

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

Theo IPCC (2007) [163], *biến đổi khí hậu* (BĐKH) là sự biến đổi về trạng thái của hệ thống khí hậu, có thể được nhận biết qua sự biến đổi về trung bình và sự biến động của các thuộc tính của nó, được duy trì trong một thời gian đủ dài, điển hình là hàng thập kỷ hoặc dài hơn. BĐKH có thể do các quá trình tự nhiên bên trong hệ thống khí hậu, hoặc do những tác động từ bên ngoài, hoặc do tác động thường xuyên của con người làm thay đổi thành phần cấu tạo của khí quyển hoặc sử dụng đất.

Hiện nay khái niệm “biến đổi khí hậu” và sự nóng lên toàn cầu không còn xa lạ nữa, ngược lại nó được nhìn nhận như là sự tiềm ẩn của nhiều nguy cơ do hậu quả tác động của nó. Nhiệt độ toàn cầu gia tăng cùng với sự thay đổi trong phân bố năng lượng trên bề mặt Trái đất và bầu khí quyển đã dẫn đến sự biến đổi của các hệ thống hoàn lưu khí quyển và đại dương mà hậu quả của nó là sự biến đổi của các cực trị thời tiết và khí hậu. Nhiều bằng chứng đã chứng tỏ rằng, thiên tai và các hiện tượng cực đoan có nguồn gốc khí tượng ngày càng gia tăng ở nhiều vùng trên Trái đất mà nguyên nhân của nó là do sự biến đổi bất thường của các hiện tượng thời tiết, khí hậu cực đoan. Điều đó đã thu hút sự quan tâm nghiên cứu của cộng đồng các nhà khoa học trên thế giới. Một cách tương đối có thể phân chia các công trình nghiên cứu này thành ba hướng: 1) Nghiên cứu xu thế biến đổi và tính biến động của các hiện tượng thời tiết và khí hậu cực đoan trong mối liên hệ với sự biến đổi khí hậu dựa trên số liệu quan trắc từ mạng lưới trạm khí tượng; 2) Nghiên cứu ứng dụng các mô hình khí hậu toàn cầu và khu vực để mô phỏng khí hậu hiện tại, qua đó đánh giá khả năng nắm bắt các hiện tượng khí hậu cực đoan của các mô hình; và 3) Nghiên cứu dự báo hạn mùa (seasonal forecasting) và dự tính (projection) khả năng xuất hiện các hiện tượng khí hậu cực đoan trong tương lai với các qui mô thời gian khác nhau.

Trong chương này sẽ đề cập đến các vấn đề trên đúc rút được từ những công trình nghiên cứu trong nước và trên thế giới.

1.1 Bằng chứng về sự biến đổi của các hiện tượng khí hậu cực đoan

Bằng chứng về sự biến đổi của các hiện tượng thời tiết, khí hậu cực đoan đã được nghiên cứu khá nhiều dựa trên số liệu quan trắc lịch sử. Theo IPCC (2007), hậu quả của sự nóng lên toàn cầu là nhiệt độ không khí trung bình toàn cầu đã tăng lên, đặc biệt từ sau năm 1950. Tính trên chuỗi số liệu 1906–2005 nhiệt độ không khí trung bình toàn cầu tăng $0.74 \pm 0.18^\circ\text{C}$. Các năm 2005 và 1998 là những năm nóng nhất kể từ 1850 đến nay. Nhiệt độ năm 1998 tăng lên được xem là do hiện tượng El Nino 1997–1998, nhưng dị thường nhiệt độ lớn nhất lại xảy ra vào năm 2005. Trong 12 năm gần đây, từ 1995–2006, có 11 năm, trừ 1996, là *những năm nóng nhất* kể từ 1850. Biến đổi của các cực trị nhiệt độ nhìn chung *phù hợp* với sự nóng lên toàn cầu.

Xét trên qui mô toàn cầu, số ngày đông giá giảm đi ở hầu khắp các vùng vĩ độ trung bình, số ngày cực nóng (10% số ngày hoặc đêm nóng nhất) tăng lên và số ngày cực lạnh (10% số ngày hoặc đêm lạnh nhất) giảm đi. Nhiều bằng chứng đã chứng tỏ tần suất và thời gian hoạt động của sóng nóng tăng lên ở nhiều địa phương khác nhau, nhất là thời kỳ đầu của nửa cuối thế kỷ 20. Tồn tại sự tương quan chặt chẽ giữa những ngày khô hạn và nền nhiệt độ mùa hè cao trên các vùng lục địa nhiệt đới. Các sự kiện mưa lớn tăng lên ở nhiều vùng lục địa từ khoảng sau 1950, thậm chí ở cả những nơi có tổng lượng mưa giảm. Người ta đã quan trắc thấy những trận mưa kỷ lục hiếm thấy (1

lần trong 50 năm). Hiện tượng ENSO và tính dao động thập kỷ được cho là nguyên nhân gây nên sự biến động trong số lượng xoáy thuận nhiệt đới, dẫn đến sự phân bố lại số lượng và quỹ đạo của chúng. Chẳng hạn, trong thời kỳ 1995–2005 (11 năm) có 9 năm trong đó số lượng bão ở Bắc Đại Tây dương đã vượt quá chuẩn (so với thời kỳ 1981–2000). Hạn hán nặng hơn và kéo dài hơn đã được quan trắc thấy trên nhiều vùng khác nhau với phạm vi rộng lớn hơn, đặc biệt ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới từ sau những năm 1970. Nền nhiệt độ cao và giáng thủy giảm trên các vùng lục địa là một trong những nguyên nhân của hiện tượng này.

Ở qui mô địa phương và khu vực, hầu hết các công trình nghiên cứu tập trung phân tích xu thế biến đổi của các đặc trưng cực trị khí hậu trong phạm vi quốc gia hoặc vùng lãnh thổ trong mối quan hệ với biến đổi khí hậu toàn cầu. Nguồn số liệu được sử dụng cũng rất đa dạng, chẳng hạn số liệu quan trắc hàng ngày (Xu Ying và CS, 2009) [345] hoặc từng 6 giờ một (Hu Yichang và CS, 2009) [155] được phân tích về lưới điều hòa kinh-vĩ, hoặc số liệu quan trắc trên mạng lưới trạm khí tượng. Nói chung, khi nghiên cứu sự biến đổi của các hiện tượng khí hậu cực đoan, ngoài các nguồn số liệu địa phương được khai thác từ mạng lưới trạm quan trắc, các tập số liệu phân tích và tái phân tích về nhiệt độ mặt nước biển (SST) và các trường khí quyển thường được sử dụng.

Mặc dù rất khó khăn để đánh giá sự biến đổi và xu thế của những cực trị khí hậu, Kattenberg và CS (1996) [176] đã kết luận rằng xu thế ấm lên sẽ dẫn đến làm tăng những hiện tượng liên quan đến nhiệt độ cao trong thời kỳ mùa hè và làm giảm những hiện tượng liên quan đến nhiệt độ thấp trong những ngày mùa đông. Tuy nhiên, sự tăng lên của các cực trị nhiệt độ là khác nhau đối với từng khu vực. Bonsal và CS (2001) [45] đã phân tích sự biến đổi theo không gian và thời gian của nhiệt độ cực trị ở Canada trong thời kỳ 1950-1998 và thấy rằng có sự khác biệt lớn giữa các khu vực và theo mùa. Những khác biệt theo mùa trong biến đổi của cực trị nhiệt độ cho thấy trong 105 năm (1897-2001) nhiệt độ không khí bề mặt của trạm quan trắc quốc gia Athens thể hiện xu thế tăng những năm ấm hơn trong đó thời kỳ mùa hè và mùa xuân thì ấm lên nhiều hơn so với thời kỳ mùa đông (Founda, 2004) [98]. Tần suất xuất hiện của những ngày nóng và những ngày lạnh cũng có xu hướng biến đổi khác nhau. Manton và CS (2001) [229] đã chỉ ra rằng có sự tăng lên đáng kể của những ngày nóng và đêm ấm và giảm đi đáng kể của những ngày lạnh và đêm lạnh kể từ năm 1961 trên khu vực Nam Á và Nam Thái Bình Dương. Tuy nhiên, những phân tích về xu thế của các hiện tượng thời tiết cực nóng hoặc cực lạnh trong thế kỷ 20 ở Hoa Kỳ lại cho thấy không có sự biến đổi đáng kể cả về tần suất hoặc cường độ (Kunkel, 1999 [191]; Nasrallah, 2004) [245]. Zhai và Pan (2003) [355] đã nghiên cứu sự biến đổi về tần suất của những hiện tượng nhiệt độ cực trị ở Trung Quốc dựa trên số liệu nhiệt độ không khí bề mặt ngày của khoảng 200 trạm quan trắc trong thời kỳ 1951-1999, kết quả cho thấy số ngày nóng (trên 35°C) có xu thế giảm nhẹ, trong khi đó số ngày sương giá (dưới 0°C) có sự giảm đáng kể. Tần số của những ngày và đêm ấm tăng lên và tần số của những ngày và đêm mát giảm đi ở Trung Quốc. Từ việc phân tích các chuỗi nhiệt độ ngày dài nhất có thể có ở Châu Âu và Trung Quốc, Yan và CS (2002) [347] đã xác định được ba giai đoạn biến đổi của cực trị nhiệt độ, đó là: giảm những cực trị ấm trước những năm cuối của thế kỷ 19, giảm những cực trị lạnh sau đó và tăng những cực trị ấm kể từ những năm 1960. Phân tích số liệu nhiệt độ trung bình và cực trị trung bình trong ngày, Toreti A. và Desiato F. (2008) [314] đã sử dụng số liệu từ 49 trạm quan trắc ở Italia

trong giai đoạn 1961-2004. Kết quả cho thấy, xu thế âm xảy ra trong thời kỳ từ 1961-1981; ngược lại, xu thế dương xảy ra rõ rệt trong thời kỳ 1981-2004, còn biên độ nhiệt độ trung bình ngày thì tăng lên trong toàn bộ thời kỳ. Để phân tích những biến đổi theo không gian và thời gian của nhiệt độ trung bình và cực trị ngày, Bulygina O. N. và CS (2007) [53] đã sử dụng số liệu nhiệt độ ngày từ trên 530 trạm ở Nga trong thời gian từ năm 1951-2005. Nghiên cứu cho thấy, tổng số ngày trong từng mùa có nhiệt độ cực đại cao hơn phân vị thứ 95 đã tăng lên, còn số ngày có nhiệt độ cực tiểu nhỏ hơn phân vị thứ 5 đã giảm trên hầu hết các vùng của Nga. Số ngày có nhiệt độ cao dị thường cũng có xu thế giảm. Nhưng ở một số vùng riêng biệt, số ngày có biên độ dao động nhiệt độ ngày lớn lại có xu thế tăng lên.

Yếu tố được tập trung nghiên cứu nhiều sau nhiệt độ là giáng thủy hoặc lượng mưa. Giáng thủy là một đại lượng rất quan trọng vì sự biến đổi của những hình thể giáng thủy có thể dẫn đến lũ lụt hoặc hạn hán ở những vùng khác nhau. Chính vì vậy, thông tin về sự biến đổi giáng thủy theo không gian cũng như theo thời gian là rất cần thiết không chỉ mang ý nghĩa khoa học mà còn có ý nghĩa thực tiễn rất lớn. Trên thế giới, những nghiên cứu này được thực hiện với nhiều thời kỳ khác nhau và với các qui mô không gian khác nhau: qui mô toàn cầu (Diaz, 1989) [80], qui mô bán cầu (Bradley, 1987) [48], qui mô khu vực (Schoenwiese, 1990, 1994 [281,280]; Piervitali và CS, 1998 [262]) và qui mô địa phương (Busuic và von Storch, 1996 [54]; Baeriswyl, 1997 [25]). Schoenwiese và CS (1994) [280], và Schoenwiese và Rapp (1997) [279] đã đưa ra một nghiên cứu khái quát về sự biến đổi mùa của xu thế giáng thủy ở một số nước Châu Âu trong thời kỳ 1961-1990 và 1891-1990. Từ năm 1961-1990 là xu thế tăng lên của giáng thủy vào mùa xuân ở phía bắc nước Ý và xu thế giảm vào mùa thu ở phía nam Châu Âu, trong khi đó đối với thời kỳ 1891-1990 lại quan trắc được một xu thế khí hậu khô hơn ở một vài vùng trên khu vực Địa Trung Hải. Nghiên cứu của Piervitali và CS (1998) [262] cho thấy một xu thế giảm lượng giáng thủy năm ở vùng trung tâm của phía tây Địa Trung Hải trong thời kỳ 1951-1995. Một vài nghiên cứu về sự biến đổi dài hạn của lượng giáng thủy năm trung bình ở phía tây bắc Trung Quốc (Shi và CS, 2003) [288] và lượng giáng thủy mùa hè (tháng 6, 7 và 8) ở vùng phía đông Trung Quốc được thực hiện trong những năm gần đây (Weng và CS, 1999 [333]; Gong và Ho, 2002 [131]). Những nghiên cứu này đã cho thấy sự tồn tại của biến đổi thập kỷ của giáng thủy và chỉ ra một số cơ chế liên quan tới sự biến đổi của hoàn lưu qui mô lớn trong hệ thống gió mùa mùa hè Đông Á (Fu và CS, 2004 [102]; Huang và CS, 2004 [157]; Li và CS, 2004 [209]; Wang và CS, 2004b [328]; Yang và Lau, 2004 [348]). Sự biến đổi của hoàn lưu qui mô lớn có thể ảnh hưởng tới hoạt động của đối lưu do đó qui định cường độ và tần suất của những hiện tượng mưa. Theo Qian và Lin (2005) [265], xu thế giảm về cường độ và tần suất giáng thủy thể hiện từ vùng đông bắc Trung Quốc đến vùng phía bắc Trung Quốc và vùng thượng lưu của thung lũng sông Dương Tử, tuy nhiên xu thế tăng lên ở vùng Xinjiang và Đông Nam Trung Quốc. Các hình thể giáng thủy khu vực này gây ra chủ yếu bởi các hình thể không gian của những hệ thống hoàn lưu qui mô lớn ở qui mô thời gian từ mùa đến năm.

