



Ứng dụng các mô hình công nghệ trong quản lý tài nguyên nước tại một số quốc gia và khuyến nghị cho Việt Nam

NGUYỄN HOÀNG NAM

Trường Kinh tế, Luật và Quản lý Nhà nước, Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh (UEH)

Theo Ngân hàng thế giới (Worldbank), nước là nguồn tài nguyên tác động đến mọi khía cạnh của sự phát triển và liên kết với hầu hết mọi Mục tiêu Phát triển Bền vững (SDG). Nước là yếu tố cơ bản không thể thiếu trong việc duy trì sự sống và mọi hoạt động của con người trên hành tinh, là nguồn tài nguyên thiết yếu cho sự phát triển bền vững của mọi quốc gia và là ưu tiên hàng đầu để phát triển bền vững. Bài viết này sẽ tập trung đánh giá về nhu cầu và thực trạng trong quản lý tài nguyên nước trên thế giới nói chung và tại Việt Nam nói riêng. Đồng thời, tìm hiểu kinh nghiệm của các quốc gia như Mỹ, Nhật Bản và Hàn Quốc trong việc ứng dụng các mô hình công nghệ vào quản lý mạng lưới cấp nước quốc gia. Qua đó, đúc kết một số bài học cho Việt Nam trong hoạt động triển khai quản lý tài nguyên nước hiệu quả.

1. GIỚI THIỆU

Việc đảm bảo mô hình dịch vụ cấp nước chất lượng đáp ứng nhu cầu cho toàn bộ dân số và bảo tồn các hệ sinh thái vẫn còn là một mục tiêu xa vời (Parasuraman và cộng sự, 1985; Cronin và Taylor, 1992). Do sự biến đổi về nhiệt độ và lượng mưa, hiện nay, nhiều khu vực trên thế giới thường xuyên xảy ra tình trạng không có đủ nước để đáp ứng nhu cầu của người dân (Mishra, 2023). Theo đánh giá của Liên hợp quốc, thực tế số người thiếu nước uống sạch, an toàn vẫn đang không ngừng gia tăng, ước tính hiện tại có khoảng 1/3 số quốc gia trên thế giới bị thiếu nước và đến năm 2025 con số này sẽ là 2/3, tương đương với khoảng 35% dân số thế giới sẽ rơi vào tình cảnh thiếu nước nghiêm trọng.

Mối lo về nước không phải của riêng một quốc gia nào (Saghi và Ansari, 2015). Ở một số quốc gia, lượng nước cho mỗi đầu người đang bị giảm đáng kể. Hội nghị về Nước của Liên hợp quốc vào năm 1997 đã thống nhất rằng “Tất cả mọi người, không phân biệt tuổi tác, địa vị kinh tế, xã hội đều có quyền tiếp cận nước uống với số lượng và chất lượng đảm bảo cho các nhu cầu cơ bản của mình”. Theo đó, tiếp cận với nước uống là quyền cơ bản của con người.

Chính phủ Việt Nam luôn nỗ lực tăng cường và kiện toàn, thể chế, chính sách trong lĩnh vực tài nguyên nước. Về mặt pháp lý, trong những năm qua, cơ bản khung thể chế về phát triển cấp, thoát nước đã từng bước được hoàn thiện góp phần nâng cao hiệu lực quản lý Nhà nước cũng như tạo điều kiện thuận lợi cho doanh nghiệp và các thành phần kinh tế tham gia đầu tư kinh doanh trong lĩnh vực cấp, thoát nước. Theo đó, nhiều văn bản pháp luật có liên quan đến quản lý và phát triển cấp, thoát nước đã được ban

hành để điều chỉnh phù hợp với những đổi mới cơ bản. Việc quan tâm đầu tư phát triển cấp nước trong những năm vừa qua đã góp phần nâng cao chất lượng dịch vụ cấp nước, bảo vệ sức khỏe người dân và góp phần phát triển kinh tế - xã hội.

2. THỰC TRẠNG VỀ TÌNH HÌNH QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN NƯỚC TRÊN THẾ GIỚI VÀ TẠI VIỆT NAM

2.1 Tình hình quản lý hoạt động cấp nước trên thế giới

Nhu cầu về nước ngày càng tăng, tại nhiều quốc gia trên thế giới tài nguyên nước đã bị khai thác quá mức, vượt quá khả năng của nguồn nước (Tkachuk và cộng sự, 2018). Bên cạnh các tác động của biến đổi khí hậu, vấn đề cạnh tranh về nước đang ngày càng trở nên căng thẳng giữa các quốc gia, khu vực đang làm tình trạng khan hiếm nước càng thêm trầm trọng hơn. Điều đó khiến cho nước đang dần trở thành một trong những vấn đề chính trị tại nhiều quốc gia trên thế giới. Nhằm hạn chế nhu cầu cũng như chống thất thoát nước, đồng thời tăng cường quản lý tài nguyên nước, nhiều chính sách đã được áp dụng (Takahash và cộng sự, 2015).

2.1.1 Nhu cầu về tiếp cận nguồn nước

Mục tiêu thiên niên kỷ của toàn Thế giới về nước vào năm 2015 là 90% dân số thế giới sẽ được hưởng nước sạch. Tuy nhiên cho đến nay, việc tiếp cận được với những dịch vụ cơ bản liên quan đến nước như nước uống an toàn, vệ sinh... vẫn là một vấn đề khó khăn đối với các nước đang phát triển (Peña và cộng sự, 2021). Báo cáo Phát triển Nước Thế giới của Liên hợp quốc gần đây cho thấy, chỉ có 81% dân số thế giới có thể tiếp cận nước uống an toàn tại nhà, ước



tính đến năm 2030 khoảng 1,6 tỷ người chưa được tiếp cận với các điều kiện vệ sinh về nước.

