: (1) cấp trung ương (Trung tâm dự báo KTTV trung ương) có trách nhiệm dự báo KTTV cho cả nước; (2) Cấp khu vực bao gồm 09 Đài KTTV khu vực thực hiện tiếp nhận, tổng hợp các số liệu và sản phẩm dự báo KTTV liên quan để dự báo cho khu vực và cung cấp các sản phẩm này cho các Đài KTTV tỉnh; (3) Cấp tỉnh (54 Đài KTTV tỉnh) thực hiện dự báo KTTV trong phạm vi tỉnh, trên cơ sở bổ sung các bản tin dự báo nền của Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương và bản tin dự báo của Đài KTTV khu vực.

Từ cuối năm 2017, hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia đã triển khai thực hiện theo 02 cấp: trung ương và địa phương. Cấp trung ương tập trung cung cấp tin thời tiết cho Ban chỉ đạo quốc gia về phòng, chống thiên tai, cơ quan thông tin đại chúng, các bộ, ngành,.... Cấp địa phương, bao gồm Đài KTTV khu vực và Đài KTTV tỉnh, chịu trách nhiệm dự báo, cảnh báo KTTV tại địa bàn, cung cấp thông tin chi tiết cho Tỉnh ủy và Ủy ban Nhân dân tỉnh, Ban Chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn địa phương [4, 5].

Bên cạnh hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia, nhiều tổ chức thực hiện hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV với mục đích chuyên ngành hoặc riêng. Hoạt động dự báo, cảnh báo khí tượng liên quan đến hoạt động bay thuộc quản lý và thực hiện của Bộ Giao thông Vận tải. Các tổ chức khác như Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam thực hiện dự báo mặn, nguồn nước, lũ, và sạt lở Đòng bằng sông Cửu Long theo phân công của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn [6].

Theo quy định của Luật KTTV, Luật Tài nguyên nước, Luật Thủy lợi và Nghị định của Chính phủ về quản lý an toàn đập, hồ chứa nước, chủ sở hữu và các tổ chức liên quan phải thực hiện quan trắc KTTV, tính toán, dự báo lượng nước đến hồ, và cung cấp thông tin cho cơ quan quản lý nhà nước. Đặc biệt, các hồ chứa thủy lợi và thủy điện có dung tích từ ba triệu mét khối trở lên cần tuân thủ quy trình vận hành liên hồ chứa trên các lưu vực sông

ảnh hưởng đến lũ, ngập lụt vùng hạ du. Tất cả đối tượng tham gia công tác dự báo, cảnh báo KTTV đều phải tuân thủ quy trình và quy định chuyên ngành do Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành, được thực hiện theo thẩm quyền của các cấp có thẩm quyền trong ngành. [7–10].

Bên cạnh đó, còn có sự tham gia của các cơ quan, tổ chức đã được Bộ Tài nguyên và Môi trường cấp giấy phép hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV theo quy định tại Luật KTTV và các văn bản hướng dẫn thi hành Luật thực hiện cung cấp các sản phẩm dự báo, cảnh báo KTTV trên phạm vi cả nước cho các mục đích riêng của các đối tượng sử dụng [7, 9, 11]. Đây là các đối tượng tham gia thực hiện dự báo, cảnh báo KTTV theo hình thức xã hội hóa, thương mại hóa hoạt động KTTV và chịu sự quản lý trực tiếp của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Với sự phát triển nhanh chóng của kinh tế - xã hội Việt Nam, nhu cầu thông tin về dự báo, cảnh báo KTTV ngày càng tăng cao từ cộng đồng và các lĩnh vực như nông nghiệp, giao thông, công nghiệp, nuôi trồng thủy sản, du lịch. Yêu cầu về thông tin dự báo, cảnh báo KTTV trong công tác phòng chống thiên tai cũng ngày càng sớm hơn, chi tiết hơn đến từng cấp huyện, xã. Trong các giai đoạn chuẩn bị kế hoạch, ứng cứu, và phục hồi sau thiên tai, thông tin từ ngành KTTV đóng vai trò quan trọng. Luật KTTV đã quy định rõ vai trò của ngành này, bao gồm trách nhiệm cung cấp thông tin thiên tai cho các cơ quan và địa phương liên quan, đồng thời, bản tin dự báo, cảnh báo của hệ thống dự báo quốc gia là nguồn thông tin chính thức trong các hoạt động phòng, chống thiên tai tại Việt Nam [7].

Thứ hai, biến đổi khí hậu đã và đang làm thay đổi khí hậu thời tiết theo hướng phức tạp, khó lường, cùng với sự dâng cao của nước biển chắc chắn sẽ gây ra những tác động to lớn và nghiêm trọng đến sự phát triển kinh tế - xã hội của nước ta vốn phụ thuộc nhiều vào thiên nhiên. Không chỉ những lĩnh vực dễ bị tổn thương và chịu tác động mạnh mẽ nhất của BĐKH như: nông nghiệp, an ninh lương thực, tài nguyên nước, rừng, đa dạng sinh học, quy hoạch các khu dân cư mà hầu như toàn bộ nền kinh tế của đất nước cũng sẽ phải chịu những ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp do những hậu quả của BĐKH gây ra.

Thứ ba, công nghệ dự báo KTTV đã trải qua bốn kỷ nguyên phát triển trong hơn một trăm năm. Kỷ nguyên đầu tiên (1919-1939) sử dụng số liệu quan trắc và kỹ thuật dự báo ngoại suy, tuyến tính. Kỷ nguyên thứ hai (1939-1956) đánh dấu sự gia tăng hiểu biết của nhân loại về vật lý khí quyển và sự hỗ trợ của máy tính. Kỷ nguyên thứ ba (1956-1985) chứng kiến sự xuất hiện của mô hình số trị và thiết bị quan trắc từ xa như vệ tinh. Kỷ nguyên thứ tư (1985-2018) đặc trưng bởi sự phát triển đột phá về công nghệ dự báo số và công quan trắc thế hệ mới.

Kỷ nguyên thứ năm được dự báo sẽ diễn ra trong khoảng 30 năm tới, từ năm 2019 đến năm 2050, được gọi là kỷ nguyên dự báo của các hệ thống thông minh [12]. Dung lượng dữ liệu quan trắc và dự báo trong lĩnh vực khoa học Trái Đất đã có sự gia tăng theo cấp số mũ [13]. Tính đến nay, dữ liệu về ra đa và vệ tinh thời tiết cũng đã tăng theo cấp số nhân. Tuy nhiên, mô hình điện toán đám mây đã không đáp ứng được yêu cầu về kiểm soát và xử lý chất lượng dữ liệu [14]. Do đó, để đảm bảo chất lượng và kiểm soát dữ liệu, phương pháp điện toán đám mây và điện toán biên (*edge*) đã được ứng dụng, giúp ra đa thời tiết trở thành một thiết bị biên với khả năng tính toán và lưu trữ [15].