Sử dụng các chuỗi số liệu quan trắc Easterling D.R. và CS (2000) [89] đã phân tích và phát hiện những cực đoan của nhiệt độ, lượng mưa, hiện tượng hạn hán, bão và xoáy thuận nhiệt đới ở các vùng khác nhau thuộc lãnh thổ Hoa Kỳ thông qua việc khảo sát các chỉ số khí hậu cực đoan. Còn Thomas R. Karl và CS (1996) [311] lại đưa ra những kết quả định lượng hóa sự biến đổi khí hậu ở Hoa Kỳ thông qua việc xây dựng

và phân tích hai chỉ số biến đổi khí hậu, chỉ số cực đoan khí hậu (CEI – Climate Extremes Index) và chỉ số phản ứng lại khí hậu nhà kính ở Hoa Kỳ (GCRI – U.S. Greenhouse Climate Response Index). Chỉ số CEI dựa trên việc kết hợp các chỉ số cực đoan khí hậu thông thường, còn chỉ số GCRI được tạo ra từ các chỉ số đo sự biến đổi của khí hậu Hoa Kỳ được dự đoán sẽ xuất hiện do sự tăng lượng phát thải khí nhà kính. Chỉ số CEI cho thấy khí hậu Hoa Kỳ trở nên cực đoan hơn trong những thập kỷ gần đây. Các tác giả cho rằng chưa đủ bằng chứng để nói rằng cường độ và độ kéo dài của các hiện tượng cực đoan không tăng lên. Nếu các tác động do các hiện tượng cực đoan tăng theo các chỉ số theo qui luật hàm mũ, thì việc cảm nhận sự tăng lên của các hiện tượng cực đoan là hoàn toàn đáng kể. Sự tăng lên của GCRI trong thế kỷ 20 là phù hợp với dấu hiệu nhận thấy của sự biến đổi các hiện tượng này do tăng hiệu ứng nhà kính. Xu thế của chuỗi số liệu nhiệt độ và lượng mưa cực trị thời kỳ 1961–1998 cho khu vực Đông Nam Á và Nam Thái Bình dương đã được Manton và CS (2001) [229] phân tích, đánh giá. Việc chọn số liệu giai đoạn 38 năm này là để tối ưu hóa số liệu sẵn có giữa các vùng trong khu vực. Sử dụng số liệu chất lượng tốt từ 91 trạm của 15 nước, các tác giả đã phát hiện được sự tăng đáng kể của số ngày nóng và đêm ấm trong năm, và sự giảm đáng kể số ngày lạnh và đêm lạnh trong năm. Những xu thế này trong chuỗi nhiệt độ cực trị là khá ổn định trong khu vực. Số ngày mưa (với ít nhất 2mm/ngày) giảm đáng kể trên toàn Đông Nam Á và tây và trung tâm Nam Thái Bình dương, nhưng tăng ở phía bắc quần đảo Polynesia thuộc Pháp ở Fiji, và ở một vài trạm thuộc Australia.

Bên cạnh những nghiên cứu về sự biến đổi của nhiệt độ cực trị và lượng mưa, một vài nghiên cứu cho các yếu tố khác như gió cũng được quan tâm. Chẳng hạn, để xem xét biến đổi của trường khí áp bề mặt trên Đại lục Châu Âu, Tar và CS (2001) [310] đã nghiên cứu sự biến đổi của trường gió trên lãnh thổ Hungary dựa trên chuỗi số liệu tốc độ gió từng giờ trong thời gian từ năm 1968 đến 1972 và từ 1991 đến 1995 của 3 trạm trên lãnh thổ. Kết quả phân tích độ lệch chuẩn của tốc độ gió cho thấy, tốc độ gió trong mùa hè đã giảm, đặc biệt giảm mạnh hơn trong tháng 7. Ngoài ra, nghiên cứu biến đổi của tốc độ gió trong ngày và năm trên lãnh thổ Trung Quốc, Ying Jiang và CS (2009) [351] đã sử dụng số liệu từ 353 trạm phân bố đồng đều trên cả nước trong thời kỳ từ 1956-2004. Kết quả cho thấy, tốc độ gió trung bình năm, V_x và số ngày có tốc độ gió mạnh đều có xu thế giảm trên những vùng đồng bằng rộng lớn của Trung Quốc. Điều này có thể được lý giải bởi quá trình đô thị hoá, sự thay đổi của những thiết bị đo gió,... Song theo các tác giả, sự nóng lên toàn cầu là nguyên nhân chính dẫn đến tốc độ gió giảm. Biến đổi khí hậu dẫn đến sự tương phản của nhiệt độ giữa bề mặt lục địa Châu Á và biển Thái Bình Dương ngày càng giảm; rãnh Đông Á cũng trở lên yếu hơn khi dịch chuyển về phía đông và lên phía phía bắc; gió mùa Đông Á trong cả mùa đông và mùa hè cũng đang suy giảm. Tuy nhiên, cường độ và số ngày gió nhẹ lại tăng lên.

Hoạt động của xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ), bão cũng được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Trên thế giới đã có rất nhiều công trình đề cập đến sự biến đổi hoạt động cũng như cường độ của bão ở các vùng đại dương khác nhau. Landsea và CS (1999) [196] đã xem xét xu thế biến đổi trong năm và trong nhiều thập kỷ của bão ở vùng Đại Tây Dương và bão đổ bộ vào Hoa Kỳ. Kết quả cho thấy hoạt động của bão thể hiện xu thế tuyến tính yếu trong khi đó sự biến đổi đa thập kỷ thể hiện rõ nét hơn ở khu vực này. Các nhân tố môi trường khác nhau như áp suất mực biển vùng Caribe và

gió vĩ hướng mực 200mb, dao động tựa hai năm tầng bình lưu (QBO), chỉ số El Niño-dao động nam (SOI), mưa vùng Sahara ở Tây Phi và nhiệt độ bề mặt biển Đại Tây Dương được sử dụng để phân tích mối liên hệ giữa sự biến đổi trong năm với hoạt động của bão ở vùng Đại Tây Dương. Kết quả nhận được đã chứng tỏ tồn tại những mối quan hệ đồng thời và rõ nét giữa các nhân tố môi trường nói trên với tần số, cường độ và thời gian hoạt động của bão ở vùng Đại Tây Dương. Bên cạnh đó, hoạt động của bão trong nhiều thập kỷ có thể liên quan đến các dạng (mode) dao động đa thập kỷ ở vùng Đại Tây Dương phát hiện được từ số liệu nhiệt độ bề mặt biển toàn cầu. Sự biến đổi của số lượng bão ở khu vực Đại Tây Dương cũng được Landsea (1993) [194] nghiên cứu trên qui mô thời gian nội mùa và năm. Sự khác biệt giữa số lượng bão mạnh và bão yếu cũng được tác giả nêu rõ. Hoạt động của bão mạnh thường thể hiện một cực đại rõ nét hơn so với bão yếu trong chu kỳ năm. Khoảng 95% hoạt động của bão mạnh xảy ra từ tháng 8 đến tháng 10. Mặt khác, trên 80% cơn bão mạnh bắt nguồn từ sóng đông Châu Phi, chiếm tỷ lệ cao hơn so với những cơn bão yếu. Nhìn chung, trong số tất cả những cơn bão trên thủy vực Đại Tây Dương thì bão mạnh thể hiện sự biến đổi từ năm này sang năm khác lớn nhất. Tuy nhiên, tỷ lệ những cơn bão mạnh cũng giảm trong hai thập kỷ gần đây. Ở khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương, Xu và CS (2004) [344] cũng nghiên cứu sự biến đổi trong hoạt động của bão gắn liền với vấn đề nóng lên toàn cầu. Những biểu hiện trong sự biến đổi nhiều năm của bão trong hai thập kỷ qua chủ yếu liên quan đến hiện tượng ENSO hoặc dao động tựa hai năm tầng bình lưu. Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu cho thấy hoạt động của bão trên những vùng đại dương khác nhau tồn tại sự biến động đa thập kỷ. Landsea và CS (1996) [195] đã chỉ ra xu thế giảm của số cơn bão mạnh trên vùng Đại Tây Dương. Goldenberg và CS (2001) [130] nhận thấy tính dao động có chu kỳ trong hoạt động của bão ở khu vực Đại Tây Dương với một chu kỳ từ 40 đến 60 năm. Chan và Shi (1996, 2000) [63, 64] đã sử dụng số liệu quan trắc trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương và số liệu lịch sử về bão đổ bộ vào tỉnh Quảng Đông, Trung Quốc và tìm được xu thế dài hạn trong hoạt động của bão trên vùng Tây Bắc Thái Bình Dương. Hầu hết những nghiên cứu này xác định sự biến đổi của số lượng bão và những đặc tính khác như vị trí hình thành và sự chuyển động của nó.

Một số công trình nghiên cứu về các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực trị được thực hiện cho các nước Đông Nam Á trong đó có Việt Nam. Manton và CS (2001) [229] đã xem xét xu thế giáng thủy ngày cực đại từ năm 1961 đến năm 1998 cho khu vực Đông Nam Á và nam Thái Bình Dương. Kết quả cho thấy số ngày mưa (ngày có lượng mưa từ 2mm trở lên) nhìn chung giảm đáng kể ở khu vực Đông Nam Á. Phân tích số liệu giáng thủy ngày ở các nước khu vực Đông Nam Á trong thời kỳ từ 1950 đến 2000, Endo và CS (2009) [96] đã chỉ ra rằng số ngày ẩm ướt (ngày có giáng thủy trên 1mm) có xu thế giảm ở hầu hết các nước này, trong khi đó cường độ giáng thủy trung bình của những ngày ẩm ướt lại có xu thế tăng lên. Mưa lớn tăng lên ở phía nam Việt Nam, phía bắc Myanmar và ở đảo Visayas và Luzon của Philipin trong khi đó lại giảm ở phía bắc Việt Nam. Số ngày khô liên tiếp cực đại năm có xu thế giảm ở những khu vực bị ảnh hưởng bởi giáng thủy trong thời kỳ gió mùa mùa đông. Sự giảm hiện tượng mưa trong thời kỳ mùa khô cũng được tìm thấy ở Myanmar.

Riêng trên lãnh thổ Việt Nam, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, nhiệt độ trung bình trong 50 năm qua (1958-2008) đã tăng lên từ 0,5 đến 0,7⁰C và nhiệt độ trong mùa đông có xu thế tăng nhanh hơn trong mùa hè (Nguyễn Đức Ngữ, 2008, 2009) [7, 8].

Phân tích số ngày nắng nóng trong từng thời kỳ trên lãnh thổ Việt Nam, Nguyễn Đức Ngữ (2009) [8] cho rằng, số ngày nắng nóng trong thập kỷ 1991-2000 nhiều hơn so với các thập kỷ trước, đặc biệt ở Trung Bộ và Nam Bộ. Phân tích các trung tâm khí áp ảnh hưởng đến Việt Nam để giải thích sự tăng lên của nhiệt độ trung bình trên một số trạm đặc trưng trong thời kỳ 1961-2000, Nguyễn Viết Lành (2007) [16] cho rằng, nhiệt độ trung bình trong thời kỳ này đã tăng lên từ 0,4-0,6⁰C, nhưng xu thế tăng rõ rệt nhất xảy ra trong thập kỷ cuối và trong mùa đông, đặc biệt là trong tháng 1, mà nguyên nhân là do sự mạnh lên của áp cao Thái Bình Dương trong thời kỳ này.

Đình Văn Ưu và CS (2005) [3] đã nghiên cứu “Biến động mùa và nhiều năm của trường nhiệt độ nước mặt biển và sự hoạt động của bão tại khu vực Biển Đông”. Kết quả cho thấy có sự biến động đáng kể của trường nhiệt độ nước mặt biển và hoạt động của bão nhiệt đới trên khu vực Biển Đông trong những thập niên gần đây. Thông qua việc tính các chỉ số khí hậu có thể thấy khi hiện tượng El Niño hoạt động mạnh thì sự hoạt động của bão nhiệt đới trên toàn khu vực giảm. Trong thời kỳ này sự biến động của trường nhiệt độ nước mặt biển và hoàn lưu trên Biển Đông là đáng kể. Cũng theo tác giả Đình Văn Ưu (2009) [4] “Đánh giá quy luật biến động dài hạn và xu thế biến đổi số lượng bão và áp thấp nhiệt đới trên khu vực Tây Thái Bình Dương, Biển Đông và ven biển Việt Nam” cho thấy số lượng trung bình năm của bão và siêu bão dao động theo các chu kỳ dài từ hai năm đến nhiều chục năm. Trong năm thập niên gần đây, số lượng bão ảnh hưởng trực tiếp đến ven bờ Vịnh Bắc Bộ giảm, trong khi ở Nam Trung Bộ và Nam Bộ lại gia tăng. Tác giả Nguyễn Văn Tuyên (2007) [12] cũng đã nghiên cứu “Xu hướng hoạt động của xoáy thuận nhiệt đới trên Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông theo các cách phân loại khác nhau”. Sự phân bố của bão được nghiên cứu trong đó bão được phân loại theo vùng ảnh hưởng và theo cường độ rồi phân tích xu hướng hoạt động. Kết quả phân tích cho thấy, trong thời kỳ 1951-2006, hoạt động của bão trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương có xu hướng giảm về số lượng, trong đó số cơn bão yếu và trung bình có xu hướng giảm, còn số cơn bão mạnh lại có xu hướng tăng lên. Trên khu vực Biển Đông, những cơn bão vào Biển Đông nhưng không vào vùng ven biển và đất liền nước ta lại có xu hướng tăng về số lượng. Bão có xu hướng tăng lên ở hai vùng Trung Bộ và Nam Bộ nhưng ở vùng Bắc Bộ lại có xu hướng giảm. Cường độ bão có xu hướng giảm, trong đó các cơn bão yếu có xu hướng giảm rõ rệt nhất.