Gia tăng dân số cũng đồng nghĩa với gia tăng nhu cầu lương thực cũng như nhu cầu về nước cũng tăng. Viện Kỹ sư Cơ khí của Vương quốc Anh (IME) tuyên bố rằng, nhu cầu về nước để đáp ứng nhu cầu lương thực vào năm 2050 có thể đạt từ 10 - 13,5 nghìn tỷ mét khối mỗi năm, gấp khoảng ba lần lượng nước hiện tại mà con người sử dụng hàng năm. Sản xuất thịt cần lượng nước cao hơn nhiều so với rau. Ước tính sơ bộ để sản xuất 1kg thịt cần từ 5.000 đến 20.000 lít nước trong khi để sản xuất 1kg lúa mì cần từ 500 đến 4.000 lít nước. Nếu không có quy hoạch sử dụng hợp lý, nhu cầu nước cho nông nghiệp trên toàn thế giới sẽ tăng lên từ 70% đến 90% vào năm 2050, mặc dù sử dụng tài nguyên nước của một số nước hiện đã chạm đến mức giới hạn. Đồng thời, những thay đổi về lối sống và thói quen ăn uống đã diễn ra trong nhiều năm gần đây, nhất là gia tăng tỷ lệ mức tiêu thụ thịt và các sản phẩm bơ sữa tại những nước vừa giàu lên đã tác động rất lớn đến tài nguyên nước.

Sản xuất nhiên liệu sinh học tăng nhanh trong những năm qua đã gây ra những tác động đáng kể đến nhu cầu về nước. Theo thống kê của Statista vào tháng 3/2024, sản lượng ethanol toàn thế giới đã đạt hơn 29,5 tỷ gallon trong năm 2023, tăng gần 1,4 tỷ gallon so với năm 2022. Trong đó, lượng tiêu thụ tập trung chủ yếu ở các nước như Mỹ, Australia, New Zealand, Trung Quốc, Ấn Độ, Brazil... với khoảng 80% lượng dầu thực vật sản xuất tại Cộng đồng Châu Âu được dùng làm nhiên liệu diesel sinh học. Tuy vậy, mặc dù việc gia tăng sử dụng cây trồng cho nhiên liệu sinh học, nhưng tỷ lệ so với tổng sản lượng vẫn còn nhỏ. Mặt khác, để làm ra 1 lít nhiên liệu sinh học phải cần khoảng từ 1.000 đến 4.000 lít nước (vấn đề ở đây là phải cần một lượng lớn nước và phân bón để gieo trồng).

Trong khi đó, nhu cầu về năng lượng đang tăng nhanh, tỷ lệ thuận với nhu cầu về nước. Nhu cầu năng lượng toàn cầu dự kiến tăng lên khoảng 55% vào năm 2030 và chỉ riêng Trung Quốc và Ấn Độ đã chiếm tới 45% lượng tăng này. Sản xuất điện từ nguồn thủy điện dự kiến tăng trung bình hàng năm ở mức 1.7% trong giai đoạn 2004 - 2030, gia tăng tổng thể là 60%. Tuy bị chỉ trích là nguyên nhân gây ảnh hưởng nặng nề đến môi trường và khiến nhiều người dân bị mất chỗ ở, nhưng với nhiều người, các đập thủy điện vẫn được xem là một giải pháp nhằm đáp ứng các nhu cầu năng lượng hiện nay.

Bên cạnh các áp lực gia tăng nhu cầu về nước nêu trên, sự ấm lên toàn cầu sẽ làm cho chu trình thủy văn trở nên biến động mạnh hơn như thay đổi về chế độ

mưa và bốc hơi. Mặc dù chưa xác định được cụ thể những ảnh hưởng nào của hiện tượng này tác động đến tài nguyên nước, nhưng tình trạng thiếu nước chắc chắn sẽ tác động trở lại đến chất lượng nước và tần suất các hiện tượng cực đoan như hạn hán, lũ lụt (Jachimowski, 2017). Chỉ tính riêng ở Châu Phi, do biến đổi khí hậu, số người chịu cảnh thiếu nước và bị đe dọa thiếu nước vào khoảng 720 triệu người, chiếm 50% dân số Châu Phi. Theo ước tính, đến năm 2030 sẽ có 47% dân số thế giới sinh sống tại các vùng chịu căng thẳng về nước. Khan hiếm nước ở một số vùng khô hạn và bán khô hạn sẽ tác động lớn tới sự di cư; do hiếm nước sẽ có từ 24 triệu đến 700 triệu người dân mất chỗ ở.

2.1.2 Hoạt động của các quốc gia nhằm tăng cường đầu tư và quản lý tài nguyên nước

Theo đánh giá chung, đầu tư vào lĩnh vực tài nguyên nước là rất quan trọng đối với tất cả các quốc gia, kể cả với những nước nghèo. Sự phồn vinh trong tương lai của các nước đang phát triển một phần phụ thuộc vào mức độ đầu tư mà họ dành cho ngành nước. Phát triển tài nguyên nước là nội dung chính yếu trong quá trình phát triển kinh tế xã hội. Đầu tư vào ngành nước có thể được lợi theo nhiều cách.