Trong lĩnh vực dự báo, cảnh báo KTTV, sự ứng dụng của trí tuệ nhân tạo (AI) và các công nghệ khoa học dữ liệu, đặc biệt là học máy và khai thác dữ liệu, đã đưa ra cải tiến đáng kể về độ chính xác và làm thu hẹp khoảng cách giữa dự báo mô hình số và dự báo nghiệp vụ. Việc sử dụng các thuật toán Học máy (*Machine Learning - ML*) và Học sâu (*Deep Learning - DL*) là một quá trình lựa chọn phù hợp cho từng dạng bài toán dự báo KTTV cụ thể [16].

Để tăng cường chất lượng trong công tác dự báo và cảnh báo KTTV, nhiều quốc gia trên thế giới đã chuyển đổi sang tiếp cận liên ngành, đặc biệt là trong lĩnh vực công nghệ thông tin và dữ liệu lớn. Các hệ thống này không chỉ giúp truy cập nhanh chóng đến nguồn

dữ liệu đa dạng mà còn cung cấp thông tin kịp thời về nguy cơ và hệ quả khác nhau trong quá trình dự báo, cảnh báo KTTV. Điều này giúp giảm thiểu rủi ro bỏ sót trong quá trình giám sát dự báo [17].

Hiện nay, công nghệ dự báo chi tiết cho thời tiết điểm đã được nâng lên đến thời hạn 10 ngày với chất lượng tốt hơn nhiều trước đây, tuy nhiên dự báo một số yếu tố như lượng mưa còn rất hạn chế [18]. Khi bước vào kỷ nguyên dự báo thời tiết thứ năm, các kỹ thuật, công cụ hiện nay đã cho phép thực hiện nhiều sự tổng hợp, phân tích dự báo quy mô lớn, do đó Tổ chức Khí tượng thế giới (WMO) đã thúc đẩy các quốc gia chuyển dịch sang phát triển phương pháp dự báo dựa trên tác động.

Kỷ nguyên chuyển sang dự báo thời tiết dựa trên tác động là một phần quan trọng trong sự tiến bộ của khoa học KTTV. Dự báo thời tiết dựa trên tác động đặt dấu ấn sâu sắc trong việc ứng dụng khoa học và công nghệ để cải thiện khả năng dự báo thời tiết và giảm thiểu thiệt hại do thời tiết gây ra. Dự báo dựa trên tác động giúp các cấp lãnh đạo và nhà chức trách bảo vệ cộng đồng tốt hơn, nhất là trong quá trình chuẩn bị, lên kế hoạch, quản lý rủi ro thiên tai và ứng phó khi tình huống xảy ra [17]. Những năm gần đây, tầm quan trọng của việc đưa ra quyết định dựa trên dự báo tác động thời tiết, nhất là bão, lũ, ô nhiễm không khí đối với các hoạt động xã hội cũng tăng lên đáng kể tỉ lệ thuận với sự gia tăng dân số, quá trình đô thị hóa và sự phát triển kinh tế ở khu vực duyên hải ven biển [19]. Đây là một phần quan trọng của nỗ lực của các nhà khoa học và các quốc gia để dự báo và hiểu mô hình thay đổi KTTV trong tương lai. Hiện nay, WMO đã kêu gọi các quốc gia thành viên chuyển đổi sang dự báo dựa trên tác động (IBF). WMO đã xây dựng các tài liệu hướng dẫn triển khai dự báo dựa trên tác động. IBF được WMO đánh giá là một xu hướng dự báo quan trọng và tất yếu trong tương lai [20].

Cuối cùng là sự phát triển mạnh mẽ của Cách mạng công nghiệp 4.0, trí tuệ nhân tạo,...ngày càng lớn thì yêu cầu hiện đại hóa ngành KTTV, bảo đảm công tác dự báo, cảnh báo KTTV nâng cao độ tin cậy, tính kịp thời và đầy đủ nội dung là yêu cầu cấp thiết. Theo các chuyên gia trên thế giới, chuyển đổi số của ngành KTTV có tiềm năng, dư địa rất lớn, chỉ sau lĩnh vực quân sự. Chính vì vậy, hiện đại hóa công nghệ dự báo và truyền, phát tin dự báo KTTV cũng là một trong những nhiệm vụ hàng đầu của ngành KTTV hiện nay, đặc biệt là ứng dụng công nghệ 4.0 [21].

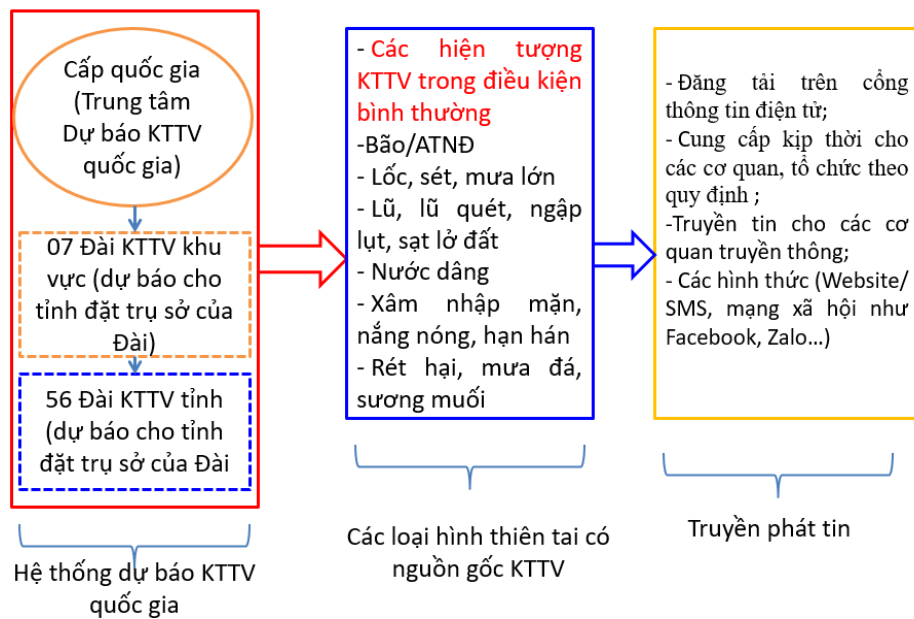
Như vậy, từ tổng quan trên có thể thấy, các cơ quan Chính phủ ở các quốc gia phát triển thường trực tiếp quản lý lĩnh vực KTTV và cung cấp dịch vụ này miễn phí. Trong khi đó, ở các quốc gia đang phát triển, cơ cấu tổ chức KTTV đòi hỏi sự hợp tác giữa nhiều cơ quan khác nhau, bao gồm cả quản lý môi trường, thủy văn và khí tượng. Sự khác nhau trong cơ cấu tổ chức KTTV của mỗi quốc gia phản ánh sự linh hoạt và đáp ứng đa dạng của từng quốc gia đối với thách thức KTTV, tùy thuộc vào tình hình cụ thể và nguồn lực có sẵn, bao gồm cả trình độ và khả năng ứng dụng công nghệ dự báo, cảnh báo KTTV. Mỗi mô hình tổ chức có mặt mạnh và điểm yếu riêng. Xu hướng chung trên thế giới là thực hiện chia sẻ và tích hợp thông tin giữa các lĩnh vực chuyên môn khác nhau để huy động tối đa hóa nguồn vốn đầu tư, nhưng thực tế thực hiện điều này rất khó khăn và đòi hỏi thời gian.