Nhận xét chung rút ra từ những nghiên cứu trên đây là rất nhiều hiện tượng thời tiết, khí hậu cực đoan có thể sẽ xảy ra ở hầu hết các khu vực, *ngay cả khi khí hậu không biến đổi*, do đó khó có thể qui cho một hiện tượng riêng biệt nào đó gây nên bởi sự biến đổi khí hậu. Ở hầu hết các khu vực, chuỗi số liệu quan trắc phổ biến chỉ dao động trong khoảng 150 năm, vì thế thông tin rất hạn chế để đặc tả những sự kiện khí hậu cực đoan đã xảy ra như thế nào. Hơn nữa, thông thường cần phải có sự kết hợp của một vài nhân tố để tạo ra hiện tượng cực đoan, do đó việc liên kết một sự kiện cực đoan cụ thể với một nguyên nhân cụ thể, đơn lẻ là vấn đề cần giải quyết. Trong một số trường hợp có thể đánh giá được mức độ đóng góp của con người vào những biến đổi trong xác suất xuất hiện các hiện tượng cực đoan đó.

1.2 Vấn đề dự báo mùa các hiện tượng khí hậu cực đoan

Hiện nay, trong nghiệp vụ dự báo thời tiết, khí hậu người ta chia ra ba lớp bài toán dự báo là 1) Dự báo thời tiết; 2) Dự báo tháng; và 3) Dự báo mùa. Đối với dự báo

thời tiết, thông thường hạn dự báo khoảng 3–5 ngày (hạn ngắn – Short range forecast) và tối đa khoảng 5–10 ngày (hạn vừa – Medium range forecast).

Dự báo thời tiết cần phải chỉ ra được trạng thái của khí quyển tại một địa điểm cụ thể, vào những thời điểm cụ thể (từng ngày, thậm chí từng giờ) trong thời hạn dự báo.

Dự báo mùa, hay dự báo hạn mùa (Seasonal forecast), hay dự báo khí hậu hạn mùa (Seasonal Climate forecast) có hạn dự báo đến tối đa (hiện nay) là một năm. Khác với dự báo thời tiết, dự báo mùa không chỉ ra được trạng thái khí quyển vào những thời điểm cụ thể đến từng ngày, thay vào đó là thông tin chung về điều kiện khí quyển trong từng khoảng thời gian nhất định (chẳng hạn từng tháng, từng mùa – ba tháng) trong thời hạn dự báo. Nói cách khác, dự báo mùa cố gắng dự báo các điều kiện thời tiết tương lai, có thể được hiểu như là dự báo những biến đổi trong các nhân tố hình thành thời tiết (Stockdale, 2000) [297].

Dự báo tháng có hạn dự báo nằm trong khoảng từ 10 ngày đến 1 tháng. Trước năm 2000, bài toán dự báo tháng hầu như chưa được đề cập đến, vì với thời hạn đó là quá dài đối với dự báo thời tiết nhưng lại quá ngắn đối với dự báo khí hậu. “Khoảng trống” này trong bài toán dự báo đã thu hút sự quan tâm của nhiều chuyên gia. Cho đến khoảng năm 2002 hệ thống dự báo tháng đầu tiên được đưa vào hoạt động ở ECMWF (Vitart Frédéric, 2004) [322]. Đây là hệ thống dự báo dựa trên việc phân tích sản phẩm dự báo hạn 32 ngày của mô hình kết hợp khí quyển – đại dương. Hệ thống hoạt động theo chu trình từng hai tuần một và đã được đưa vào đánh giá dựa trên 45 lần dự báo bắt đầu từ tháng 3 năm 2002 đến tháng 12 năm 2003.

Thông thường dự báo mùa có qui mô thời gian khoảng từ 1, 3, 6, 9 hoặc 12 tháng. Dự báo mùa khác biệt với dự báo thời tiết không chỉ ở mục tiêu mà còn ở cách tiếp cận và phương pháp sử dụng. Stockdale (2000) [297] đã tổng kết một số kỹ thuật sử dụng cho việc dự báo mùa, trong đó chia ra hai phương pháp chính là thống kê thực nghiệm và mô hình động lực. Vấn đề sử dụng dự báo tổ hợp từ các mô hình cũng đã được nhấn mạnh. Việc dự báo hạn dài bằng phương pháp thống kê đã phát triển từ tương đối sớm. Cuối thế kỷ 19 người ta đã chú ý đến mối quan hệ giữa hoạt động của mặt trời và thời tiết. Đặc biệt vấn đề dự báo mưa gió mùa Ấn Độ đã dẫn đến những nghiên cứu về sự biến động của các hình thế khí áp trong vùng nhiệt đới. Hildebrandsson, năm 1897, dường như là người đầu tiên chỉ ra sự dao động ngược pha của khí áp tại Sydney và Buenos Aires. Năm 1924, Gilbert Walker đã định nghĩa “Dao động Nam” là dao động bập bênh của khí áp ở khu vực Ấn Độ - Thái Bình Dương và dao động này nhanh chóng trở thành một công cụ hữu ích cho dự báo mùa. Trong những năm 1930, Walker và nhiều nhà khoa học khác đã đưa ra các sơ đồ dự báo thực nghiệm cho nhiều vùng trên thế giới nơi có tương quan thời tiết với Dao động Nam, bao gồm Nam Mỹ, Australia, Nam Phi, Indonesia, Burma, Trung Quốc,... Từ đó đến nay, các mô hình thực nghiệm dự báo mùa với nhiều phương pháp khác nhau đã được rất nhiều nhà khoa học nghiên cứu và phát triển (Barnston và Ropelewski, 1992 [31]; Tangang và CS, 1997 [307]; Barnston và CS, 1996 [32]; Ward và Folland, 1991 [329]; Colman, 1997 [75]).

Trong khi hướng tiếp cận thống kê vẫn tiếp tục những nỗ lực tìm kiếm giải pháp cải tiến, xây dựng phương pháp mới, nhằm nâng cao chất lượng dự báo cũng như kéo dài hạn dự báo, các mô hình khí hậu khu vực (RCM) đã bắt đầu được phát triển từ cuối những năm 1980 của thế kỷ 20. Trong giai đoạn đầu, các mô hình này được nghiên

cứu, đánh giá khả năng mô phỏng hạn mùa điều kiện khí hậu khu vực dựa trên nguyên tắc downscaling động lực. Điều kiện biên thường được sử dụng là các trường phân tích hoặc tái phân tích khí quyển, đại dương (SST). Để ứng dụng trong dự báo nghiệp vụ các RCM thường được lồng vào một mô hình toàn cầu (GCM) nào đó.

1.2.1 Phương pháp thống kê

Có thể nói, phương pháp thống kê là một công cụ được ứng dụng khá phổ biến. Trước khi các RCM ra đời, phương pháp thống kê đã được sử dụng để xây dựng các mô hình dự báo mùa, dự báo sự hoạt động của xoáy thuận nhiệt đới,... Cách tiếp cận thống kê trong dự báo mùa được ứng dụng hết sức phong phú, đa dạng. Một cách tương đối có thể chia thành ba nhóm: 1) Thống kê truyền thống hay thống kê kinh điển, trong đó các nhân tố dự báo là các quan trắc hiện tại và quá khứ hoặc các trường phân tích, tái phân tích khí quyển, đại dương (SST, MEI (Multivariate ENSO Index), SOI, v.v.). Trong cách tiếp cận này, quan hệ thống kê giữa yếu tố dự báo với các nhân tố dự báo được xây dựng dựa trên các tập số liệu lịch sử và giả thiết rằng mối quan hệ đó vẫn duy trì trong tương lai; 2) Hạ thấp qui mô thống kê (Statistical Downscaling – SD), trong đó nhân tố dự báo chính là các trường dự báo của các GCM. Ở đây, quan hệ thống kê giữa yếu tố dự báo với nhân tố dự báo được xây dựng dựa trên quan hệ giữa yếu tố dự báo với các trường tái phân tích tại cùng thời điểm và giả thiết rằng dự báo của GCM là hoàn hảo (sản phẩm dự báo có độ chính xác tương đương với các trường tái phân tích); và 3) Thống kê trên sản phẩm mô hình (Model Output Statistics – MOS). Cách tiếp cận này tương tự như SD nhưng quan hệ thống kê giữa yếu tố dự báo với các nhân tố dự báo được xây dựng dựa trên chính sản phẩm dự báo của mô hình. Đây là một hướng khá mới mẻ và hầu như chỉ mới hình thành nền tảng vì nó phụ thuộc vào sản phẩm của các RCM.

Trong cách tiếp cận thống kê truyền thống, việc dự báo hiện tượng El Nino là vấn đề được quan tâm trước hết. Barnston và Ropelewski (1992) [31] là các tác giả đầu tiên đã áp dụng kỹ thuật phân tích tương quan canon (CCA) vào dự báo hiện tượng này. Yếu tố dự báo bao gồm giá trị nhiệt độ mặt nước biển SST tại 8 khu vực. Nhân tố dự báo cũng bao gồm các giá trị SST nhưng cho mùa hiện tại và sử dụng thêm yếu tố áp suất mực biển PMSL. Trước khi đưa vào CCA, cả yếu tố và nhân tố dự báo đều được thực hiện phân tích thành phần chính (PCA). CCA là một kỹ thuật thống kê tuyến tính cực đại hóa tương quan giữa hình mẫu biến đổi của nhân tố dự báo và yếu tố dự báo. Trong lớp các kỹ thuật tuyến tính, ngoài CCA một số phương pháp cũng khá thông dụng gồm có phương pháp hồi quy tuyến tính và phương pháp tách giá trị kỳ dị SVD. Phương pháp sau xác định tập các nhân tố dự báo giải thích được một cách tối ưu biến đổi của yếu tố dự báo.

Các mô hình toán học cũng được ứng dụng rất đa dạng, từ hồi qui tuyến tính đa biến (MLR hay REG), ước lượng hồi qui xác suất sự kiện (REEP), mạng thần kinh nhân tạo (ANN), và cả phân tích phân biệt (FDA). Các kỹ thuật nén thông tin cũng được ứng dụng khá phổ biến, như phân tích hàn trực giao thực nghiệm (EOF) hay phân tích thành phần chính (PCA), phân tích nhân tố (FA),...

Nổi bật nhất trong các kỹ thuật thống kê phi tuyến áp dụng vào bài toán dự báo mùa là ANN. Tangang và CS (1997) [307] đã áp dụng kỹ thuật này vào dự báo hiện tượng El Nino. SST vẫn được sử dụng làm yếu tố dự báo. Với nhân tố dự báo các tác giả sử dụng 28 hệ số mô tả biến đổi của pmsl trên khu vực Thái Bình Dương từ năm

trước. Một kỹ thuật khác cũng khá phổ biến là kỹ thuật tương tự với ý tưởng rất đơn giản xác định năm trong quá khứ có trạng thái tương tự như hiện tại, từ đó đưa ra dự báo cho tương lai. Van den Dool (1994) [318] đã sử dụng kỹ thuật này trên chuỗi số liệu SST toàn cầu. Chất lượng dự báo thu được là tương đương với các kỹ thuật thống kê phức tạp khác.

Nói chung, tùy theo tình huống cụ thể và tùy thuộc vào cách đặt vấn đề, mỗi tác giả lại chọn cho mình một phương pháp thích hợp. Chẳng hạn, Guhathakurta P. (2008) [137] đã sử dụng phương pháp mạng thần kinh nhân tạo (ANN) để dự báo lượng mưa tháng cho 36 vùng khí hậu trên khu vực Ấn Độ khi sử dụng chính các chuỗi số liệu mưa làm nhân tố dự báo. Sử dụng phương pháp phân tích tương quan Canon (CCA), phương pháp tương quan tuyến tính xác định mối quan hệ giữa yếu tố dự báo và các nhân tố dự báo, Hwang Seung-On và CS (2001) [160] đã xây dựng hệ thống dự báo nhiệt độ trung bình và tổng lượng mưa ba tháng cho khu vực Đông Á, bao gồm Hàn Quốc và Nhật Bản. Paulo A. A. và CS (2008) [256] đã ứng dụng mô hình xích Markov để dự báo các sự kiện hạn hán ở Bồ Đào Nha trên cơ sở phân cấp hạn hán bằng chỉ số mưa chuẩn hóa (The Standardized Precipitation Index – PDI). Trong khi đó, Lim Young-Kwon và CS (214) đã phát triển một mô hình để dự báo mưa gió mùa châu Á trung bình 5 ngày với hạn dự báo một tháng và dài hơn. Mô hình dựa trên việc nhận dạng các dấu hiệu khí hậu (các thành phần tất định) có đóng góp vào hệ thống gió mùa châu Á và dự báo những dao động thời gian của các biên độ (các thành phần ngẫu nhiên) của các dấu hiệu riêng biệt. Zheng Xiaogu (2006) [359] đã xây dựng mô hình thống kê để dự báo mưa cho New Zealand. Theo tác giả các nhân tố dự báo quan trọng đối với mưa mùa đông là SST tháng 5 vùng Nino 3 và SST khu vực trung tâm Ấn Độ dương các tháng 3, 4, 5, và đối với mưa mùa hè là SST các tháng 9, 10, 11 vùng Nino 3 và chỉ số “dạng vành khuyên” (annular mode index) Nam bán cầu các tháng 9, 10, 11.