Mỗi một đô la đầu tư vào nước sạch và vệ sinh ước tính sẽ thu lợi được từ 3 đến 34 đô la (Schaefer, 2008). Tuy vậy, tỷ lệ đầu tư vào cơ sở hạ tầng và tăng cường năng lực cho ngành nước từ nguồn ngân sách nhà nước và nguồn vốn ODA là không thỏa đáng. Hỗ trợ phát triển quốc tế cho toàn ngành nước đang ngày càng giảm sút và vẫn chỉ duy trì ở mức 5% tổng nguồn tài trợ. Tại Zambia, chính sách mới về quản lý tổng hợp tài nguyên nước dự định sẽ thực hiện quản lý tổng hợp tài nguyên nước ở tất cả các ngành. Từ năm 2004, với sự hỗ trợ của Cơ quan Phát triển Quốc tế Canada (CIDA), Đối tác Nước Toàn cầu (GWP), chính phủ Zambia đã triển khai Dự án Đối tác Phát triển Nước Châu Phi (PAWD). Cụ thể như khung quốc gia về quản lý tài nguyên nước bền vững và cung cấp dịch vụ đã được xây dựng và triển khai tốt tại Zambia, tăng cường thiết lập hợp tác với các tổ chức tiềm năng để hỗ trợ các dự án - việc phối hợp tốt hơn giữa các ngành xung quanh Kế hoạch phát triển quốc gia lần thứ năm (FNDP) đã tạo ra cơ hội hỗ trợ tài chính tiềm năng cho kế hoạch thực hiện quản lý tổng hợp tài nguyên nước (IWRM).

Hay dự án Anatolia Tây Nam Thổ Nhĩ Kỳ (GAP) là một chương trình phát triển kinh tế - xã hội đa ngành được thiết kế nhằm tăng thêm thu nhập ở khu vực kém phát triển với tổng kinh phí dự tính khoảng 32 tỷ đô la. Kể từ khi mở rộng hệ thống tưới, thu nhập đầu người đã tăng gấp 3 lần. Điện hóa nông thôn và



tỷ lệ được tiếp cận với điện đạt 90%, giảm tỷ lệ tử vong ở trẻ em, khởi động kinh doanh tăng và chế độ sở hữu đất đai công bằng hơn được mở ra đối với đất canh tác, số dân thành thị được phục vụ nước tăng gấp 4 lần. Tại Úc, Chính phủ cũng thay đổi các chính sách quốc gia với một loạt biện pháp mới trong quản lý tài nguyên nước. Tại những thành phố chính đã áp dụng quy định hạn chế dùng nước đối với một số hoạt động như tưới vườn, rửa xe, nước cho bể bơi... Từ năm 2008, Sydney đã áp dụng hình thức cấp nước hai chế độ - một cho nước uống và một dành cho các sử dụng khác được lấy từ nguồn nước tái sử dụng.

Xử lý nước thải cũng giúp tăng thêm lượng nước có thể sử dụng được. Tiêu biểu như biển nước biển thành nước ngọt dựa trên phương pháp khử nước muối được áp dụng để lấy nước uống và nước sử dụng trong ngành công nghiệp tại một số quốc gia khu vực như Ả rập Xê Út, Israel.

2.2 Tình hình quản lý hoạt động cấp nước tại Việt Nam

Trong bối cảnh nhu cầu cấp nước ngày càng tăng cao và tài nguyên nước ngày càng hạn hẹp, tỷ lệ thất thoát nước tại đơn vị quản lý tài nguyên nước trong nước là tương đối cao khiến việc cung ứng nhu cầu dùng nước tại Việt Nam trở nên kém hiệu quả, ảnh hưởng lớn đến hoạt động của người dân. Mạng lưới cấp nước đã được mở rộng, tỷ lệ dân cư được tiếp cận với nước sạch tăng đáng kể. Tuy nhiên, chất lượng nước tại một số khu vực, đặc biệt là các vùng nông thôn, vẫn còn hạn chế. Nhiều hạ tầng cấp nước đã sử dụng nhiều năm chưa được thay thế, công nghệ sử dụng đã lạc hậu, do đó, hoạt động của các đơn vị còn mang tính bị động, chưa chủ động trong việc ứng dụng công nghệ mới để đầu tư cải tạo hệ thống cấp nước, gây khó khăn trong việc quản lý cấp nước, tỷ lệ thất thoát nước lớn, đơn cử như đồng hồ nước sử dụng đã nhiều năm chưa thay thế ảnh hưởng thất thoát do sai số đo đếm. Tình trạng vỡ ống nước xảy ra thường xuyên do các đơn vị thi công gây ra mà không được xử lý kịp thời, gây gián đoạn đến việc cấp nước cho khách hàng và tổn kém chi phí khắc phục.

Lượng nước tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) phụ thuộc vào hơn 80% tổng lượng nước ngọt hằng năm từ thượng nguồn sông Mê-kông đổ về. Nhưng những năm gần đây, có nhiều dấu hiệu cho thấy tài nguyên nước ở ĐBSCL đang bị suy thoái cả về số lượng và chất lượng cũng như sự thay đổi động thái của dòng chảy theo mùa. Nguồn nước thô được khai thác để xử lý làm nước cấp sinh hoạt chủ yếu là nước dưới đất, đây là nguồn nước có chất lượng tương đối tốt và ổn định. Tuy nhiên do ảnh hưởng chung của biến đổi khí hậu và khai thác nước ngầm

quá mức tại ĐBSCL, mực nước ngầm ngày càng hạ thấp. Theo kết quả nghiên cứu của Bộ TN&MT dự báo bằng mô hình tới năm 2022 cho thấy 0,32% (52 km²) diện tích vùng phân bố nước (16.435 km²), tập trung nhiều ở các tỉnh ven biển như Cà Mau, Bạc Liêu, Bến Tre... có nguy cơ bị nhiễm mặn.