Những thách thức từ BĐKH cùng với sự thay đổi và phát triển của công nghệ dự báo KTTV, đặc biệt là ứng dụng trí tuệ nhân tạo và khoa học dữ liệu đã đặt ra bài toán cần thay đổi cách tiếp cận trong phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV. Việc ứng dụng tiến bộ công nghệ để cung cấp thông tin chi tiết và kịp thời ở quy mô địa phương, từ cấp huyện đến cấp xã, là nhu cầu của thực tế khách quan. Xu hướng sử dụng thông tin ở địa phương và các bộ, ngành trong thực hiện dự báo dựa trên tác động để đáp ứng yêu cầu cụ thể của địa phương đang trở thành một xu thế phục vụ của ngành KTTV trên toàn cầu. Việc đẩy mạnh phân cấp, phân quyền, và tăng cường năng lực cho các cơ quan KTTV cấp tỉnh sẽ nâng cao vai trò và vị thế của Đài KTTV tỉnh trong phục vụ KTTV địa phương, điều này cũng phù hợp với Chiến lược phát triển Ngành KTTV đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 [22, 23].

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu tập trung vào việc phân cấp hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia, đặc biệt là trong bối cảnh có nhiều yếu tố tác động đến các hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV. Nghiên cứu tập trung vào việc phân tích, đánh giá hiện trạng của hệ thống phân cấp dự báo, cảnh báo khí tượng, thủy văn, hải văn từ cấp quốc gia, cấp khu vực và cấp tỉnh ở thời điểm hiện tại. Từ các kết quả thu được, nghiên cứu đề xuất một số giải pháp nhằm tối ưu hóa công tác quản lý nhà nước về dự báo, cảnh báo KTTV, đảm bảo hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV hoạt động thông suốt, hiệu quả.



**Hình 1.** Sơ đồ tổ chức hiện tại của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia, trong đó các đơn vị dự báo đều thực hiện bản tin theo quy định được phân cấp và truyền phát đến các đơn vị thu nhận theo quy định.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Phương pháp chuyên gia

Hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV ngày càng trở nên quan trọng trong bối cảnh thách thức của biến đổi khí hậu và yêu cầu ngày càng cao từ xã hội. Đối mặt với sự phức tạp của tình hình thiên tai, việc đánh giá thực trạng phương án phân cấp hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV là không thể thiếu. Trong quá trình này, vai trò của chuyên gia đóng một phần quan trọng trong việc định hình và đảm bảo chất lượng của nghiên cứu. Chuyên gia KTTV có kiến thức sâu rộng và kinh nghiệm thực tế, đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp thông tin tham khảo và ý kiến chuyên sâu về hiện trạng cũng như những thách thức đặt ra trong hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV. Ý kiến của chuyên gia giúp đảm bảo tính khoa học và thực tế của phương pháp nghiên cứu, đồng thời giúp xác định rõ các yếu tố quyết định trong quá trình phân cấp hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV. Để lấy ý kiến của chuyên gia, nhóm nghiên cứu đã áp dụng quy trình tham vấn kỹ thuật cao, bao gồm các phiếu khảo sát, phỏng vấn chuyên sâu và hội thảo khoa học. Những buổi hội thảo khoa học được tổ chức bằng hình thức trực tiếp và trực tuyến để chia sẻ thông tin, đánh giá ý kiến và thảo luận về các khía cạnh cụ thể của hoạt động phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV. Các kết quả tham vấn được phân tích, tổng hợp để đánh giá được thực trạng, thách thức và đưa ra các giải pháp phù hợp.

### 2.2.2. Phương pháp phân tích, tổng hợp các tài liệu tham khảo

a) Thu thập tài liệu, bao gồm các văn bản pháp luật hiện hành, đặc biệt là quy trình, quy định, phân cấp trách nhiệm, tài liệu hướng dẫn nghiệp vụ dự báo, cảnh báo KTTV; phân tích chức năng, nhiệm vụ của các đơn vị thực hiện dự báo, cảnh báo để đánh giá cơ cấu tổ chức và sự phối hợp trong thực hiện nghiệp vụ của các đơn vị liên quan đến hoạt động KTTV.

b) Tổng hợp các thông tin và dữ liệu thu thập được về việc đánh giá hiện trạng của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV từ các nguồn khác nhau như tham vấn chuyên gia, phiếu khảo sát, hội thảo khoa học. Kết quả thu được dùng để phân tích những ưu điểm và hạn chế trong việc vận hành của hệ thống phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV hiện nay.

c) Dựa trên kết quả phân tích, nhóm nghiên cứu đề xuất các phương án cụ thể để tối ưu hóa hoạt động quản lý dự báo, cảnh báo KTTV trên phạm vi toàn quốc, đảm bảo tính thiết thực và hiệu quả của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV trong việc đối mặt với các thách thức ngày càng phức tạp của biến đổi khí hậu và yêu cầu ngày càng cao của xã hội.