Việc đi sâu nghiên cứu ứng dụng các mô hình thống kê trong dự báo các hiện tượng khí hậu cực trị cũng đã được phát triển khá mạnh, đặc biệt trong những năm gần đây. Chẳng hạn, Alfaro, Eric J. (2006) [21] đã ứng dụng mô hình thống kê dựa trên CCA để khảo sát khả năng dự báo nhiệt độ không khí cực trị (Tx và Tm) mùa (các tháng 6,7,8 – JJA) cho khu vực miền Trung Hoa Kỳ. Huth Radan (2004) [159] đã áp dụng một số mô hình SD trên sản phẩm mô hình toàn cầu của Canada (Canadian Climate Centre general circulation model – CCCM) để xác định nhiệt độ ngày trên mạng lưới 39 trạm ở trung tâm và tây châu Âu. Các phương pháp SD tuyến tính đã được sử dụng gồm REG dựa trên giá trị lưới, PCA, CCA. Tập nhân tố dự báo là độ cao các mực 500 và 1000 hPa, nhiệt độ mực 850 hPa, độ dày lớp 1000-500 hPa xác định từ lưới mô hình trên miền bao phủ khu vực châu Âu và một phần Đại Tây dương. Lim Young-Kwon (2009) [214] đã sử dụng SD để nhận được lượng mưa dự báo mùa cũng như cực trị mưa trên lưới có độ phân giải mịn (20 km) các thời kỳ mùa xuân và mùa hè cho khu vực đông nam Hoa Kỳ từ sản phẩm của mô hình CFS (NCEP).

Phát triển mạnh mẽ nhất trong ứng dụng các mô hình thống kê dự báo mùa có lẽ là dự báo sự hoạt động của XTNĐ (Landsea Christopher W. và CS, 1994, 1998 [198, 197]; William M. Gray và CS, 1994 [335]; Neville Nicholls và CS, 1998 [246]; Elsner James B. và CS, 2000 [90]; Johnny C. L. Chan và CS, 1998 [168]; Nguyễn Văn Tuyên, 2007, 2008 [12, 13], v.v...). Trong các công trình này, số lượng và số ngày hoạt động của XTNĐ trên các vùng khác nhau, chủ yếu ở Đại Tây dương và Tây Thái Bình

dương, được dự báo. Các nhân tố dự báo có thể là những nhân tố thuộc nhóm ENSO (SST(A) các vùng Nino12, 3, 4, 3.4), hoặc các đặc trưng hoàn lưu khí quyển và đại dương qui mô lớn như QBO, SOI, v.v. Hoạt động của bão trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương cũng đã được một số tác giả quan tâm (Chan và Shi, 1996, 2000 [63, 64]). Trong các công trình này, phương pháp hồi quy từng bước nhiều biến đã được sử dụng để lọc nhân tố dự báo.

Trong những năm vừa qua Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường đã đưa vào hệ thống nghiệp vụ dự báo dị thường tổng lượng mưa mùa và nhiệt độ trung bình mùa trên cơ sở phương pháp thống kê. Kết quả đã được biên tập thành “Thông báo và dự báo khí hậu” ra hàng tháng và được cập nhật thường xuyên lên website của Viện (<http://www.imh.ac.vn/>).

1.2.2 Phương pháp mô hình động lực

Phương pháp sử dụng các mô hình động lực dự báo mùa nhìn chung chỉ mới bắt đầu từ khoảng 30 năm trở lại đây. Một bước tiến quan trọng có thể kể đến là nghiên cứu của Cane và CS (1986) [60] trong đó các tác giả đã thành công trong việc sử dụng một mô hình kết hợp tương đối đơn giản đại dương – khí quyển vùng xích đạo Thái Bình Dương để dự báo El Nino cho thời hạn 1 hoặc 2 năm. Các giá trị ban đầu phục vụ dự báo là sự biến đổi của trường gió quan trắc được trên Thái Bình Dương nhằm phân phối nhiệt và khối lượng trong các trường ban đầu của mô hình đại dương. Dự báo nhận được không thật chính xác cho 1 đến 3 tháng đầu, nhưng kỹ năng dự báo giảm chậm theo thời gian, và khả năng của mô hình để dự báo biến động El Nino cho thời hạn 6-12 tháng là rất ấn tượng. Chen và CS (1998) [68] cũng đã tích hợp số liệu vệ tinh vào điều kiện ban đầu cho mô hình tương tự. Một số mô hình dự báo kết hợp khí quyển - đại dương tương đối đơn giản cũng đã được phát triển bởi Balmaseda và CS (1994) [27], Kleeman và CS (1995) [185].

Trong thời gian ban đầu, khi độ chính xác của các mô hình chưa cao và việc tính toán chưa thực sự được hỗ trợ bởi những hệ thống lớn, người ta thường đơn giản hóa các hệ thống kết hợp GCM, ví dụ như thay thế mô hình khí quyển bằng sơ đồ thống kê và chỉ đại dương được mô phỏng cụ thể (Barnett và CS, 1993 [29]). Stockdale (1997) [298] khi dự báo dị thường SST cho thời hạn 1 năm đã cho phép mô hình kết hợp diễn tiến tự do trong quá trình dự báo. Độ lệch kết quả được ước lượng sử dụng một tổ hợp các dự báo và sau đó được trừ vào kết quả đầu ra mô hình để đưa ra dự báo. Nhiều nghiên cứu về khả năng các GCM có thể tái tạo được dị thường khí hậu mùa khi bị điều khiển bởi dị thường nhiệt độ bề mặt biển (SST) đã được tiến hành (Palmer và Mansfield, 1986 [253]; Lau và Nath, 1994 [204]; Livezey và CS, 1997 [222]). Một số nghiên cứu sử dụng cùng một cách tiếp cận, nhưng thay vì sử dụng SST quan trắc đã dùng các giá trị SST dự báo. Barnett và CS (1994) [28] sử dụng mô hình hoàn lưu chung khí quyển (AGCM) để dự báo khí hậu trong điều kiện SST vùng nhiệt đới Thái Bình Dương đã được dự báo. Nghĩa là SST đầu tiên được dự báo cho một hạn thời hạn nào đó trong tương lai, sau đó được sử dụng như là điều kiện biên của AGCM cho phép đưa ra dự báo của các yếu tố khí hậu khác. Kết quả cho thấy dự báo độ cao 500 mb thời kỳ mùa đông, nhiệt độ không khí bề mặt và giáng thủy cho 7 sự kiện khí hậu lớn trong thời kỳ 1970-1990 thể hiện tốt các giá trị quan trắc tại rất nhiều nơi trên trái đất. Venkata Ratnam J. (2007) [321] đã sử dụng phương pháp tổ hợp chạy dự báo mùa

cho mùa gió mùa 2005 bằng T170L42 AGCM của NCEP với sáu điều kiện ban đầu lấy từ hệ thống dự báo kết hợp CFS (Couple Forecast System).

Khả năng của các mô hình kết hợp GCM trong dự báo El Nino đã được cải tiến đáng kể sau đó. Trong chương trình Biến động Khí hậu và Khả năng Dự báo (CLIVAR) trong đó có so sánh, đánh giá khả năng dự báo của nhiều mô hình, phương pháp khác nhau cho sự kiện ENSO 1997/98 đã cho thấy kết quả tốt nhất thuộc về các mô hình phức tạp (Trenberth, 1998) [315]. Trong dự báo hạn mùa cho khu vực gió mùa Nam Á, một số nghiên cứu cho thấy kết quả dự báo ở khu vực này thường kém chính xác hơn so với nhiều khu vực khác trên thế giới (Gadgil và Sajani, 1998 [104]; Kang và CS, 2002 [172]; Wang và CS, 2004b [328]). Chakraborty và Krishnamurti (2006) [62] đã sử dụng tổ hợp 13 mô hình kết hợp đại dương khí quyển để dự báo hạn mùa cho khu vực gió mùa hè Nam Á, và chỉ ra rằng kết quả dự báo tổ hợp là tốt hơn tất cả các kết quả dự báo bởi những mô hình thành phần riêng lẻ. Hướng dự báo tổ hợp hiện đang tiếp tục được phát triển mạnh và được ứng dụng rộng rãi tại nhiều trung tâm nghiên cứu trên thế giới; có thể kể đến các dự án như: PROVOST (Prediction of Climate Variations on Seasonal to Interannual Timescales), DEMETER (Development of an European Multimodel Ensemble System for Seasonal to Interannual Prediction project) (Palmer và CS, 2004 [252]) có kinh phí cấp bởi cộng đồng châu Âu, Trung tâm khu vực về dự báo hạn mùa bằng tổ hợp các mô hình (APCN) của Hàn Quốc có kinh phí cấp bởi APEC. APCN sử dụng kỹ thuật phát triển bởi Krishnamurti và CS (1999) [190] trong đó mỗi mô hình được tính trọng số dựa trên kỹ năng tương ứng của nó trong giai đoạn dự báo quá khứ (hindcast).

Với ưu thế về việc xử lý ở các quy mô không gian phân giải cao hơn, việc sử dụng các mô hình khu vực lồng vào trong các GCM trong bài toán dự báo hạn mùa đã được nhiều nghiên cứu đề cập đến. Cocke và Larow (2000) [72] sử dụng một mô hình phổ khu vực (Regional Spectral Model - RSM) lồng vào trong mô hình kết hợp đại dương khí quyển. RSM này được chạy với độ phân giải 40 km cho mùa đông Bắc bán cầu năm 1987 và 1988, và khu vực mà RSM mô phỏng là Đông Nam Hoa Kỳ và Tây Bắc Mỹ. Kết quả cho thấy cả mô hình toàn cầu và mô hình khu vực đều dự báo tốt lượng mưa cũng như sự biến đổi lượng mưa giữa 2 năm nghiên cứu. Kết quả của mô hình khu vực tương thích với kết quả của mô hình toàn cầu với độ chi tiết không gian tốt hơn. Roads (2004) [273] đã phân tích kỹ năng dự báo mưa hạn từ tuần đến mùa cho Hoa Kỳ từ RSM và GSM (mô hình phổ toàn cầu) của NCEP và thấy rằng cả 2 mô hình đều cho kỹ năng dự báo mưa hạn mùa. Tuy nhiên, RSM cho kết quả không tốt hơn so với các dự báo của GSM. David và CS (2007) [77] cũng đã sử dụng RSM của NCEP để nghiên cứu dự báo mùa cho khu vực Hồng Kông. Các tác giả kết luận rằng khi mô hình khu vực được điều khiển bởi những dự báo hợp lý từ mô hình toàn cầu đã đưa ra được những dự báo mùa về lượng mưa rất hữu ích và mức độ chi tiết về không gian nhận được từ mô hình khu vực có thể so sánh được với các phân bố quan trắc.

Từ năm 2001, Đài khí tượng Hồng Kông cũng đã nghiên cứu sử dụng RCM để dự báo hạn mùa (Chang và Yeung, 2003 [65]). Các kết quả dự báo động lực này đã được đến với công chúng từ tháng 3 năm 2006 qua trang Web: <http://www.hko.gov.hk/wxinfo/season/season.htm> và là những dự báo hạn mùa đầu tiên dùng RCM cho khu vực gió mùa Đông Á. Với khu vực Trung Quốc, Cơ quan khí tượng quốc gia (CMA) đã sử dụng mô hình khí hậu khu vực RegCM-NCC (Regional

Climate Model version 2 – National Climate Centre) để đưa ra các dự báo hạn một tháng cho nhiệt độ và lượng mưa.

1.3 Mô phỏng khí hậu và dự tính các hiện tượng khí hậu cực đoan bằng các mô hình động lực

Các mô hình hoàn lưu chung khí quyển (AGCM) sau khi ra đời đã trở thành công cụ chủ yếu trong nghiên cứu mô phỏng khí hậu. Những nghiên cứu trong giai đoạn đầu chủ yếu tập trung xây dựng và phát triển các sơ đồ tham số hóa vật lý, như tham số hóa các quá trình bề mặt đất, các quá trình lớp biên và đối lưu khí quyển (Sellers P.J. và CS, 1996 [283]; Randall, D.A. và CS, 1996 [269]; Byun Young-Hwa và CS, 2004 [55]; Zheng X. và CS, 2007 [358]; v.v.). Trong quá trình nghiên cứu và phát triển các mô hình, đặc biệt là các GCM nói chung, đã được ứng dụng để mô phỏng nhiều quá trình khí quyển quan trọng nhằm đánh giá năng lực của chúng cũng như để nâng cao hiểu biết của con người (Lau Ngar-Cheung và Mary Jo Nath, 2000 [205]; Mo Kingtse C. và CS, 2005 [241]; Collins William D. và CS, 2006 [74]; Kiehl Jeffrey T. và CS, 2006 [181]; v.v.).