2.3 Một số khó khăn và bất cập

Về quản lý rủi ro cấp nước, các địa phương chưa thực hiện hoặc thực hiện không hiệu quả quản lý rủi ro cấp nước. Theo Báo cáo tài nguyên nước quốc gia giai đoạn 2016 - 2021, nếu khu vực nông thôn tồn tại nhiều dự án “đắp chiếu” thì tại khu vực đô thị lại có nhiều công trình về nguồn nước thi công sai quy định, gây ô nhiễm môi trường tại địa phương. Hiện nay, 2/5 nguồn nước đô thị được khai thác từ nước dưới đất để phục vụ mục đích sinh hoạt và được xem có chất lượng cao hơn. Tuy vậy, việc khai thác nguồn nước dưới đất quá mức đáp ứng các mục đích sử dụng đang làm cạn kiệt nguồn nước dưới đất ở một số khu vực, gây suy thoái nguồn nước về cả số lượng và chất lượng cũng là một trong những nguyên nhân làm sụt lún đất. Ở một số đô thị khu vực của vùng đồng bằng, sự suy giảm về số lượng và chất lượng nước dưới đất đang làm tăng đáng kể chi phí cung cấp khi nhu cầu vận chuyển và xử lý chất lượng nước tăng lên (Bùi Xuân Khoa và Lý Thành Tài, 2016).

Tại khu vực nông thôn, nhiều công trình nước sạch được đầu tư hàng tỷ đồng theo Chương trình 135 và Chương trình xây dựng nông thôn mới nhưng không phát huy được hiệu quả, nhiều công trình chờ sửa chữa, thậm chí có công trình đã “chết hẳn” không thể cung cấp nước sạch cho người dân. Trong điều kiện nguồn nước bị ô nhiễm, khô hạn hay xâm nhập mặn, giải pháp đầu tư công trình cấp nước quy mô vùng liên đô thị, vùng liên huyện hoặc liên xã đáp ứng yêu cầu bền vững nhưng ít được quan tâm, ưu tiên đầu tư đúng mức; đối với công trình cấp nước quy mô vùng liên tỉnh đang gặp khó khăn về cơ chế chính sách và sự phối hợp của Ủy ban nhân dân (UBND) các tỉnh.

Về giá nước sạch, cung cấp nước sạch được quy định là dịch vụ công ích, đồng thời lại được quy định là hoạt động sản xuất kinh doanh chịu sự kiểm soát của Nhà nước. Việc quy định đồng thời cấp nước là dịch vụ công ích và sản xuất kinh doanh gây khó khăn trong quản lý phát triển cấp nước. Ngoài ra, giá nước được xác định theo điều kiện dịch vụ, chất lượng đầu tư theo từng vùng phục vụ cấp nước, ví dụ khi xã hội hóa cấp nước, mỗi tỉnh, thành phố sẽ có nhiều giá nước sạch theo các vùng phục vụ. Như vậy, UBND các tỉnh có thể sẽ gặp khó khăn trong việc kiểm soát và ban hành giá bán nước, đặc biệt là khi giá nước sạch không thống nhất ở khu vực dân cư.



Các khu công nghiệp, khu vực dân cư có điều kiện kinh tế phát triển sẽ được các doanh nghiệp quan tâm lựa chọn đầu tư cấp nước, nhưng đa số đối với các khu vực dân cư nông thôn nghèo, khó khăn về nguồn nước chưa được đầu tư cấp nước hoặc chất lượng công trình, chất lượng nước không đáp ứng yêu cầu. Mặc dù, giá nước đã bao gồm chi phí vận hành, song có thể vẫn chưa đủ kinh phí cho vận hành, bảo dưỡng. Tính trung bình, các khoản tiền chi trả chung bao gồm chi phí hoạt động với biên độ 50%. Tuy vậy, tỷ lệ này đã giảm trong thập kỷ qua, với những tác động đối với tính bền vững về tài chính. Ở nhiều nơi chất lượng nước thô đang suy giảm, do vậy các công ty cấp nước có thể sẽ phải chuyển sang các nguồn cấp khác hoặc các quy trình xử lý đắt đỏ hơn, làm tăng chi phí sản xuất và vận chuyển nước. Điều này có thể khiến mục tiêu mở rộng khả năng tiếp cận nước sạch trở nên khó khăn.

3. KINH NGHIỆM CÁC NƯỚC TRONG VIỆC ỨNG DỤNG CÁC MÔ HÌNH CÔNG NGHỆ NHẪM TRIỂN KHAI QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN NƯỚC HIỆU QUẢ