## 3. Kết quả đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp

### 3.1. Thực trạng kết quả phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia

#### 3.1.1. Kết quả đạt được

Với việc tổ chức phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV trong hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia như hiện nay, có thể thấy rõ những ưu điểm của hệ thống này. Trước hết, cấp Trung ương sẽ chịu trách nhiệm tập trung vào các sự kiện thời tiết quy mô lớn, đưa ra bản tin nhận định tổng quan về tình hình KTTV, biến đổi khí hậu và dự báo, cảnh báo thiên tai nguy hiểm, có phạm vi ảnh hưởng liên khu vực, liên quốc gia, đặc biệt là bão, lũ lớn, ... Cấp tỉnh tập trung vào chi tiết hóa thông tin cho địa phương, có khả năng phản ứng linh hoạt, nhanh chóng đối với từng tình huống cụ thể trên khu vực của mình. Mặt khác, các đơn vị dự báo cấp tỉnh có sự hiểu biết sâu rộng về đặc điểm địa lý, xã hội, kinh tế cũng như nhu cầu và đòi hỏi thực tế của cộng đồng, từ đó đưa ra các bản tin và khuyến cáo phù hợp cho địa phương. Trong công tác phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn ở địa phương, hệ thống phân cấp cho phép cấp tỉnh trở thành đầu mối quan trọng trong việc phục vụ Ban Chỉ huy Phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn địa phương. Thông tin dự báo, cảnh báo từ cấp tỉnh có thể được truyền đạt một cách nhanh chóng và chính xác đến Ban Chỉ huy để hỗ trợ quyết định và triển khai kịp thời các biện pháp phòng chống. Bên cạnh việc phục vụ dự báo, cảnh báo cho địa phương, cấp tỉnh còn tham gia vào các chương trình đào tạo nhằm mục đích tăng cường sự hiểu biết về biến đổi khí hậu, rủi ro thiên tai và cách ứng phó, giúp cộng đồng chủ động hơn trong các tình huống thiên tai khẩn cấp.

Hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia với mô hình tổ chức gồm 03 cấp và nguồn nhân lực gần 3000 cán bộ, công chức, viên chức, đã đóng góp tích cực vào công tác điều hành chính sách và phát triển kinh tế - xã hội. Trong những năm gần đây, năng lực của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia đã tiến sát vị trí hàng đầu trong khu vực ASEAN, được WMO đánh giá cao. Tổng cục KTTV của Việt Nam được chọn làm Trung tâm dự báo hỗ trợ khu vực Đông Nam Á về các hiện tượng thời tiết nguy hiểm. Năm 2022, WMO tiếp tục chọn Việt Nam làm Trung tâm dự báo hỗ trợ lũ, lũ quét cho khu vực ASEAN.

#### 3.1.2. Tồn tại, hạn chế

Khó khăn và hạn chế lớn nhất đối với mô hình phân cấp hiện nay ở Việt Nam đó là công tác quản lý nhà nước về hoạt động KTTV không được đảm bảo thống nhất trên phạm vi cả nước. Thực tiễn cho thấy, đối với các công trình hồ chứa, việc khai thác và vận hành hồ đều có ảnh hưởng không nhỏ đến dự báo lũ vùng hạ du cũng như có tác động lớn đến dân sinh kinh tế vùng hạ du khi công trình xả lũ. Theo quy định của Luật KTTV, Luật Tài

nguyên nước, Luật Thủy lợi, Nghị định của Chính phủ về quản lý an toàn đập, hồ chứa nước thì các chủ sở hữu, tổ chức quản lý trực tiếp, chủ đầu tư hoặc tổ chức, cá nhân khai thác hồ chứa phải thực hiện quan trắc KTTV và thực hiện tính toán, dự báo lượng nước đến hồ, khả năng gia tăng mực nước hồ và cung cấp các thông tin về cơ quan quản lý nhà nước ở địa phương và Trung ương. Hiện hoạt động dự báo, cảnh báo tại các hồ chứa chưa được quy định cụ thể phải tuân theo quy trình, quy định nào và do đơn vị nào tổ chức quản lý. Do đó, để đảm bảo thống nhất hoạt động dự báo, cảnh báo trên phạm vi cả nước, với bất kỳ mô hình phân cấp nào thì hoạt động dự báo, cảnh báo của hồ chứa cũng cần thiết phải thực hiện theo quy định chung và chịu sự giám sát của cơ quan quản lý KTTV quốc gia. Còn đối với các hoạt động dự báo chuyên ngành, muốn kết hợp được với dự báo, cảnh báo KTTV phục vụ phòng chống thiên tai và phát triển kinh tế - xã hội nói chung do Bộ Tài nguyên và Môi trường quản lý thì ngành KTTV cần phải đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng của KTTV quốc gia cùng với số liệu và sản phẩm (hệ thống cơ bản), đồng thời phải thiết lập hệ thống tổ chức bộ máy, nhân lực xuyên suốt, thống nhất từ Trung ương đến địa phương. Bởi tính chất, đặc điểm đặc thù cơ bản của hoạt động KTTV là phục vụ thời tiết, khí hậu, thủy văn, hải văn rộng rãi cho cộng đồng và phổ biến tới công chúng nhằm đáp ứng các yêu cầu đối với nhà nước để bảo vệ cuộc sống và tài sản của nhân dân, phục vụ lợi ích công cộng, bảo vệ môi trường và làm nghĩa vụ quốc tế theo Công ước với WMO và các hiệp định quốc tế khác liên quan. Còn dự báo phục vụ chuyên dùng là những dịch vụ nhằm đáp ứng các yêu cầu riêng của người sử dụng, đặc biệt của các cá nhân hoặc lĩnh vực sử dụng có những yêu cầu riêng biệt.

Đối với hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia, công tác phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV đã được triển khai thực hiện nhưng còn lộ một số bất cập. Trong lĩnh vực dự báo khí tượng, việc phân cấp dự báo chi tiết hóa ở các địa phương về bản chất chủ tập trung ở việc đưa ra dự báo chi tiết hơn ở các điểm, chưa tổ chức được công tác dự báo dựa trên tác động một cách thực chất. Trình độ công nghệ, năng lực dự báo của dự báo viên ở các cấp tỉnh còn chưa cao. Có sự chông chéo trong việc ban hành bản tin dự báo, cảnh báo ở một số loại hình thiên tai xảy ra trên quy mô nhỏ, thời gian ngắn như dông, lốc, sét.