Trong giai đoạn đầu, trên bề mặt đất các AGCM chạy kết hợp với các mô hình bề mặt (Land Surface Model – LSM), còn trên các vùng đại dương AGCM sử dụng các trường SST phân tích. Dần dần, ngoài việc chạy độc lập các AGCM, người ta đã phát triển những mô hình kết hợp khí quyển đại dương AOGCM. Đây là một bước tiến đáng kể trong lĩnh vực mô hình hóa khí hậu. Các mô hình AOGCM sau đó không ngừng được nghiên cứu và hoàn thiện thông qua việc tăng độ phân giải không gian cũng như cải tiến các modul động lực học và các sơ đồ tham số hóa (chẳng hạn, băng biển, lớp biên khí quyển, lớp xáo trộn đại dương). Nhiều quá trình rất quan trọng đã được đưa vào trong các mô hình, bao gồm những quá trình ảnh hưởng đến các nhân tố tác động (forcing) (ví dụ, aerosol bây giờ đã được mô hình hóa trong mối tương tác với các quá trình khác trong nhiều mô hình). Hầu hết các mô hình bây giờ duy trì trạng thái ổn định khí hậu không cần thông qua việc hiệu chỉnh các dòng, mặc dù một vài xu thế dài năm vẫn còn giữ lại trong các phiên bản kiểm chứng (control integration) của AOGCM, chẳng hạn các quá trình chậm trong đại dương. Kết quả tổng hợp của IPCC (2007) [163] chỉ ra rằng, cho đến nay các mô hình đã đạt được những tiến bộ vượt bậc trong mô phỏng nhiều khía cạnh của khí hậu trung bình hiện tại. Các mô phỏng giáng thủy, khí áp mực biển và nhiệt độ bề mặt nhìn chung đã được cải thiện mặc dù vẫn còn một số khiếm khuyết, nhất là đối với giáng thủy vùng nhiệt đới (IPCC, 2007 [163]).

Trong số các mô hình toàn cầu kết hợp, đáng chú ý là mô hình CCSM được phát triển bởi NCAR. Đây là hệ thống mô hình khí hậu kết hợp đầy đủ bốn thành phần trong hệ thống khí hậu là khí quyển (Community Atmospheric Model – CAM), đại dương (Parallel Ocean Program – POP), băng biển (Community Sea Ice Model – CICE), và đất liền (Community Land Model – CLM). Việc ứng dụng CCSM trong mô phỏng khí hậu khu vực cũng được đề cập đến. Chẳng hạn, Meehl Gerald A. và CS (2006) [237] đã mô phỏng chế độ gió mùa khu vực, bao gồm các hệ thống gió mùa Ấn Độ, Tây Mỹ, Nam Mỹ và Bắc Mỹ dựa trên phiên bản T85 của CCSM3. Sản phẩm mô phỏng được so sánh với quan trắc, với dự án AMIP (Atmospheric Model Intercomparison Project) và với phiên bản T42 và T85 của CAM3 chạy cưỡng bức với SST. Kết quả cho thấy những đặc điểm khu vực trong mô phỏng giáng thủy được cải thiện đáng kể trong phiên bản độ phân giải cao T85 so với độ phân giải thấp hơn T42 ở

những nơi mà đặc điểm địa hình là quan trọng như cao nguyên Ethiopia, dãy Andes Nam Mỹ, và cao nguyên Tibet. Ngoài khả năng mô phỏng các trường khí hậu trung bình, một trong những đặc điểm quan trọng của CCSM là khả năng mô phỏng các hiện tượng khí hậu cực đoan (Philip E. Merilees, 2003 [259]). CCSM được cộng đồng các nhà khoa học tại NCAR và thế giới quan tâm phát triển vì ngoài năng lực của mô hình, đây là hệ thống mô hình mở, cho phép sử dụng miễn phí. Tháng 4/2010 NCAR đã cho ra đời phiên bản thứ 4 – CCSM4. Từ tháng 6/2010 một phiên bản khác của CCSM ra đời như là sự kế thừa và phát triển xa hơn của CCSM dưới tên gọi CESM1.0 (The Community Earth System Model version 1.0) trong đó người dùng đã và đang làm việc với CCSM vẫn có thể chạy CCSM ngay trong CESM.

Ứng dụng quan trọng của các AGCM và AOGCM là mô phỏng và dự tính các hiện tượng khí hậu cực đoan (ECE). Sau đây là một số công trình đại diện. Kiktev và CS (2003) [182] đã đánh giá khả năng mô phỏng ECE của mô hình AGCM HadAM3. Các tác giả nhận thấy, xu thế giá trị năm của các chỉ số khí hậu ước tính trên lưới (mô hình) cho thời kỳ 1950-1995 biểu diễn rõ ràng hơn bức tranh các kiểu xu thế trong các chỉ số khí hậu so với việc xem xét chúng dựa trên số liệu trạm trực tiếp. Các xu thế tính trên lưới cũng cho phép so sánh xu thế quan trắc với xu thế mô phỏng bởi mô hình khí hậu thích hợp chạy với các điều kiện biên quan trắc biến đổi của SST, qui mô băng biển và những kết hợp khác của tác động do con người. Kết quả sử dụng kỹ thuật bootstrap đánh giá tính bất định trong ước lượng xu thế trên lưới và ý nghĩa trường của các kiểu xu thế quan trắc cho thấy có sự giảm đáng kể số ngày băng giá và tăng số đêm rất nóng trên nhiều vùng ở Bắc bán cầu. Những vùng có sự tăng đáng kể của cực trị mưa và giảm số ngày khô liên tiếp là nhỏ hơn về phạm vi. Tuy nhiên, các kiểu xu thế của tổng lượng mưa 5 ngày cực đại hàng năm là không lớn. Việc so sánh xu thế quan trắc ước lượng với xu thế mô phỏng bằng mô hình khí hậu cho thấy việc đưa vào các hiệu ứng nhân tạo vào tích phân mô hình, cụ thể là gia tăng các khí nhà kính, làm cải thiện việc mô phỏng sự biến đổi các cực trị nhiệt độ. Việc phân tích này cung cấp bằng chứng tốt rằng tác động do con người gây nên gần đây đóng vai trò quan trọng trong khí hậu cực đoan. Mô hình cũng thể hiện chút ít kỹ năng trong mô phỏng sự biến đổi cực trị giá trị thủy.

Meehl và CS (2004a) [236] đã đánh giá kết quả mô phỏng số ngày sương giá từ mô hình PCM (Parallel Climate Model) cho thế kỷ 20 trong đó có tính đến sự tác động của các yếu tố như biến động mặt trời, núi lửa, xon khí, ôzôn và khí nhà kính. Các kết quả mô phỏng và quan trắc đều cho thấy xu thế giảm khoảng 2 ngày cho mỗi thập kỷ ở phía Tây nước Mỹ trong thế kỷ 20. Tuy nhiên, kết quả mô phỏng từ PCM lại rất khác so với quan trắc trong vùng Đông Nam nước Mỹ (mô phỏng cho giảm trong khi quan trắc lại cho tăng số ngày sương giá). Nguyên nhân dẫn đến sai số này theo nhóm tác giả là do sự bất ổn định của mô hình PCM khi mô phỏng tác động của các hiện tượng El Nino cho vùng Đông Nam nước Mỹ. Meehl và Warren, và CS (2004b) [238] cũng sử dụng mô hình PCM để đánh giá khả năng mô phỏng số đợt nóng (heat wave) trong thời kỳ 1961-1990 dựa trên tiêu chí 1 đợt nóng là có ít nhất 3 ngày liên tiếp có đêm ấm. Các kết quả đánh giá cho thấy kỹ năng mô phỏng của PCM là rất tốt.

Kharin và CS (2005) [177] đã đánh giá kỹ năng mô phỏng các ECE liên quan đến nhiệt độ và mưa dựa trên 15 GCM trong dự án AMIP-2. Kết quả cho thấy hầu hết các GCM mô phỏng tốt các cực trị nhiệt độ, đặc biệt là các cực trị nhiệt độ tối cao. Tuy nhiên, hầu hết các mô hình không mô phỏng tốt cho các cực trị mưa, đặc biệt là

cho vùng nhiệt đới. Tương tự nghiên cứu của Kharin và CS (2005) [177], Vavrus và CS (2006) [320] đã đánh giá kỹ năng mô phỏng ECE từ 7 mô hình GCM cho hiện tượng đột biến của không khí lạnh (CAO - Cold Air Outbreaks, là hiện tượng xảy ra khi có ít nhất 2 ngày liên tiếp có nhiệt độ trung bình ngày nhỏ hơn 2 lần so với độ lệch chuẩn của nhiệt độ trung bình ngày trong thời kỳ mùa đông) dưới tác động của hiệu ứng nhà kính. Các kết quả nghiên cứu cho thấy các mô hình đã tái tạo rất tốt hiện tượng này cả về vị trí lẫn cường độ.

Sun và CS (2006) [301] đã khảo sát cường độ mưa ngày được mô phỏng từ 18 AOGCM và nhận thấy hầu hết các mô hình cho lượng mưa mô phỏng ít hơn so với thực tế. Ngoài ra, sai số hệ thống là không rõ ràng dẫn đến lượng mưa trung bình theo mùa không đáng tin cậy. Kimoto và CS (2005) [184] đã nghiên cứu mô phỏng lượng mưa ngày cho khu vực Nhật Bản dựa trên một AOGCM với độ phân giải thô và cao. Các kết quả đánh giá cho thấy phân bố mưa trong trường hợp sử dụng phân giải cao đáng tin cậy hơn độ phân giải thô. Emori và CS (2005) [95] đã chỉ ra rằng các mô hình AGCM với độ phân giải cao có thể mô phỏng tốt các cực trị mưa nếu mô hình có khả năng kìm hãm đối lưu khi độ ẩm tương đối tại các vùng lân cận nhỏ hơn 80%. Hay nói cách khác, cực trị mưa được mô phỏng từ các GCM rất nhạy với các sơ đồ tham số hóa đối lưu. Chẳng hạn, nghiên cứu của Kiktev và CS (2003) [182] với mô hình HadAM3 GCM cho thấy kỹ năng mô phỏng sự thay đổi các cực trị mưa là rất kém. May (2004) [231] đã nghiên cứu sự biến đổi các cực trị mưa ngày dựa trên mô phỏng từ mô hình ECHAM4 GCM và nhận thấy mô hình này mô phỏng khá tốt cho hầu hết các khu vực thuộc Ấn Độ nhưng lại thiên cao cho khu vực trung tâm của Ấn Độ. Theo hướng này, Iorio và CS (2004) [162] đã nghiên cứu tác động của độ phân giải mô hình tới kết quả mô phỏng lượng mưa ở Hoa Kỳ dựa trên mô hình CCM3 và thấy rằng các mô phỏng với độ phân giải cao sẽ tạo ra các phân bố mưa ngày tin cậy hơn độ phân giải thô (thường cho nhiều ngày mưa với lượng mưa nhỏ). Tuy nhiên, không phải lúc nào độ phân giải cao cũng tạo ra kết quả mô phỏng mưa tốt mà phải kết hợp sự cải tiến trong các sơ đồ tham số hóa đối lưu và mây.

Ứng dụng quan trọng nhất của các GCM nói chung là dự tính khí hậu tương lai (thế kỷ 21) dựa trên các kịch bản phát thải khí nhà kính (SRES). Khả năng của các AOGCM trong mô phỏng các sự kiện cực trị đã được cải thiện đáng kể, đặc biệt là những đợt nóng, đợt rét. Mô phỏng xoáy thuận ngoại nhiệt đới cũng được cải thiện. Một số mô hình được sử dụng để dự tính sự biến đổi của XTNĐ đã có thể mô phỏng thành công tần suất và phân bố của XTNĐ quan trắc được (IPCC, 2007 [163]). Cayan Daniel R. (2008) [61] đã khảo sát khả năng BDKH tương lai ở California dựa trên việc đánh giá các mô phỏng của mô hình khí hậu thế kỷ 21 theo các kịch bản B1, A2 khi so sánh với kịch bản A1FI của mô hình PCM1 (the Parallel Climate Model) của NCAR và DOE, và mô hình CM2.1 của GFDL. Stone, D. A. (2001) [299] đã sử dụng sản phẩm dự tính khí hậu của mô hình GFDL để phân tích, diễn giải các dạng dao động chính của hệ thống khí hậu trên cơ sở xem xét hai trường nhiệt độ không khí bề mặt và khí áp mực biển. Việc mô phỏng các hiện tượng khí hậu cực đoan (nhất là nhiệt độ cực trị) đã được cải thiện đáng kể. Đối với giáng thủy, các mô hình nói chung vẫn cho mô phỏng thấp hơn thực tế trong hầu hết các sự kiện cực đoan.

Phát triển mạnh mẽ nhất là việc ứng dụng các RCM để mô phỏng các quá trình khí hậu có qui mô nhỏ hơn – qui mô khu vực và địa phương, trong đó chú trọng đến việc nghiên cứu khả năng nắm bắt các hiện tượng cực đoan của các mô hình này.