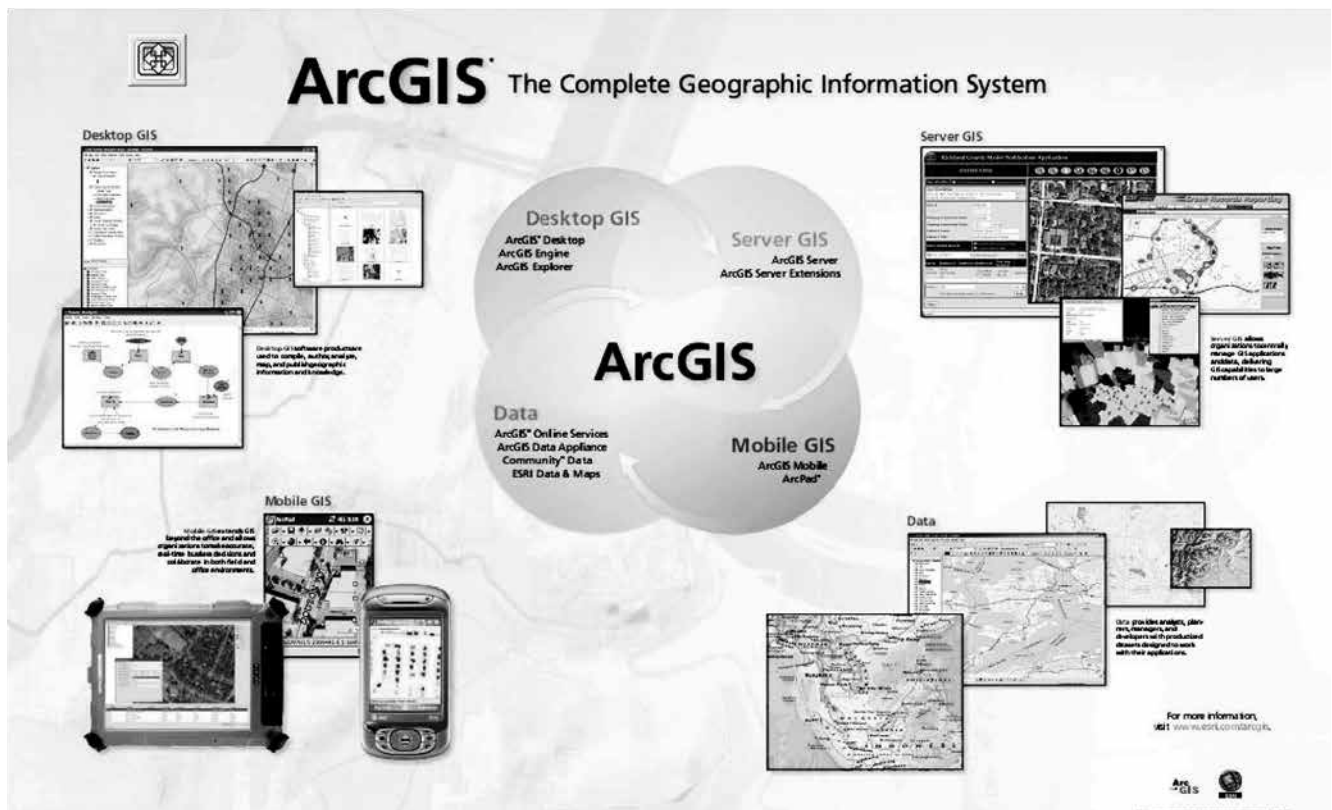
Những năm gần đây, hệ thống thông tin địa lý (GIS) và hệ thống SCADA đóng vai trò quan trọng trong các lĩnh vực khác nhau như: giao thông, điện, thông tin liên lạc, hàng hải... Đặc biệt là trong lĩnh vực quản lý mạng lưới cung cấp nước sạch sinh hoạt.

Đánh giá và quản lý các yếu tố thủy lực là một khâu vô cùng quan trọng trong vận hành mạng lưới cấp nước, tích hợp giữa dữ liệu GIS, SCADA và các phần mềm chuyên ngành cấp nước đem lại hiệu quả cao trong quá trình quản lý, điều phối nước trong mạng lưới. Các nghiên cứu liên quan đến GIS và hệ thống SCADA trong quản lý, vận hành mạng lưới cấp nước xoay quanh vấn đề phân phối nước dựa trên dữ liệu của GIS, xây dựng ứng dụng mới dựa trên dữ liệu GIS để quản lý mạng lưới, xây dựng hệ thống SCADA để vận hành và quản lý lưu lượng và áp lực mạng lưới cấp nước, đánh giá mức độ ô nhiễm nước trong mạng lưới... Trên thế giới, nhiều quốc gia đã và đang ứng dụng GIS và hệ thống SCADA vào quản lý mạng lưới cấp nước.

3.1 Công nghệ ArcGIS tại Mỹ

ArcGIS là hệ thống GIS hàng đầu hiện nay, cung cấp một giải pháp toàn diện từ thu thập/nhập số liệu, chỉnh lý, phân tích và phân phối thông tin trên mạng Internet tới các cấp độ khác nhau như CSDL địa lý cá nhân hay CSDL của các doanh nghiệp. Hiện nay, ArcGIS được sử dụng bởi 70% các công ty toàn cầu lớn nhất, 95% các chính phủ quốc gia lớn nhất và 80% các thành phố lớn nhất.

Về mặt công nghệ, hiện nay các chuyên gia GIS coi công nghệ ESRI là một giải pháp mang tính chất mở, tổng thể và hoàn chỉnh, có khả năng khai thác hết các chức năng của GIS trên các ứng dụng khác



▲ Hình 1: Minh họa bộ phần mềm ứng dụng ArcGIS



nhau như: Ứng dụng máy trạm (ArcGIS Desktop), máy chủ (ArcGIS Server), các ứng dụng Web (ArcIMS, ArcGIS Online) hoặc hệ thống thiết bị di động (ArcPAD, Collector for ArcGIS, Survey123 for ArcGIS...) và có khả năng tương thích cao đối với nhiều loại sản phẩm của nhiều hãng khác nhau.

ArcGIS Desktop bao gồm những công cụ rất mạnh để quản lý, cập nhật, phân tích thông tin và xuất bản tạo nên GIS hoàn chỉnh với 4 chức năng: Thứ nhất là tạo và chỉnh sửa dữ liệu tích hợp (dữ liệu không gian tích hợp với dữ liệu thuộc tính), cho phép sử dụng nhiều loại định dạng dữ liệu khác nhau thậm chí cả những dữ liệu lấy từ Internet; Thứ hai là truy vấn dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính từ nhiều nguồn và bằng nhiều cách khác nhau; Thứ ba là hiển thị, truy vấn và phân tích dữ liệu không gian kết hợp với dữ liệu thuộc tính; Thứ tư là thành lập bản đồ chuyên đề và các bản in có chất lượng trình bày chuyên nghiệp.

ArcGIS Desktop là một bộ phần mềm ứng dụng gồm: ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ModelBuilder, ArcScene và ArcGlobe. Khi sử dụng các ứng dụng này đồng thời, người sử dụng có thể thực hiện được các bài toán ứng dụng GIS bất kỳ, từ đơn giản đến phức tạp, bao gồm cả thành lập bản đồ, phân tích địa lý, chỉnh sửa và biên tập dữ liệu, quản lý dữ liệu, hiển thị và xử lý dữ liệu, chia sẻ dữ liệu GIS. Phần mềm ArcGIS Desktop được cung cấp cho người dùng ở 1 trong 3 cấp bậc với mức độ chuyên sâu khác nhau là ArcView (Basic), ArcEditor (Standard), ArcInfo (Advanced).