Trong lĩnh vực dự báo thủy văn, nhiều lưu vực sông chưa có công nghệ dự báo, cảnh báo đồng bộ, chưa có hệ thống công nghệ giám sát, hỗ trợ dự báo hoàn chỉnh. Sự phát triển mạnh mẽ của các hồ chứa thủy điện, thủy lợi trên các lưu vực sông đã làm thay đổi chế độ dòng chảy, gây ra rất nhiều khó khăn cho công tác dự báo, cảnh báo thủy văn và công tác dự báo phục vụ quy trình vận hành liên hồ chứa. Trong thời gian qua, Tổng cục KTTV đã triển khai kế hoạch dự báo sông theo lưu vực, tuy nhiên việc thực hiện trong nghiệp vụ còn gặp rất nhiều khó khăn do cơ sở hạ tầng kỹ thuật cơ bản chưa đáp ứng đầy đủ năng lực tính toán vận hành mô hình, công nghệ dự báo, cảnh báo thủy văn.

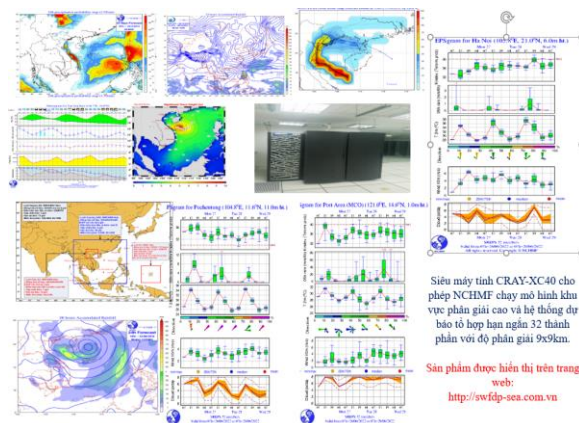
Trong lĩnh vực hải văn, mô hình dự báo sóng hiện chỉ thực sự được vận hành ở cấp Trung ương, có độ phân giải thấp và chỉ sử dụng một nguồn dữ liệu khí tượng, thiếu cập nhật số liệu địa hình và chưa có hệ thống hiển thị sản phẩm dự báo. Sự phụ thuộc vào một mô hình dự báo trong nghiệp vụ thường xuyên bị động và không đồng nhất, đặc biệt là trong trường hợp thời tiết nguy hiểm như bão. Dự báo nước dâng do bão còn hạn chế về độ chi tiết và thời gian. Công tác cứu hộ, cứu nạn đòi hỏi thông tin dự báo thời gian thực, nhưng chất lượng dự báo trên khu vực biển gần bờ còn hạn chế, đặc biệt là về dòng chảy biển. Sự cố và tai nạn trên biển thường xuyên xảy ra do thiếu thông tin dự báo độ tin cậy và chi tiết, đặc biệt là về gió, sóng, và dòng chảy tại khu vực biển gần bờ.

### *3.2. Một số giải pháp về phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV tại hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia*

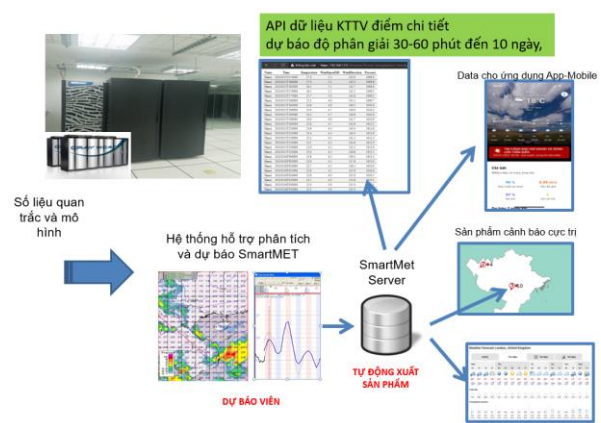
#### *3.2.1. Dự báo khí tượng*

Hiện nay, xu hướng phát triển công nghệ dự báo khí tượng đã có rất nhiều tiến bộ. Hệ thống mô hình dự báo số hiện đại bao gồm các mô hình toàn cầu, mô hình khu vực phân

giải cao, hệ thống siêu máy tính có khả năng thực hiện đồng hóa số liệu quan trắc địa phương đã có thể đưa ra dự báo chi tiết đến bất kỳ vị trí nào trên toàn quốc trong thời hạn 10 ngày (Hình 2a) với độ tin cậy cao. Bên cạnh đó, Tổng cục KTTV đã được đầu tư hệ thống dự báo thông minh Smartmet có thể cho phép dự báo viên hiệu chỉnh thời tiết tại một địa điểm bất kỳ và tự động đưa lên các nền tảng ứng dụng khác nhau (Hình 2b). Do đó, công tác dự báo khí tượng về cơ bản chỉ cần 01 cấp là cấp Trung ương chịu trách nhiệm dự báo, cảnh báo khí tượng cho tất cả các Đài KTTV khu vực, các Đài KTTV tỉnh. Tuy nhiên, khi công nghệ dự báo phát triển, xu hướng dự báo cũng đang chuyển dịch sang dự báo tác động thì các cơ quan dự báo, cảnh báo KTTV ở địa phương lại vô cùng quan trọng và cần thiết. Bởi khi đó, thay vì chỉ cung cấp thông tin về các điều kiện thời tiết đơn thuần thì cơ quan dự báo KTTV tại địa phương sẽ thực hiện dự báo các tác động tiềm ẩn của các hiện tượng thời tiết, thiên tai đối với các hoạt động của con người, đến cơ sở hạ tầng, nền kinh tế - xã hội tại địa điểm, khu vực dự báo. Trong khi đó, các thông tin đầu vào để đảm bảo dự báo tác động này Các thông tin dự báo này chắc chắn sẽ đảm bảo sát thực hơn so với cơ quan dự báo trung ương. Bên cạnh đó, với sự hỗ trợ của các công nghệ dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo, siêu máy tính, mô hình phân giải cao, khi kết hợp với các dữ liệu dự báo tác động như độ phơi lộ, thông tin kinh tế - xã hội ở địa phương sẽ đưa thông tin dự báo đến sát với người dân và các cấp chính quyền địa phương hơn. Đây là các thông tin thực sự rất hữu ích không chỉ đối với các nhà quản lý, các cấp chính quyền mà còn hữu ích đối với từng người dân nhằm thúc đẩy các hành động ứng phó sớm, làm giảm thiệt hại do thiên tai gây ra.