Chẳng hạn, Jiao Yanjun (2006) [167] đã sử dụng mô hình CRCM (The third-generation Canadian Regional Climate Model) để mô phỏng hoàn lưu, nhiệt độ và giáng thủy trên khu vực Bắc Mỹ thời kỳ 1987–1991. Kết quả cho thấy, CRCM đã tái tạo tốt hoàn lưu qui mô lớn, đã mô phỏng khá gần với thực tế biến động mùa của nhiệt độ và giáng thủy mùa đông trên khu vực Bắc Mỹ. Mặc dù vậy, mô hình cũng đã cho kết quả mô phỏng vượt quá quan trắc một cách có hệ thống lượng giáng thủy mùa hè. Liang Xin-Zhong và CS (2004) [211], Zhu Jinhong và CS (2007) [361] đã sử dụng mô hình MM5 phiên bản khí hậu (CMM5) để mô phỏng biến trình năm và biến động nhiều năm của nhiệt độ và giáng thủy trên lãnh thổ Hoa Kỳ dựa trên kết quả tích phân mô hình thời kỳ 1982–2002 với trường toàn cầu là các tập số liệu tái phân tích khác nhau. Đặc biệt, sau khi mô hình RegCM (Regional Climate Model) ra đời và không ngừng phát triển, cải tiến ở ICTP (The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics), nó đã được cung cấp miễn phí với mục đích giúp các nước đang phát triển tiếp cận hướng mô hình hóa trong nghiên cứu biến đổi khí hậu khu vực, đã có rất nhiều công trình được đăng tải trên nhiều tạp chí khác nhau. Một mô hình khác không được cung cấp rộng rãi như RegCM là mô hình REMO (REgional MOdel) của Viện Khí tượng Max Planck, Cộng hòa Liên bang Đức. REMO cũng đã được ứng dụng rất thành công trong nhiều dự án nghiên cứu mô hình hóa khí hậu khu vực, và các kết quả của chúng đã được đăng trên nhiều tạp chí khoa học. Ngoài ra một loạt các mô hình khác, như PRECIS, RSM, CMM5, CWRf,... cũng đã được ứng dụng thành công trong nghiên cứu mô phỏng khí hậu khu vực cũng như nghiên cứu biến đổi khí hậu. Nói chung các RCM đã được thừa nhận như là một công cụ làm tăng khả năng giải quyết những vấn đề khoa học liên quan tới sự dao động, biến đổi khí hậu và những tác động của nó ở qui mô vùng và địa phương (Giorgi và Mearns, 1999 [115]). Thực tế khó có thể liệt kê hết tất cả những công trình nghiên cứu ứng dụng và phát triển các RCM trong nghiên cứu mô hình hóa khí hậu khu vực và BĐKH. Vì vậy, dưới đây sẽ trích dẫn một số công trình đại diện.

Xu J. và CS (2004) [344] đã ứng dụng mô hình MM5 kết hợp với mô hình bề mặt OSU để mô sự phát triển mùa của hệ thống gió mùa Bắc Mỹ (NAMS) trong thời kỳ 22 năm từ 1980-2001. Mô hình chạy trên hai miền lồng nhau tương tác hai chiều có độ phân giải tương ứng là 90km và 30km. Điều kiện ban đầu và điều kiện biên để chạy mô hình là số liệu tái phân tích NCEP-NCAR. Kết quả so sánh giữa mô phỏng của mô hình và quan trắc chỉ ra rằng mô hình đã tái tạo tốt giáng thủy, nhiệt độ bề mặt và phân bố trường gió trong thời kỳ phát triển (tháng 5 đến tháng 7) của NAMS. Mô hình cũng đã mô tả chính xác những đặc điểm qui mô vừa cũng như tính bất đồng nhất của NAMS. Sự mở đầu của gió mùa ở trung và nam Sierra Madre Occidental (SMO) của Mexico xảy ra vào 20 tháng 6, sớm hơn 2 tuần so với ở Sonora, Mexico (6 tháng 7), sa mạc Sonoran, và trung tâm Arizona và New Mexico (8 tháng 7).

Bell Jason L. và CS (2004) [36] đã ứng dụng một RCM để mở rộng các thí nghiệm mô hình hóa sự BĐKH tương lai (thế kỷ 21) trong đó chú trọng xem xét đến thời gian và độ dài mùa sinh trưởng, tần suất và cường độ của nhiệt độ và giáng thủy cực trị ở vùng California, nơi có điều kiện khí hậu phức tạp, dễ bị tổn thương do sự biến đổi trong nguồn cung cấp và sử dụng nước. Kết quả cho thấy khi hàm lượng CO₂ tăng gấp đôi sẽ làm tăng đáng kể nhiệt độ cực đại và cực tiểu ngày, còn sự tăng của giáng thủy tổng cộng và giáng thủy cực trị biến thiên phụ thuộc vào vị trí địa lí.

Liang, X.-Z. và CS (2001, 2004) [211, 212] đã phát triển mô hình CMM5 dựa trên phiên bản MM5v3 để áp dụng cho khu vực phía tây miền trung Hoa Kỳ. Những thử nghiệm độ nhạy của mô hình đối với miền tính, kỹ thuật đồng hóa số liệu, độ chính xác của việc xử lý điều kiện biên xung quanh (LBC) qua vùng đệm, các sơ đồ TSHDL đã được tác giả tiến hành. Khả năng của CMM5 trong việc mô phỏng biến trình năm của giáng thủy được đánh giá bằng việc tích phân mô hình liên tục từ 1982–2002 khi sử dụng trường điều khiển toàn cầu tái phân tích của NCEP.

Gonzalo Miguez-Macho (2005) [132] đã ứng dụng mô hình RAMS (the Regional Atmospheric Modeling System) điều khiển bởi số liệu tái phân tích NCEP để mô phỏng khí hậu trên khu vực Bắc Mỹ với độ phân giải 50km. Nghiên cứu đã cố gắng phân tích các nguyên nhân gây nên sai số mô phỏng của mô hình bằng việc khảo sát ảnh hưởng của các sơ đồ tham số hóa và động lực học của mô hình.

Duffy P. B. và CS (2006) [87] đã phân tích kết quả mô phỏng khí hậu hiện tại và tương lai ở tây Hoa Kỳ được thực hiện với 4 RCM lồng vào 2 AOGCM. Mục đích của các tác giả là đánh giá mức độ phản ứng lại của khí hậu khu vực đối với sự gia tăng các khí nhà kính. Bốn RCM được ứng dụng cho các miền tính, các kịch bản tăng khí nhà kính khác nhau, và trong một số trường hợp các điều kiện biên khác nhau, để mô phỏng khí hậu tương lai. Đối với mô phỏng khí hậu hiện tại, mô phỏng của RCM được so sánh với quan trắc và với các trường GCM làm điều kiện biên cho RCM. Đối với mô phỏng khí hậu tương lai (khí nhà kính gia tăng), sản phẩm của RCM được so sánh với nhau và với GCM điều khiển. Theo các tác giả, khi lấy trung bình không gian trên khu vực tây Hoa Kỳ, kết quả của từng RCM gần như tuân theo trường điều khiển GCM trên cùng một vùng, cả đối với khí hậu hiện tại và tương lai. Phản ứng lại của giáng thủy mô hình trong nhiều khu vực không đáng kể so với dao động giữa các năm. Các mô hình đều cho nhiệt độ gần bề mặt sẽ tăng lên nhưng phân bố không gian không giống nhau về mức độ tăng. Bốn RCM cho những ước lượng rất khác nhau về hàm lượng nước của tuyết trong khí hậu hiện tại, và cũng rất khác nhau trong sự biến đổi hàm lượng hơi nước trong sự phản ứng lại với các chất khí nhà kính gia tăng.

Caldwell và CS (2009) [57] đã dẫn ra kết quả mô phỏng 40 năm khí hậu trên khu vực mà California nằm ở trung tâm bằng mô hình WRF độ phân giải ngang 12 km sử dụng số liệu điều kiện biên của CCSM3 độ phân giải $1^\circ \times 1.25^\circ$. Mô phỏng của mô hình về trung bình giáng thủy, nhiệt độ 2m và tuyết phủ đã được so sánh với quan trắc. Theo các tác giả, mô hình tái tạo phân bố không gian của giáng thủy khá tốt nhưng lượng mưa mô hình vượt quá quan trắc đáng kể dọc theo các sườn đón gió. Nguyên nhân là do mô hình cho cường độ giáng thủy lớn hơn; thực tế mô hình cho tần suất giáng thủy thấp hơn quan trắc, và sai số trong mô phỏng giáng thủy là do các quá trình bên trong WRF gây nên. Nhiệt độ được mô phỏng tốt trong tất cả các mùa trừ mùa hè khi ẩm đất khô quá mức dẫn đến nhiệt độ mô phỏng cao hơn vài độ trong cả CCSM3 và WRF.

Tapiador và Enrique (2008) [309] đã tổng hợp các kết quả mô phỏng của 7 mô hình RCM để nghiên cứu mức độ biến đổi lượng mưa cho khu vực Châu Âu trong giai đoạn từ 1960 đến 1990. Các kết quả phân tích dựa trên phương pháp phân tích phổ đã cho thấy tổng hợp đa mô hình RCM đã mô phỏng khá tốt khí hậu hiện tại ở Châu Âu. Do đó, nhóm tác giả này đã đề xuất sử dụng cách tiếp cận này để dự tính biến đổi lượng mưa tại Châu Âu trong tương lai theo kịch bản A2.

Một trong những mô hình gần đây cũng được áp dụng nhiều là PRECIS (Providing Regional Impacts for Climate Studies). PRECIS là hệ thống mô hình khu vực có thể chạy cho bất kỳ miền nào trên thế giới và chạy được trên các máy tính PC cấu hình vừa phải để cung cấp thông tin khí hậu khu vực cho nghiên cứu đánh giá tác động BĐKH. Ý tưởng xây dựng PRECIS xuất phát từ nhu cầu đòi hỏi của nhiều nước đối với việc dự tính khí hậu qui mô khu vực. Thực tế trên thế giới chỉ có một vài trung tâm mô hình hóa phát triển các RCM và sử dụng chúng để dự tính khí hậu trên những vùng cụ thể căn cứ vào nhiệm vụ của họ. Việc xây dựng và phát triển những mô hình như vậy đòi hỏi phải có sự tham gia của các nhà mô hình hóa khí hậu có kinh nghiệm cũng như năng lực máy tính mạnh. Điều đó gây ra những cản trở lớn cho nhiều nước đang phát triển muốn tạo ra các kịch bản và dự tính biến đổi khí hậu. Trước tình hình đó, trung tâm Hadley đã xây dựng một RCM có thể dễ dàng cài đặt và có thể chạy cho bất kỳ miền nào trên thế giới bằng các PC tương đối rẻ và đủ nhanh. Mô hình này cùng với các gói phần mềm đi kèm cho phép hiển thị và xử lý số liệu do RCM tạo ra được gọi là hệ thống PRECIS. Đại diện cho các công trình ứng dụng PRECIS là Islam Siraj ul và CS (2009) [164] trong “*Future change in the frequency of warm and cold spells over Pakistan simulated by the PRECIS regional climate model*”. Các tác giả đã sử dụng mô hình để nghiên cứu biến động tương lai của các chỉ số cực đoan nhiệt độ mà cụ thể là biến đổi trong tần suất kéo dài các đợt nóng và lạnh trên Pakistan. Tác giả đã thực hiện hai mô phỏng 30 năm bằng mô hình PRECIS với độ phân giải 50km là mô phỏng cho thời kỳ 1961-1990 biểu thị khí hậu hiện tại và mô phỏng cho thời kỳ 2071-2100 biểu thị khí hậu tương lai. Điều kiện biên cho mô hình PRECIS được lấy từ mô hình toàn cầu HadAM3P của Trung tâm Hadley, Anh Quốc. Để đánh giá mô hình, nhiệt độ trung bình, cực đại, cực tiểu quan trắc thời kỳ 1961-1990 tại tất cả các trạm sẵn có ở Pakistan trước hết được lấy trung bình, sau đó so sánh với số liệu trung bình ô lưới của PRECIS. Số liệu lưới trung bình tháng của CRU cũng được sử dụng để đánh giá mô hình. Các chỉ số nhiệt độ trong thời kỳ chuẩn (1961-1990) cũng như tương lai (2071-2100) đã được tính và đánh giá sự biến đổi tương ứng. Các tác giả nhận thấy rằng, về mùa hè sự tăng của nhiệt độ cực tiểu ngày lớn hơn so với sự tăng của nhiệt độ cực đại ngày, trong khi về mùa đông sự biến đổi của nhiệt độ cực đại là lớn hơn; xu thế giảm sự xuất hiện các đợt lạnh hàng năm là đáng kể trong khi các đợt nóng có xu thế tăng nhẹ ở Pakistan.

Đặc biệt, sau khi mô hình RegCM (Regional Climate Model) ra đời và không ngừng phát triển, cải tiến ở ICTP, nó đã được cung cấp miễn phí với mục đích giúp các nước đang phát triển tiếp cận hướng mô hình hóa trong nghiên cứu biến đổi khí hậu khu vực, đã có rất nhiều công trình được đăng tải trên nhiều tạp chí khác nhau. Chẳng hạn, Boroneant C. và CS (2006) [46] đã khảo sát khả năng biến đổi của cường độ giáng thủy và cực trị mưa trên khu vực Alps gần bờ biển nước Pháp bằng RegCM trong bối cảnh BĐKH toàn cầu. Khu vực nghiên cứu là vùng có địa hình phức tạp, nơi mà giáng thủy lớn và kéo dài gây nên những trận lũ thảm khốc trong những thập kỷ vừa qua. Hai nhóm mô phỏng 30 năm đã được các tác giả thực hiện là mô phỏng khí hậu hiện tại (thời kỳ 1961-1990) và mô phỏng khí hậu tương lai (thời kỳ 2071-2100) theo hai kịch bản phát thải khí nhà kính A2 và B2. Sản phẩm mô phỏng khí hậu hiện tại trước hết được phân tích và so sánh với tái phân tích NCEP gồm độ cao địa thế vị mực 700hPa (Z700) và giáng thủy ngày quan trắc vùng Alps (1966-1999). Hai mô phỏng khí hậu tương lai đã được sử dụng để khảo sát những biến đổi dự tính của giáng

thủy cực đoan trên khu vực nghiên cứu. Theo các tác giả, nói chung mô hình mô phỏng vượt quá quan trắc về biên trình năm của giáng thủy. Khí hậu tương lai dự tính biểu thị sự tăng nào đó của giáng thủy và hầu như nằm ngoài thời kỳ ẩm đối với kịch bản B2, và biên động của tổng giáng thủy năm cũng thể hiện sự tăng nào đó đối với kịch bản A2. Mô hình đã tái tạo được những hình thể quan trắc chính của trường Z700 trên miền Đại Tây dương – Châu Âu. Biên động hoàn lưu qui mô lớn (LSC) mô phỏng bởi mô hình không khác nhiều so với số liệu tái phân tích trên cùng miền. Hai phân loại LSC tương ứng với các ngày giáng thủy lớn được thể hiện rõ trong cả số liệu mô phỏng và quan trắc, và các hình thể của chúng không biến đổi lớn trong các kịch bản BĐKH. Việc phân tích biểu đồ tần suất các chỉ số cực đoan cho thấy mô phỏng kiểm tra những sự kiện mưa lớn vượt quá phân vị 90% của lượng mưa ngày thấp hơn quan trắc một cách hệ thống trong tất cả các mùa, trừ mùa hè, và tái tạo tốt hơn lượng giáng thủy tích lũy 5 ngày lớn nhất. Các tác giả nhận định rằng, RegCM có khả năng tái tạo các cơ chế vật lý phù hợp với mưa lớn trên khu vực nghiên cứu.