ArcView (Basic) có nhiệm vụ cung cấp đầy đủ chức năng cho phép biểu diễn, quản lý, xây dựng và phân tích dữ liệu địa lý, các công cụ phân tích không gian cùng với việc biên tập và phân tích thông tin từ các lớp bản đồ khác nhau đồng thời thể hiện các mối quan hệ và nhận dạng các mô hình. Với ArcView với 6 chức năng chính: (1) Ra các quyết định chuẩn xác hơn dựa trên các dữ liệu địa lý; (2) Xem và phân tích các dữ liệu không gian bằng nhiều phương pháp; (3) Xây dựng đơn giản và dễ dàng các dữ liệu địa lý; (4) Tạo ra các bản đồ có chất lượng cao; (5) Quản lý tất cả các file, CSDL và các nguồn dữ liệu; (6) Tùy biến giao diện người dùng theo yêu cầu.

ArcEditor (Standard) là bộ sản phẩm có nhiều chức năng hơn, dùng để chỉnh sửa và quản lý dữ liệu địa lý. ArcEditor bao gồm các tính năng của ArcView và thêm vào đó là một số các công cụ chỉnh sửa, biên tập. Với ArcEditor, cho phép (1) dùng các công cụ CAD để tạo và chỉnh sửa các đặc tính GIS, tạo ra các CSDL địa lý thông minh; (2) tạo quy trình công việc một cách chuyên nghiệp cho 1 nhóm và cho phép

nhiều người biên tập; (3) xây dựng và giữ được tính toàn vẹn của không gian bao gồm các quan hệ hình học topo giữa các đặc tính địa lý; (4) quản lý và mở rộng mạng lưới hình học; (5) làm tăng năng suất biên tập; (6) quản lý môi trường thiết kế đa người dùng với versioning; (7) duy trì tính toàn vẹn giữa các lớp chủ đề và thúc đẩy tư duy logic của người dùng; (8) cho phép chỉnh sửa dữ liệu độc lập (khi tạm ngừng kết nối với CSDL).

ArcInfo (Advanced) là bộ sản phẩm ArcGIS đầy đủ nhất. ArcInfo bao gồm tất cả các chức năng của ArcView lẫn ArcEditor. Cung cấp các chức năng tạo và quản lý một hệ GIS, xử lý dữ liệu không gian và khả năng chuyển đổi dữ liệu, xây dựng dữ liệu, mô hình hóa, phân tích, hiển thị bản đồ trên màn hình máy tính và xuất bản bản đồ ra các phương tiện khác nhau. Với ArcInfo hệ thống này cho phép người dùng: (1) Xây dựng một mô hình xử lý không gian rất hữu dụng cho việc tìm ra các mối quan hệ, phân tích dữ liệu và tích hợp dữ liệu; (2) Thực hiện chồng lớp các lớp vector, nội suy và phân tích thống kê; (3) Tạo ra các đặc tính cho sự kiện và chồng xếp các đặc tính của các sự kiện đó; (4) Chuyển đổi dữ liệu và các định dạng của dữ liệu theo rất nhiều loại định dạng; (5) Xây dựng những bộ dữ liệu phức tạp, các mô hình phân tích và các đoạn mã để tự động hóa các quá trình GIS; (6) Sử dụng các phương pháp trình diễn, thiết kế, in ấn và quản lý bản đồ để xuất bản bản đồ.

Việc ứng dụng GIS đã góp phần tin học hóa trong công tác quản lý các công trình hạ tầng kỹ thuật nói chung và cấp thoát nước nói riêng. Về mặt lý thuyết, nghiên cứu bước đầu đã tiếp cận công nghệ GIS và xây dựng một hệ thống thông tin phục vụ cho công tác quản lý mạng lưới cấp thoát nước.

3.2 Hệ thống WATSYS tại Mỹ

Dựa trên nền tảng ứng dụng công nghệ ArcGIS, hệ thống WATSYS được cơ quan BVMT Hoa Kỳ phát triển, với hạt nhân cơ bản là EPANET. WATSYS giúp người dùng phân tích, thiết kế và quản lý hệ thống cấp nước. Đó là một hệ thống thông tin đồ họa cho các cơ sở hạ tầng nước. Phần mềm mô phỏng các tình huống để xác định và sửa chữa thiếu sót trong một hệ thống phân phối hiện có, mở rộng hệ thống để đáp ứng nhu cầu trong tương lai, hoặc để dự đoán năng suất của hệ thống trong trường hợp khẩn cấp như trục trặc máy bơm, sự hỏng hóc, trang thiết bị trục trặc hoặc cháy nổ (Sonaje và Joshi, 2015). Nó có thể được sử dụng để mô phỏng ở thời gian cao điểm và thời điểm sử dụng thấp. WATSYS cũng có thể thực hiện phân tích chất lượng nước bao gồm việc phân rã Clo, phân phối Florua, tìm nguồn nước và đo tuổi của nước.



3.3 Hệ thống quản lý mạng lưới đường ống AQUAMAP tại Nhật Bản

Hệ thống quản lý mạng lưới đường ống AQUAMAP được nghiên cứu và phát triển bởi tập đoàn HITACHI của Nhật Bản. Hệ thống thông tin địa lý phát triển trên phần mềm AQUAMAP giúp thiết lập và nâng cao hiệu quả kinh doanh với các dữ liệu kỹ thuật số. Với khả năng sử dụng mô phỏng phân phối áp suất, phân phối lưu lượng và hiển thị hướng dòng chảy, đồng thời lưu và quản lý mạng lưới đường ống đã quy hoạch trong CSDL, các dữ liệu mạng lưới cấp nước được số hóa và chuyển sang dữ liệu GIS, các nhà quản lý có thể truy cập từ trình duyệt web và thiết bị đầu cuối di động, qua đó các thông tin trong mạng lưới cấp nước quốc gia được quản lý một cách hiệu quả. Nhìn chung, hệ thống giúp mô phỏng mạng lưới đường ống cấp nước theo nguyên tắc như phần mềm EPANET.