**Hình 2a.** Công nghệ dự báo thời tiết số (NWP) của Tổng cục KTTV.



**Hình 2b.** Hệ thống hiển thị và phân tích khí tượng thông minh - SmartMet.

Có thể nói, dự báo tác động còn rất mới, không chỉ ở Việt Nam mà trên thế giới, do đó các thách thức về dự báo tác động là không ít. Để thực hiện được dự báo tác động đảm bảo độ tin cậy và hiệu quả, bên cạnh việc nâng cao năng lực dự báo thì việc thu thập và chia sẻ các dữ liệu về kinh tế - xã hội, dân cư, y tế, giao thông vận tải... thời gian thực là vô cùng cần thiết. Do đó, cần tiếp tục đẩy mạnh thực hiện phân cấp dự báo khí tượng theo mô hình: trung ương và địa phương, trong đó trọng tâm là các Đài KTTV tỉnh để nâng cao hiệu quả phục vụ, đảm bảo sát thực tiễn và có tính khả thi cao. Về bản chất, sự phân cấp này không làm thay đổi chức năng, nhiệm vụ hay quy mô tổ chức ở các Đài KTTV khu vực, Đài KTTV tỉnh mà sự phân cấp này sẽ chú trọng và phát huy được vai trò của các Đài KTTV cấp tỉnh phục vụ tốt hơn trong thời gian tới (Hình 3).

**b) Dự báo thủy văn**

Những năm gần đây, do tác động của biến đổi khí hậu và sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ, nhiều thiên tai thủy văn xảy ra với cường độ và diễn biến phức tạp, yêu cầu cung cấp thông tin phục vụ phòng chống thiên tai của các cấp, các ngành cũng đòi hỏi ngày càng cao. Đặc biệt, với sự phát triển mạnh mẽ của các hồ chứa thủy điện, thủy lợi đã làm thay đổi chế độ dòng chảy trên các lưu vực sông, nhất là sự điều tiết liên hồ chứa. Bên cạnh đó, đặc điểm địa hình và diễn biến thủy văn trên mỗi lưu vực sông là khác nhau,



do đó, việc dự báo, cảnh báo diễn biến thủy văn trên mỗi lưu vực sông là khác nhau. Ngoài ra, các quá trình thủy văn gây ra lũ lụt là liên tục và có mối liên hệ với nhau trong phạm vi một lưu vực sông. Vì vậy, để đảm bảo không bị chông chéo, phù hợp với yêu cầu cung cấp thông tin phục vụ phòng chống thiên tai các cấp cũng như đảm bảo có sự kết nối, chia sẻ thông tin kịp thời và thống nhất giữa trung ương và địa phương trên toàn lưu vực sông, việc phân cấp công tác dự báo, cảnh báo thủy văn cũng cần có sự đổi mới theo hướng tổ chức các tổ/nhóm dự báo cho từng lưu vực sông. Khi đó, các Đài KTTV tỉnh chủ trì thực hiện công tác dự báo, cảnh báo đối với các lưu vực sông nội tỉnh; Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia và các Đài KTTV khu vực chủ trì thực hiện công tác dự báo, cảnh báo đối với các lưu vực sông liên tỉnh, xuyên biên giới.

Như vậy, đề xuất quan điểm trong việc phân cấp dự báo, cảnh báo thủy văn hiện nay cần được thực hiện như sau: Xây dựng mô hình tổ chức công tác dự báo, cảnh báo thủy văn tập trung theo các lưu vực sông, có sự tham gia, phối hợp, phân công trách nhiệm và thống nhất thông tin giữa các cấp từ trung ương đến địa phương trên toàn lưu vực sông.

Thực hiện phân cấp công tác dự báo, cảnh báo thủy văn đảm bảo không bị chông chéo, phù hợp với yêu cầu cung cấp thông tin phục vụ phòng, chống thiên tai các cấp. Trong đó: Các Đài KTTV (KTTV) tỉnh chủ trì thực hiện công tác dự báo, cảnh báo đối với các lưu vực sông nội tỉnh; Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia và các Đài KTTV khu vực chủ trì thực hiện công tác dự báo, cảnh báo đối với các lưu vực sông liên tỉnh, xuyên biên giới, tương tự như tổ chức mô hình của khí tượng (Hình 3).

Đẩy mạnh việc ứng dụng khoa học công nghệ hiện đại và công nghệ số trong dự báo, cảnh báo thủy văn; hướng đến xây dựng mô hình tính toán dự báo, cảnh báo cho toàn lưu vực, chia sẻ cơ sở dữ liệu, mô hình, kết quả dự báo dùng chung cho các cấp, có tích hợp các mô hình điều tiết liên hồ chứa và thông tin kinh tế - xã hội.

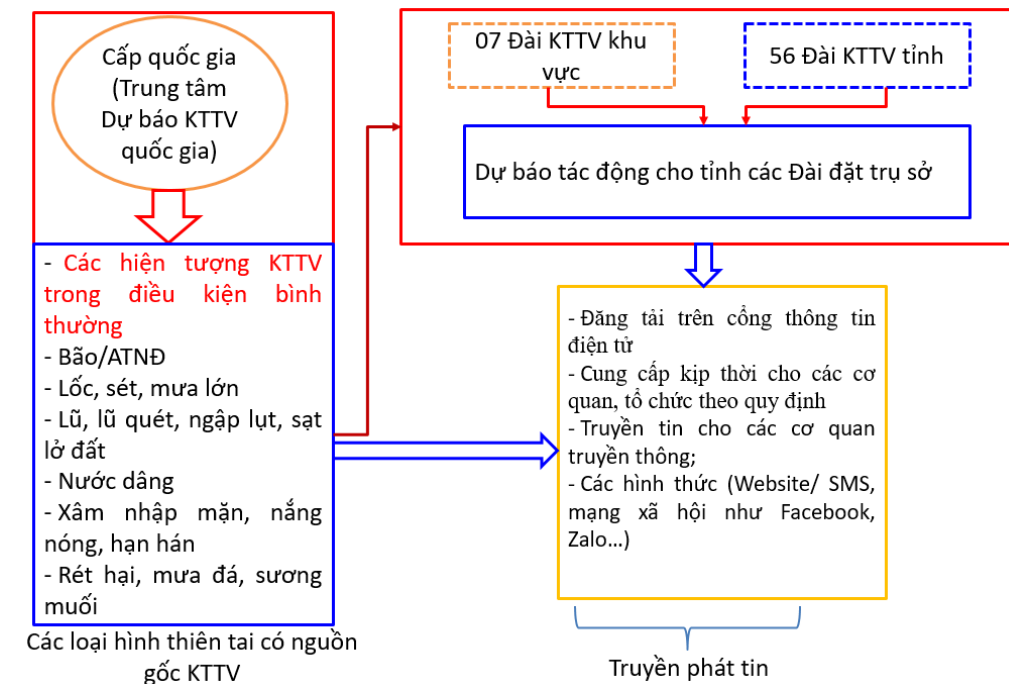
Tăng cường năng lực về cơ sở hạ tầng kỹ thuật, đảm bảo đáp ứng yêu cầu vận hành mô hình, công nghệ dự báo, cảnh báo thời gian thực của các loại mô hình khác nhau. Tăng cường nâng lực để các dự báo viên làm chủ được mô hình, công nghệ dự báo, cảnh báo, đặc biệt là các mô hình, công nghệ mã nguồn mở; có sự luân chuyển dự báo viên giữa các lưu vực sông nhằm nâng cao năng lực và tăng cường phối hợp trong các tình huống thiên tai khẩn cấp.