Sylla M. B. và CS (2009) [305] cũng đã nghiên cứu khí hậu hiện tại (thời kỳ 1981-2000) trên khu vực Tây Phi (West Africa) dựa trên hai kết quả mô phỏng của RegCM khi sử dụng các nguồn số liệu điều kiện biên tương ứng là tái phân tích NCEP và sản phẩm của AOGCM là ECHAM5. Giáng thủy và nhiệt độ từ hai mô phỏng được so sánh với số liệu quan trắc CRU. Theo các tác giả, phân bố không gian của chúng là sát thực tế. Biên trình năm rất chính xác. Mô phỏng cũng được đánh giá theo các trường điều khiển qui mô lớn và cho thấy RCM thể hiện sự cải thiện đáng kể so với các trường AOGCM. Việc đánh giá sai số giáng thủy mùa cho thấy mô phỏng của RCM khô hơn thực tế và khô nhất vào các tháng 6-8 xung quanh các dãy núi. Điều đó liên quan với mô phỏng lạnh hơn thực tế của nhiệt độ mà nó có liên hệ với mô phỏng giáng thủy vượt quá quan trắc ở những nơi nằm ngoài các vùng núi. Mặc dù vẫn còn sai số nhưng kết quả mô phỏng của RCM khá hợp lý và cho thấy khả năng của AOGCM trong vai trò điều khiển RCM để dự tính khí hậu tương lai.

Halenka T. và CS (2006) [141] đã sử dụng kết quả mô phỏng khí hậu trên khu vực Cộng hòa Czech thời kỳ 40 năm từ 1961-2000 bằng mô hình RegCM3 để phân tích các cực trị giáng thủy và nhiệt độ. Mô hình được chạy ở độ phân giải 45 km với điều kiện biên là tái phân tích NCEP/NCAR. Theo các tác giả, việc so sánh với số liệu trạm cho thấy mô hình mô phỏng tốt tần suất các sự kiện mưa ngày có cường độ vừa và lớn cũng như cường độ mưa (giá trị lặp lại) ứng với các chu kỳ lặp lại, trừ những trạm ở vùng núi. Sai số ở những trạm thuộc vùng núi có thể do độ phân giải tương đối thô của mô hình không mô tả được điều kiện địa hình và có thể còn do tham số hóa đối lưu gây nên. Mô hình cho mô phỏng thấp hơn thực tế về nhiệt độ cực đại ngày (đặc biệt vào mùa nóng) và sự xuất hiện các sóng nóng (những giai đoạn có nhiệt độ cao). Khả năng của mô hình được cải thiện trong mô phỏng nhiệt độ cực tiểu ngày và các sự kiện sóng lạnh. Các tác giả cho rằng, để áp dụng mô hình vào mô phỏng các sự kiện cực trị trên khu vực địa hình phức tạp như Cộng hòa Czech cần tăng độ phân giải cao hơn nhằm mô tả tốt hơn điều kiện địa hình và do đó sẽ làm giảm sai số của nhiệt độ cực đại ngày.

1.4 Vấn đề dò tìm xoáy bão

Bên cạnh những công trình nghiên cứu ứng dụng các mô hình GCM và RCM nói trên để mô phỏng ECE liên quan đến nhiệt độ và lượng mưa còn có khá nhiều nghiên

cứ ứng dụng GCM và RCM cho bài toán mô phỏng xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ). Bengtsson và CS (2006) [37] đã cho thấy phân bố XTNĐ cho vùng nhiệt đới hoặc bán cầu Bắc có thể được mô phỏng khá tốt từ mô hình ECHAM5. Tuy nhiên, mức độ biến thiên của sai số trong mô phỏng cường độ và tần suất xuất hiện XTNĐ là rất lớn (Knutson & Tuleya, 2004 [186]; Camargo và CS, 2005 [59]), và kết quả mô phỏng XTNĐ là rất nhạy với lựa chọn sơ đồ tham số hóa đối lưu.

Theo IPCC (2007) [163], độ phân giải của các AOGCM thường không đủ tinh để nắm bắt được sự hình thành cũng như cường độ của XTNĐ. Do đó, nhất thiết phải sử dụng các AGCM phân giải cao trong đó có tính đến điều kiện biên SST và các tác động của hiện tượng ấm lên toàn cầu. Chẳng hạn, Oouchi và CS (2006) [250] đã sử dụng một AGCM có độ phân giải 20km để mô phỏng tần suất, phân bố và cường độ của XTNĐ cho khí hậu hiện tại. Mặc dù nghiên cứu này không bao quát hết được các vùng có hoạt động XTNĐ, nhưng các kết quả cho thấy kỹ năng mô phỏng phân bố và tần suất theo không gian là tương đối tốt. Tuy nhiên, mô hình này thường cho mô phỏng tốc độ gió cực đại và áp suất cực tiểu tại tâm sai khác nhiều so với thực tế. Ngoài các nghiên cứu nói trên, hướng nghiên cứu ứng dụng các AGCM có độ phân giải cao để mô phỏng XTNĐ được thực hiện bởi Sugi và CS (2002) [300], McDonald và CS (2005) [233], Yoshimura và CS (2006) [352], ... Bên cạnh hướng nghiên cứu này, một số nghiên cứu sử dụng các mô hình lý thuyết kết hợp với AGCM có và không có tính đến tác động của hiện tượng ấm lên toàn cầu và giảm SST, kết hợp mô hình RCM phân giải cao với mô hình AGCM phân giải thấp cũng được thực hiện (Knutson & Tuleya, 2004 [186]; Walsh và CS, 2004 [323]).

Thông thường, các GCM có độ phân giải rất thô và xoáy bão thường biểu hiện rất yếu. Với độ phân giải vài độ kinh vĩ thì bão nhiệt đới có thể chỉ thể hiện là một dị thường nhiệt, áp và tốc độ gió tại một ô lưới nhất định. Đối với các RCM với phân giải cao hơn, sự thể hiện của các xoáy bão mạnh hơn, nhưng các tiêu chuẩn để dò tìm bão vẫn thấp hơn so với các tiêu chuẩn thực tế. Các xoáy tìm được có thể được gọi là xoáy tựa XTNĐ (TCLV - Tropical Cyclone Like Vortices) hoặc *bão mô hình* do chúng có cường độ yếu hơn và có thể không có đầy đủ các đặc trưng của một XTNĐ trong thực tế.

Trong các nghiên cứu của Bengtsson và CS (1995) [38], xoáy bão trong một AGCM được xác định khi các trường xoáy tại 850hPa, gió ở mực 10m, trường nhiệt tại 850, 750, 500, 300 hPa, và trường áp suất mực biển thỏa mãn các chỉ tiêu độc lập chung cho mọi khu vực nghiên cứu. Nhưng theo Camargo và Zebiak (2002) [58], phương pháp này qua các thử nghiệm bỏ sót nhiều cơn bão mà có thể nhận dạng bằng mắt thường, trong khi đó nhiều cơn bão dò tìm được lại là các cực trị địa phương mực thấp. Các tác giả đề xuất các chỉ tiêu phụ thuộc và các vùng biển khác nhau hoặc thậm chí phụ thuộc mô hình. Giá trị ngưỡng sử dụng các giá trị tốc độ gió bề mặt, độ xoáy mực thấp và dị thường nhiệt độ tại tâm xoáy. Walsh (1997) [324], Walsh và Watterson (1997) [325] sử dụng các tiêu chuẩn độ xoáy 850hPa ($2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ hoặc $5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$), sức gió phía ngoài của gió 10m (10 ms^{-1} và 6 ms^{-1}) và dị thường nhiệt độ mực giữa tầng đối lưu. Các tác giả nhận định các mô hình số có một số kỹ năng mô phỏng bão với độ phân giải khoảng 120° nhưng sẽ tốt hơn nếu tăng độ phân giải.

Nguyen K. C. và Walsh (2001) [247] cũng dò tìm các xoáy tựa bão trong mô hình DARLAM với độ phân giải 125km. Tuy độ phân giải ô hình vẫn còn thấp so với qui mô của của một xoáy thuận nhiệt đới nhưng kết quả mô phỏng đã có thể đưa ra được

các đặc trưng khí hậu của XTNĐ. Phương pháp dò tìm dựa trên các tiêu chí sau: 1) độ xoáy phát đạt ít nhất $10^{-5}s^{-1}$; 2) phải có một giá trị áp suất cực tiểu trong vòng bán kính 250km từ điểm thỏa mãn tiêu chí (1) tâm thấp được xem là tâm của TCLV; 3) dị thường nhiệt độ tổng cộng tầng đối lưu được tính bằng cách tính tổng dị thường nhiệt độ tại 700, 500, và 300hPa, phải lớn hơn không. 4) Tốc độ gió trung bình trong vùng 500 km x 500 km xung quanh tâm bão tại 850hPa phải lớn hơn tại 300hPa; 5) Dị thường nhiệt độ tại 300hPa phải lớn hơn tại 850hPa tại tâm xoáy. 6) Sức gió phía ngoài (OCS - Outer Core wind Strength) phải lớn hơn $5ms^{-1}$. Ngoài ra, nếu một TCLV thỏa mãn tất cả các điều kiện trên trong vòng 24h, thì điều kiện 3,4,5 có thể bỏ qua cho đến khi điều kiện 6 không còn được thỏa mãn.

Cho đến nay hầu như chưa có nghiên cứu nào về mô phỏng bão bằng mô hình khí hậu cho khu vực Biển Đông. Trong nghiên cứu của Camargo và Zebiak (2002) [59], mặc dù đã sử dụng một sơ đồ được cải tiến với các chỉ tiêu phụ thuộc vào các vùng biển khác nhau, nhưng kết quả lại không dò tìm được bão trong khu vực Biển Đông mà nguyên nhân có thể do độ phân giải thô của GCM. Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã chú trọng đến các khu vực hạn chế bằng cách ứng dụng và phát triển các RCM để mô phỏng sự hoạt động của XTNĐ.

1.5 Một số thành tựu nghiên cứu biến đổi khí hậu ở trong nước

Ở Việt Nam, vấn đề nghiên cứu dao động và biến đổi khí hậu đã được bắt đầu khá sớm. Những người đi tiên phong trong lĩnh vực này phải kể đến GS Nguyễn Đức Ngữ [6, 7, 8, 9, 10], GS Nguyễn Trọng Hiệu [9, 10, 11], TS Trần Duy Bình [18], PGS Trần Việt Liên [19, 20] và nhiều nhà khoa học khác như TSKH Nguyễn Duy Chinh, PGS Trịnh Văn Thư, TS Nguyễn Văn Hải, TS Vũ Văn Tuấn, v.v. Kết quả của những công trình này đã được công bố khá rộng rãi trên các tạp chí, ấn phẩm xuất bản hoặc các báo cáo khoa học (Trần Duy Bình, 2000; Nguyễn Trọng Hiệu, Đào Đức Tuấn, 1993; Trần Việt Liên, 2000; Nguyễn Đức Ngữ, 2002; v.v.). Khái quát một cách khá đầy đủ và toàn diện *các giai đoạn và thành tựu về hoạt động nghiên cứu BĐKH ở Việt Nam* đã được Nguyễn Văn Thắng và CS [15] trình bày trong Báo cáo Tổng kết đề tài cấp Nhà nước KC08.13/06-10. Sau đây chỉ tóm lược một số sự kiện và sản phẩm nghiên cứu chính sau đây.

Tháng 6 năm 1992, để chuẩn bị tham gia hội nghị Rio, Brazil các tác giả Nguyễn Đức Ngữ, Trịnh Văn Thư, Nguyễn Trọng Hiệu, Vũ Văn Tuấn đã thực hiện và công bố báo cáo “Biến đổi khí hậu và tác động của chúng ở Việt Nam”.

Năm 1994, các tác giả Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu, Nguyễn Ngọc Huân, Trần Việt Liên,... tham gia thực hiện dự án “Biến đổi khí hậu ở Châu Á” do ADB tài trợ, Bộ Thủy lợi chủ trì đã hoàn thành một số báo cáo về: **1)** Biến đổi khí hậu ở Việt Nam trong 100 năm qua; **2)** Tác động của biến đổi khí hậu đến nước biển dâng và một số ngành kinh tế quốc dân; **3)** Kiểm kê quốc gia khí nhà kính năm 1990 ở Việt Nam.