3.4 Hệ thống i-WATER tại Hàn Quốc

Hệ thống i-Water là hệ thống chuyên ngành được nghiên cứu và phát triển bởi công ty K-Water của Hàn Quốc. Hệ thống được ứng dụng để quản lý hệ thống cấp nước dựa vào thông tin địa lý của mạng lưới cấp nước và giám sát mạng lưới cấp nước thông qua hệ thống SCADA. Hệ thống đưa ra giải pháp giám sát toàn diện và điều khiển quá trình xử lý nước tại một vị trí bất kỳ trên mạng lưới cấp nước. Ngoài ra, hệ thống còn giúp giải quyết hiệu quả hơn trong những quyết định về kinh doanh nước sạch và các định hướng về quy hoạch và phát triển hệ thống cấp nước.

Dựa trên hệ thống i-Water, công ty K-Water đã phát triển một Nhà máy lọc nước AI hoạt động tự động bằng cách sử dụng các công nghệ AI dựa trên dữ liệu lớn. Theo đánh giá của nhiều chuyên gia tại Hàn Quốc, công nghệ i-Water là một sự thay đổi đáng kể so với các nhà máy xử lý nước truyền thống được vận hành và quản lý bằng phân tích và phán đoán của con người, vận hành dựa trên bốn công nghệ cốt lõi: (1) Vận hành tự động (Autonomous operation); (2) Quản lý năng lượng (Energy management); (3) Bảo trì cơ sở dự đoán (Predictive facility maintenance); (4) Công nghệ an toàn thông qua video thông minh (Intelligent video safety technologies). Tháng 4/2022, K-water đã hoàn thành một dự án thí điểm thành công tại Nhà máy lọc nước Hwaseong. K-water lên kế hoạch mở rộng hệ thống lọc nước AI tại 43 nhà máy lọc nước đô thị vào cuối năm 2024.

4. HÀM Ý KHUYẾN NGHỊ CHO VIỆT NAM

Việc nâng cao hiệu quả hoạt động của các doanh nghiệp cung cấp nước là hết sức cần thiết, mang lại hiệu quả kinh tế và môi trường, tiết kiệm chi phí sản

xuất và vận hành, góp phần giảm thiểu phát thải khí các-bon trong quá trình xử lý và phân phối nước sạch... Ý nghĩa hơn, lượng nước thu hồi được do giảm thất thoát nước sẽ giúp nhiều người dân được sử dụng nước sạch hơn, áp lực nước tốt hơn, có ý nghĩa vô cùng to lớn về mặt kinh tế và xã hội. Một số khuyến nghị đúc kết dưới đây có thể được tham khảo để cải thiện chính sách hiện hành và tăng cường khả năng quản lý tài nguyên nước hiệu quả trong thời gian tới.

Một là, hoàn thiện các quy định pháp luật về quản lý tài nguyên nước. Đơn cử như Nghị định số 117/2007/NĐ-CP quy định giá nước sạch phải được tính đúng, tính đủ các yếu tố chi phí sản xuất hợp lý trong quá trình sản xuất, phân phối nước sạch bảo đảm quyền và lợi ích hợp pháp của các đơn vị cấp nước và khách hàng sử dụng nước. Tuy nhiên, giá nước hiện nay chưa tính đủ các chi phí hoặc chưa cập nhật, bổ sung kịp thời các chi phí phát sinh để thực hiện các hoạt động như: Thực hiện cấp nước an toàn, đấu nối và duy trì đấu nối, quản lý rủi ro, lợi nhuận và lộ trình điều chỉnh giá. Hoặc tại Điều 31 của Nghị định số 117/2007/NĐ-CP có quy định UBND hoặc cơ quan được ủy quyền với doanh nghiệp thực hiện dịch vụ cấp nước ký kết Thỏa thuận thực hiện dịch vụ cấp nước. Dù vậy hình thức “thỏa thuận” thể hiện tính pháp lý không cao, đồng thời không có chế tài đi kèm cho đến nay mới chỉ có số ít địa phương thực hiện ký kết Thỏa thuận này. Nhiệm vụ đảm bảo cung cấp nước sạch phục vụ sinh hoạt và đời sống của nhân dân là trách nhiệm của chính quyền địa phương, việc không ký kết này có thể tiềm ẩn rủi ro về an toàn trong cấp nước. Chính vì vậy, cần xem xét lại quy định liên quan đến giá nước sạch và hình thức quản lý, giám sát chặt chẽ giữa cơ quan nhà nước và doanh nghiệp cung cấp nước.

Hai là, cải thiện chính sách khuyến khích đầu tư vào hệ thống cấp thoát nước hiện đại nói chung và áp dụng công nghệ tiên tiến trong xử lý nước thải nói riêng. Chính phủ và các cơ quan ban, ngành liên quan cần đưa ra những chính sách ưu đãi hấp dẫn hơn nữa dành cho các doanh nghiệp, đặc biệt là những đơn vị sở hữu công nghệ xử lý nước thải tiên tiến. Tiêu biểu như chính sách về miễn, giảm thuế, hỗ trợ vốn tín dụng ưu đãi, tạo điều kiện thuận lợi trong thủ tục hành chính, ưu tiên lựa chọn các dự án ứng dụng công nghệ xanh...