#### c) Dự báo hải văn

Việt Nam có đường bờ biển dài với vùng biển chủ quyền rộng lớn nên công tác dự báo biển có vai trò rất quan trọng, góp phần chủ động phòng, chống, giảm nhẹ rủi ro thiên tai trên biển, đảm bảo sinh kế của người dân vùng ven biển một cách bền vững và góp phần phát triển kinh tế biển xanh. Vì vậy, về cơ bản, công tác dự báo biển vẫn chủ yếu do cấp trung ương (Trung tâm dự báo KTTV quốc gia) thực hiện.

Trong những năm gần đây, công tác dự báo, cảnh báo biển đã có những bước tiến mới, thực hiện dự báo, cảnh báo cho tất cả các yếu tố hải văn theo quy định, cụ thể gồm: thủy triều, sóng biển, dòng chảy biển, nước dâng do bão và do gió mùa. Ngoài ra, thời hạn dự báo biển cũng đã được tăng lên như: Sóng biển, dòng chảy biển dự báo đến 10 ngày, nước dâng do bão và gió mùa dự báo trước 3 ngày, thủy triều và cảnh báo triều cường được thực hiện chi tiết trên các trạm khí tượng hải văn ven biển, hải đảo và các vị trí trọng điểm (cửa sông, cảng, khu kinh tế trọng điểm ven biển). Những thông tin dự báo sớm đã được gửi tới Ban chỉ đạo quốc gia về phòng, chống thiên tai và các bộ, ngành, địa phương để có sự phối hợp, chỉ đạo kịp thời; đồng thời những thông tin này cũng rất hữu ích giúp chính quyền và ngư dân các địa phương ven biển trong việc chủ động theo dõi, ứng phó và đảm bảo an toàn trong hoạt động đánh bắt, nuôi trồng thủy hải sản, đảm bảo phát triển kinh tế và góp phần bảo vệ chủ quyền quốc gia trên biển. Để đảm bảo đáp ứng yêu cầu công tác dự báo biển, nhất là dự báo phục vụ cho các ngành, nghề khai thác biển như: đánh bắt hải sản, dầu khí, năng lượng tái tạo biển,... hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia cũng đã thực hiện

phân cấp thêm cho các Đài KTTV khu vực có biển tham gia công tác dự báo tại các vùng biển thuộc phạm vi quản lý (Hình 3).



**Hình 3.** Đề xuất sơ đồ tổ chức của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia, trong đó các Đài KTTV tỉnh sẽ tập trung dự báo dựa trên tác động

Tuy nhiên, trong bối cảnh biến đổi khí hậu, nhiều hiện tượng hải văn nguy hiểm hiện vẫn chưa xác định được nguyên nhân, hệ thống quan trắc trên biển thưa, thiết bị quan trắc chưa hiện đại, năng lực tính toán nhất là dự báo chi tiết cho các khu vực trọng điểm còn hạn chế,... do đó việc phân cấp dự báo biển cho các Đài KTTV tỉnh cần phải có thời gian để triển khai thực hiện khi các giải pháp nâng cao chất lượng dự báo biển được triển khai đồng bộ, hiệu quả.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Thứ nhất, công tác quản lý nhà nước đối với hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV chưa được đảm bảo thống nhất trên phạm vi cả nước, đặc biệt là trong công tác dự báo tại các hồ chứa và dự báo chuyên ngành. Trong khi đó, quy định về hoạt động dự báo, cảnh báo tại các hồ chứa chưa rõ ràng và chưa được quy định cụ thể. Do vậy cần thiết lập quy trình và quy định cụ thể về hoạt động dự báo, cảnh báo tại các hồ chứa, đảm bảo tuân thủ theo quy định chung và được giám sát chặt chẽ từ cơ quan quản lý KTTV quốc gia.

Thứ hai, trong lĩnh vực dự báo, cảnh báo khí tượng, hải văn, sự tiến bộ nhanh chóng của công nghệ quan trắc và dự báo trong kỷ nguyên số, dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo,... cũng như tính chất liên thông về không gian của hai lĩnh vực này đã đặt ra yêu cầu cần đẩy mạnh vai trò của Trung Tâm Dự báo KTTV quốc gia trong việc cung cấp toàn bộ thông tin dự báo, cảnh báo khí tượng, hải văn chi tiết trên toàn quốc.

Mô hình dự báo thời tiết ngày nay đang chuyển từ dự báo đơn thuần sang dự báo dựa trên tác động, tập trung vào ảnh hưởng của thời tiết và thiên tai đối với con người và xã hội đặt ra yêu cầu đẩy mạnh vai trò của các Đài KTTV tỉnh trong công tác dự báo dựa trên tác động và thu thập, chia sẻ dữ liệu thời gian thực giữa cơ quan khí tượng với các bộ, ngành và địa phương để cung cấp thông tin dự báo theo nhu cầu thực tế của địa phương.

Thứ ba, trong lĩnh vực dự báo, cảnh báo thủy văn, với sự gia tăng phức tạp của thiên tai thủy văn và biến đổi chế độ dòng chảy do các dự án thủy điện, thủy lợi, việc cung cấp thông tin dự báo chi tiết và cập nhật đến từng lưu vực sông trở nên ngày càng quan trọng.