Từ năm 1994 đến 1998 trong quá trình tham gia các dự án quốc tế về biến đổi khí hậu (Huấn luyện biến đổi khí hậu, Chiến lược giảm khí nhà kính với chi phí thấp nhất cho Châu Á, Các vấn đề kinh tế của biến đổi khí hậu), các tác giả Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu, Lê Nguyên Tường, Nguyễn Khắc Hiếu, Nguyễn Mộng Cường, Nguyễn Trọng Sinh, Nguyễn Minh Huệ, Ngô Đức Lâm, Hoàng Xuân Tý, Hà Chu Chử đã hoàn thành kiểm kê quốc gia khí nhà kính năm 1993, xây dựng các phương án giảm

khí nhà kính ở Việt Nam, đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến các lĩnh vực kinh tế xã hội chủ yếu, xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu ở Việt Nam cho các năm 2020, 2050, 2070.

Năm 1996, Viện Khí tượng Thủy văn (nay là Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường) đã sưu tầm và xuất bản Tuyển tập công trình nghiên cứu biến đổi khí hậu ở Việt Nam bao gồm các nhóm chuyên đề: **1)** Biến đổi khí hậu ở Việt Nam (Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu, Nguyễn Việt Phong, Nguyễn Ngọc Huân,...) bao gồm biến đổi về nhiệt độ, mưa, bão, nước biển dâng,...; **2)** Tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy và tài nguyên nước (Hoàng Niêm, Trần Thanh Xuân, Cao Đăng Dư,...), đến năng suất lúa và nông nghiệp (Dương Anh Tuyên, Nguyễn Văn Việt,...), đến sức khỏe và y tế (Đào Ngọc Phong, Trần Việt Liễn,...), đến rừng ngập mặn và hải sản ven biển (Phan Nguyên Hồng,...), đến mực nước biển dâng (Nguyễn Ngọc Huân,...); **3)** Các vấn đề về thực hiện công ước biến đổi khí hậu ở Việt Nam (Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu, ...).

Từ năm 1998 đến năm 2003, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã hoàn thành thông báo đầu tiên của Việt Nam cho Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu, trong đó tổng kết biến đổi khí hậu của Việt Nam trong 100 năm gần đây, kiểm kê quốc gia khí nhà kính năm 1993 và ước lượng khí nhà kính các năm 2020, 2050, đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến các lĩnh vực kinh tế xã hội chủ yếu, xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu ở Việt Nam, kiến nghị các giải pháp giảm nhẹ biến đổi khí hậu và thích ứng với biến đổi khí hậu ở Việt Nam,...

Vào các năm 2006, 2007 trong quá trình thực hiện Thông báo Quốc gia lần 2 cho VNFCCLC, các tác giả trong và ngoài Bộ Tài nguyên và Môi trường đã thực hiện kiểm kê quốc gia khí nhà kính năm 2000, xây dựng chiến lược thực hiện các dự án của CDM. Đặc biệt, một số tác giả của Bộ Tài nguyên và Môi trường (Nguyễn Văn Thắng, Hoàng Đức Cường, Trần Việt Liễn,...) đã xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu mới của Việt Nam, dự kiến mức tăng của nhiệt độ, mức tăng giảm của lượng mưa, mực nước biển dâng... ở Việt Nam và trên 7 vùng khí hậu trong từng thập kỷ của thế kỷ 21.

Gần đây hơn, trong khuôn khổ Chương trình KC.08/06–10 (*“Khoa học và công nghệ phục vụ phòng tránh thiên tai, bảo vệ môi trường và sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên”*), Bộ Khoa học & Công nghệ đã cho triển khai đề tài *“Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến các điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và đề xuất các giải pháp chiến lược phòng tránh, giảm nhẹ và thích nghi, phục vụ phát triển bền vững kinh tế xã hội ở Việt Nam”* do TS Nguyễn Văn Thắng [15] làm Chủ nhiệm. Nếu không tính đến một số Chương trình, Dự án *được tài trợ từ các Tổ chức ngoài nước* (ví dụ, dự án *“Hài hoà các mục tiêu giảm nghèo và môi trường trong chính sách và lập kế hoạch hướng tới phát triển bền vững”* do Bộ Tài nguyên và Môi trường thực hiện với sự hỗ trợ của Chương trình phát triển Liên hợp quốc (UNDP) và Cơ quan phát triển quốc tế Anh (DFID)) và một số đề tài cấp Tổng cục Khí tượng Thủy văn trước đây, thì đây là *đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước đầu tiên* về lĩnh vực biến đổi khí hậu.

Tuy nhiên, vấn đề nghiên cứu các hiện tượng khí hậu cực đoan nói chung chưa được đề cập một cách hệ thống. Trong số các công trình nghiên cứu đã thực hiện có thể nói đáng chú ý nhất là kết quả của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước *“Tác động của ENSO đến thời tiết khí hậu, môi trường và kinh tế xã hội”* (1999–2001) do

GS Nguyễn Đức Ngữ (2002) làm Chủ nhiệm và trang web <http://www.thoietnguyhiem.net/general/introduce.aspx> “Hiện tượng thời tiết nguy hiểm” của Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia, Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Khách quan mà nói, mặc dù chưa có công trình nào nghiên cứu một cách hệ thống tác động của sự biến đổi khí hậu đến các hiện tượng thời tiết, khí hậu cực đoan, song cũng đã có một số bài báo đăng trên các tạp chí, hoặc các báo cáo tại các hội nghị khoa học đề cập đến vấn đề này. Chẳng hạn, người ta đã nhận thấy dấu hiệu của sự dịch chuyển theo thời gian và không gian của phân bố lượng mưa, của quỹ đạo bão, hoặc đã chỉ ra được sự biến đổi trong cường độ của các hiện tượng này.

Về vấn đề dự báo mùa, trong những năm vừa qua Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường đã đưa vào hệ thống nghiệp vụ dự báo dị thường tổng lượng mưa mùa và nhiệt độ trung bình mùa trên cơ sở phương pháp thống kê. Kết quả dự báo đã được biên tập thành “Thông báo khí hậu” ra hàng tháng và được cập nhật thường xuyên lên website của Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia, <http://www.nchmf.gov.vn/khiahau/TBKH.htm>. Tuy nhiên, do điều kiện khó khăn về nhiều mặt, bản tin vẫn còn khá nghèo nàn và đặc biệt là chưa thể có những thông tin dự báo về các điều kiện khí hậu cực trị.

Trong khuôn khổ các đề tài nghiên cứu khoa học cấp Đại học Quốc gia Hà Nội (chẳng hạn, Phan Văn Tân, 2008 [17]) cũng như các đề tài luận văn Thạc sĩ, luận án Tiến sĩ, từ năm 2000 đến nay nhóm nghiên cứu của Bộ môn Khí tượng, trường Đại học Khoa học Tự nhiên cũng đã triển khai nghiên cứu nhiều khía cạnh xung quanh vấn đề mô hình hóa khí hậu khu vực trong đó chú trọng đến khả năng mô phỏng mùa các trường khí hậu bằng các mô hình số trị. Đặc biệt gần đây hơn, nhờ sự hợp tác trao đổi khoa học với Viện Khí tượng, trường Đại học Tổng hợp Munich, Cộng hòa Liên bang Đức, nhóm đã tiến hành nghiên cứu phát triển mô hình MM5 thành phiên bản mô hình khí hậu khu vực (ký hiệu là MM5CL), có thể được dùng làm công cụ nghiên cứu dự báo khí hậu và biến đổi khí hậu.

Trước tình hình bức xúc về khả năng chịu tác động xấu của biến đổi khí hậu toàn cầu, gần đây Chính phủ đã ra quyết định xây dựng Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu và nước biển dâng mà Bộ Tài nguyên và Môi trường là Cơ quan được giao trách nhiệm chính. Mục tiêu chiến lược của Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu và nước biển dâng nhằm nâng cao khả năng ứng phó với biến đổi khí hậu của Việt Nam trong từng giai đoạn cụ thể; bảo đảm sự phát triển bền vững của đất nước, ổn định cuộc sống của nhân dân.

1.6 Nhận xét chung

Những công trình nghiên cứu về các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan (ECE) trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu chủ yếu bao gồm các nhóm vấn đề sau:

Nghiên cứu xác định mức độ, tính chất và xu thế biến đổi của ECE dựa trên các chuỗi số liệu quan trắc từ mạng lưới trạm khí tượng hoặc số liệu phân tích hoặc tái phân tích. Ở đây, chuỗi số liệu quan trắc hàng ngày là nền tảng. Độ dài các chuỗi số liệu phụ thuộc vào khả năng sẵn có của từng nơi. Phương pháp được ứng dụng chủ yếu là công cụ thống kê. Kết quả nhận được chính là những bằng chứng về sự biến đổi của ECE và mối liên hệ giữa nó với sự biến đổi khí hậu toàn cầu.

Các công trình nghiên cứu dự báo hạn mùa ECE có thể có hai cách tiếp cận là bằng phương pháp thống kê, bao gồm cả thống kê truyền thống và downscaling động lực, và phương pháp mô hình số. Nhìn chung, cách tiếp cận thống kê truyền thống đã đạt được một số kết quả nhất định nhưng còn xa mới đáp ứng được nhu cầu đòi hỏi của thực tế. Cách tiếp cận downscaling động lực phụ thuộc nhiều vào độ chính xác của sản phẩm dự báo từ các GCM, tuy nhiên sai số của các GCM hiện nay vẫn còn khá lớn và cũng chưa đủ chi tiết nên kết quả nhận được theo hướng này cũng còn nhiều hạn chế. Cách tiếp cận lồng (nest) các RCM vào các GCM về nguyên tắc thể hiện những ưu điểm vượt trội trong khả năng cung cấp sản phẩm dự báo, nhưng cũng chưa đạt được độ chính xác mong muốn vì nó phụ thuộc vào năng lực của cả các RCM và GCM. Mặc dù vậy, đây là một hướng tiếp cận hiện đại mà nhiều Trung tâm nghiên cứu và các nhà khoa học đang quan tâm phát triển nhiều nhất.

Trong lĩnh vực nghiên cứu mô phỏng ECE bằng các mô hình số, kể cả mô hình toàn cầu và mô hình khu vực, các GCM nói chung (AGCM và AOGCM) cũng như các RCM được ứng dụng để tái tạo lại khí hậu hiện tại (trong những thập kỷ gần đây). Các trường khí hậu sau khi được tái tạo bằng mô hình sẽ là cơ sở để xác định các ECE theo các kỹ thuật khác nhau. Mục đích của những nghiên cứu này là nhằm đánh giá năng lực của các mô hình, nghiên cứu độ nhạy của các mô hình đối với các sơ đồ tham số hóa, qua đó chỉ ra được những ưu nhược điểm của từng mô hình trong từng tình huống cụ thể. Đây là hướng nghiên cứu được phát triển mạnh nhất trong những thập kỷ gần đây, trong đó có cả việc nghiên cứu khả năng mô phỏng XTND. Kết luận chung về hướng nghiên cứu này là không có RCM và GCM nào là hoàn hảo có thể mô phỏng tốt mọi quá trình, yếu tố và hiện tượng khí hậu cho tất cả các vùng trên thế giới. Với cùng một mô hình, kết quả mô phỏng có thể rất tốt cho khu vực này nhưng lại rất kém cho khu vực khác; và ngay trên cùng một khu vực, yếu tố, hiện tượng này có thể được mô phỏng tốt nhưng yếu tố, hiện tượng khác lại có sai số lớn, thậm chí không chấp nhận được. Đó cũng là lí do trên cùng một khu vực (quốc gia, vùng lãnh thổ) người ta phải đồng thời thực hiện nghiên cứu nhiều mô phỏng khác nhau: các mô hình khác nhau, các cấu hình khác nhau của cùng một mô hình.

Việc dự tính khí hậu tương lai và xây dựng các kịch bản BĐKH nói chung, ECE nói riêng, dựa trên các kịch bản phát thải khí nhà kính là một trong những lớp bài toán được cộng đồng các nhà khoa học và quản lí quan tâm đặc biệt bởi tầm quan trọng của nó trong việc cung cấp thông tin cho vấn đề đánh giá BĐKH, tác động của BĐKH và xây dựng chiến lược, kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH. Theo hướng nghiên cứu này, nhiều GCM đã được ứng dụng để đưa ra bức tranh chung về sự BĐKH toàn cầu cũng như làm đầu vào cho các RCM trong các bài toán dự tính BĐKH khu vực và địa phương bằng các phương pháp downscaling động lực và thống kê. Để dự tính sự biến đổi của ECE, ngoài các ngưỡng chỉ tiêu được xác định theo từng địa phương và khu vực, những chỉ số khí hậu cực đoan (KHCD) cũng đã được xây dựng và ứng dụng nhằm đảm bảo tính so sánh được của các kết quả cho nhiều vùng khác nhau.

Đối với Việt Nam, mặc dù đã có khá nhiều công trình nghiên cứu, hoặc dưới dạng các đề tài, dự án trong nước và hợp tác quốc tế, hoặc dưới dạng các nhiệm vụ thường xuyên của một số cơ quan, tổ chức có liên quan, tuy nhiên các kết quả nhận được vẫn còn khá khiêm tốn và thiếu tính hệ thống. Hạn chế lớn nhất có thể nói đối với các công trình này là tính phổ biến về mặt truyền thông của chúng. Nhiều công trình sau khi nghiên cứu không được công bố một cách rộng rãi, hoặc không được

đăng tải dưới dạng các bài báo khoa học, mà chỉ lưu hành trong nội bộ của cơ quan, tổ chức chủ quản, dẫn đến tình trạng thiếu thông tin đối với những người muốn quan tâm, tình trạng thiếu tính kế thừa, chồng chéo về nội dung giữa các công trình.