Ba là, triển khai mô hình quản lý tài nguyên nước quốc gia thông qua nâng cấp hệ thống hạ tầng công nghệ thông tin. Hệ thống thông tin hiện đại không chỉ giúp các cơ quan quản lý nắm bắt kịp thời tình



hình tài nguyên nước mà còn hỗ trợ trong việc đưa ra các quyết định chính xác, hiệu quả. Bằng cách kết nối các nguồn dữ liệu, hệ thống giúp dự báo chính xác các tình huống như hạn hán, lũ lụt, từ đó chủ động ứng phó. Các quốc gia như Mỹ, Nhật Bản và Hàn Quốc đã chứng minh rằng đầu tư vào công nghệ quản lý tài nguyên nước là một giải pháp hiệu quả trong giám sát, xử lý nguồn nước sạch, góp phần giải quyết các vấn đề ô nhiễm nguồn nước và biến nước thải thành tài sản.

Bốn là, bên cạnh việc xây dựng các chính sách khuyến khích sử dụng nước tiết kiệm và nâng cao nhận thức của người dân về tầm quan trọng của việc bảo vệ nguồn nước, Chính phủ, các cơ quan ban, ngành và doanh nghiệp cũng cần nâng cao trình độ ứng dụng công nghệ trong vận hành quản lý tài nguyên nước. Thông qua các chương trình trao đổi, Việt Nam nên tăng cường đào tạo hợp tác quốc tế, chủ động kết nối chia sẻ thông tin, kinh nghiệm trong công tác thúc đẩy mạng lưới các trường Đại học, nhóm các chuyên gia, nhà quản lý và doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực cung cấp và quản lý tài nguyên nước, định hướng sử dụng bền vững tài nguyên nước quốc gia.

5. KẾT LUẬN

Qua việc phân tích nhu cầu và thực trạng về quản lý tài nguyên nước trên thế giới cũng như tại Việt Nam, nghiên cứu khẳng định tầm quan trọng của nguồn tài nguyên này đối với sự phát triển bền vững của mỗi quốc gia. Các nước phát triển như Mỹ, Nhật Bản và Hàn Quốc đã đạt được những thành tựu đáng kể trong quản lý tài nguyên nước bằng cách tăng cường đầu tư vào công nghệ, xây dựng các chính sách hợp lý và nâng cao nhận thức của cộng đồng. Trong đó, ứng dụng công nghệ hiện đại vào điều hành, giám sát mạng lưới cấp nước không chỉ tối ưu công tác quản lý tài nguyên nước mà còn góp phần BVMT và thích ứng với biến đổi khí hậu. Về lâu dài, để thực hiện mục tiêu xây dựng một hệ thống quản lý tài nguyên nước hiệu quả và bền vững, nước ta cần tập trung đầu tư mạnh mẽ vào cơ sở hạ tầng, công nghệ, nguồn nhân lực với sự chung tay tham gia tích cực của cả chính phủ, doanh nghiệp và người dân.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Luật Tài nguyên nước số 28/2023/QH15, ban hành ngày 27/11/2023.
2. Văn bản hợp nhất số 12/VBHN-BXD, ban hành ngày 27/4/2020 quy định về sản xuất, cung ứng và tiêu thụ nước sạch.

3. Thông tư số 08/2012/TT-BXD, ban hành ngày 21/11/2012 hướng dẫn thực hiện bảo đảm cấp nước an toàn.
4. Cronin, J. J. and Taylor, S. A. (1992), "Measuring Service Quality: A Reexamination and Extension", *Journal of Marketing*, 56(3), pp.55-68. Doi: 10.2307/1252296.
5. Jachimowski, A. (2017), "Factors affecting water quality in a water supply network", *Journal of Ecological Engineering*, 18(4), pp.110-117. Doi: 10.12911/22998993/74288.
6. Mishra, R. K. (2023), "Fresh Water availability and Its Global challenge", *British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies*, 4(3), pp. 1-78. Doi: 10.37745/bjmas.2022.0208.
7. Peña, O. I. G., Zavala, M. A. L and Ruelas, H. C. (2021), "Pharmaceuticals Market, Consumption Trends and Disease Incidence Are Not Driving the Pharmaceutical Research on Water and Wastewater", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5). Doi: 10.3390/ijerph18052532.
8. Parasuraman, A., Zeithaml, V. and Berry, L. (1985), "A Conceptual Model of Service Quality and its Implications for Future Research", *Journal of Marketing*, 49(4), pp.41-50. Doi: 10.2307/1251430.
9. Saghi, H. and Ansari, A. (2015), "Effective Factors in Causing Leakage in Water Supply Systems and Urban Water Distribution Networks", *American Journal of Civil Engineering*, 3(2), pp.60-63. Doi: 10.11648/j.ajce.s.2015030202.22.
10. Sonaje, N. P. and Joshi, M. G. (2015), "A review of modeling and application of water distribution networks (WDN) softwares", *International Journal of Technical Research and Applications*, 3(5), pp.174-178.
11. Schaefer, M. (2008), "Water technologies and the environment: Ramping up by scaling down", *Technology in Society*, 30(3-4), pp.415-422. Doi: 10.1016/j.techsoc.2008.04.007.
12. Tkachuk, A., Pilipaka, L. and Azizova, A. (2018), "Optimization of City Water Supply Networks on Their Structural and Functional Analysis Base", *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3), pp.680-685. Doi: 10.14419/ijet.v7i3.2.14613.
13. Bùi Xuân Khoa và Lý Thành Tài (2016), "Nghiên cứu các giải pháp phân phối nước đều nhằm cải thiện dịch vụ cấp nước tại TPHCM", *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, 55, tr.29-35.
14. Takahashi, S., Adachi, S., Takemoto, T. and Umeki, M. (2015), "Water Distribution Solution for More Efficient Operation of Water Supply", *Hitachi Review*, 64(9), pp.564-569.