Trong thời gian tới, phải đẩy mạnh tổ chức các nhóm dự báo cho từng lưu vực sông, đẩy mạnh vai trò chủ đạo của Đài KTTV tỉnh trong việc thực hiện dự báo, cảnh báo đối với lưu vực sông nội tỉnh là cấp thiết. Việc phân cấp này không chỉ tăng cường khả năng dự báo sát thực tế mà còn giúp duy trì sự kết nối giữa các cấp dự báo, từ trung ương đến địa phương, thông qua việc chia sẻ thông tin giữa Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia và Đài KTTV tỉnh. Mặt khác, cần phát triển, hoàn thiện hệ thống công nghệ dự báo, cảnh báo thủy văn dùng chung cho các lưu vực sông (công nghệ cảnh báo sớm đa thiên tai, dự báo tác động, ảnh hưởng đến sự phát triển kinh tế - xã hội...) có tính liên thông, đồng bộ từ Trung ương đến địa phương.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.Đ.L., T.Q.N.; Xử lý số liệu: N.T.T.L.; Viết bản thảo bài báo: V.Đ.L., N.T.T.L.; Chỉnh sửa bài báo: T.Q.N.

**Lời cảm ơn:** Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của nhiệm vụ: “Nghiên cứu cơ sở lý luận và thực tiễn đề xuất hoàn thiện các quy định pháp luật về dự báo, cảnh báo KTTV phục vụ quản lý nhà nước”, mã số: TNMT.01.28 thuộc Chương trình khoa học và công nghệ trọng điểm cấp bộ “Nghiên cứu cơ sở lý luận và thực tiễn phục vụ xây dựng, hoàn thiện chính sách, pháp luật về tài nguyên và môi trường giai đoạn 2021-2025”, mã số chương trình: TNMT.01/21-25.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

#### **Tài liệu tham khảo**

1. Trục tuyến: <https://www.cma.gov.cn>.
2. Trục tuyến: <https://www.jma.go.jp/jma/en/Background/organization.html>
3. Trục tuyến: <https://www.kma.go.kr/eng/aboutkma/organization.jsp>.
4. Quyết định số 1970/QĐ-TTg ngày 23 tháng 11 năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ quy định Chiến lược phát triển Ngành KTTV đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.
5. Quyết định số 427/QĐ-TCKTTV ngày 27 tháng 12 năm 2022 của Tổng cục KTTV ban hành Kế hoạch phát triển công tác dự báo, cảnh báo thủy văn.
6. Trục tuyến: <https://www.siwwrr.org.vn>
7. Luật KTTV số 90/2015/QH13.
8. Luật Tài nguyên nước số 17/2012/QH13.
9. Luật Thủy lợi số 08/2017/QH14.
10. Nghị định số 114/2018/NĐ-CP ngày 04/9/2018 của Chính phủ về quản lý an toàn đập, hồ chứa.
11. Nghị định số 48/2020/NĐ-CP ngày 15/4/2020 sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 38/2016/NĐ-CP ngày 15/5/2016 của Chính phủ quy định một số điều của Luật KTTV.
12. Gilbert Brunet: Advancing Weather and Climate Forecasting for Our Changing World. Bulletin of the American Meteorological Society 104 DOI:10.1175/BAMS-D-21-0262.1
13. Sugumaran, R.; Burnett, J.; Armstrong, M.P. Using a cloud computing environment to process large 3D spa- tial datasets. In H. Karimi, ed., Big Data: Techniques and Technologies in Geoinformatics, CRC Press, Boca Raton, FL, 2014, pp. 53–65.
14. Zhangwei, W.; Hao, C.; Han, W. Research on improving detection capability of small and medium scales based on dual polarization weather radar. Proceeding of the 2019 international conference on meteorology observations (ICMO), 2019, pp. 1–7.

15. Ramamurthy, M. Geoscience cyberinfrastructure in the cloud: Data-proximate computing to address big data and open science challenges. *Proceeding of the 2017 IEEE 13th international conference on e-science (e-science)*, 2017, pp. 444–445.
16. Chen, R.; Zhang, W.; Wang, X. Machine learning in tropical cyclone forecast modeling: A review. *Atmosphere* **2020**, *11*, 676. <https://doi.org/10.3390/atmos11070676>.
17. Trục tuyến: <http://vnmha.gov.vn/chi-dao-dieu-hanh-103/du-bao-dua-tren-tac-dong-phuc-vu-phat-trien-ben-vung-14267.html>
18. Majumdar, S.J.; Coauthors. Multiscale forecasting of high-impact weather: Current status and future challenges. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* **2021**, *102*, E635–E659, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0111.1>.
19. Balmaseda, M.; Coauthors. NOAA-DOE Precipitation Processes and Predictability Workshop report. NOAA Tech. Rep. OAR CPO-9, 2020, pp. 48.
20. WMO. Guidelines on Multi-Hazard Impact-Based Forecast and Warning Services - Part II: Putting Multi-Hazard IBFWS into Practice. 2021.
21. Trục tuyến: <https://monre.gov.vn/Pages/ung-dung-khi-tue-nhan-tao-trong-hoat-dong-tac-nghiep-ve-khi-tuong-thuy-van.aspx>
22. Chỉ thị số 10-CT/TW của Ban Bí thư về tăng cường sự lãnh đạo của Đảng đối với công tác KTTV đáp ứng yêu cầu xây dựng và bảo vệ Tổ quốc.
23. Quyết định số 1970/QĐ-TTg ngày 23 tháng 11 năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ quy định Chiến lược phát triển Ngành KTTV đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

## The current status and solutions in the hierarchical classification of meteorological-hydrological forecasting and warning activities

Nguyen Thi Thu Loan<sup>1\*</sup>, Vu Duc Long<sup>1</sup>, Tran Quang Nang<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Hydro-Meteorological Forecasting Management, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; [loanthunguyen268@gmail.com](mailto:loanthunguyen268@gmail.com); [longkttv@gmail.com](mailto:longkttv@gmail.com); [trannang030984@gmail.com](mailto:trannang030984@gmail.com)

**Abstract:** In recent years, the forecasting and warning efforts of the Vietnam Meteorological and Hydrological Administration (VNMHA) have made significant progress, partially meeting the growing societal demands. However, with the rapidly changing climate and advancements in meteorological technology, along with the evolving needs of various economic and social sectors, new requirements for organizing forecasting and warning activities in line with the actual situation have emerged. This article employs statistical methods, analysis, synthesis, and expert opinions to analyze the current situation and issues in the hierarchical structure of meteorological forecasting and warning operations. Subsequently, it proposes several hierarchical solutions to enhance the effectiveness of meteorological forecasting and warning activities. The research results provide an important foundation for hierarchical organizational management of forecasting and warning activities, aiming to improve efficiency and leverage the position and role of the meteorological sector in this new era.

**Keywords:** Management of Hydro-Meteorological; Hierarchical forecasting.