TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Bài báo khoa học

Chọn lựa công nghệ và tiềm năng ứng dụng công nghệ IOT trong hệ thống khử mặn để cấp nước sinh hoạt cho người dân vùng bị xâm nhập mặn khu vực Bến Tre

Trần Thành[1*], Phùng Chí Sỹ[1], Hồ Thị Thanh Vân[2], Nguyễn Đình Quý[3], Lê Thanh Hải Bửu[3], Lâm Văn Tân[4]

[1] Trường ĐH Nguyễn Tất Thành, TP. Hồ Chí Minh; tthanh@ntt.edu.vn; entecvn.pcsy@gmail.com

[2] Trường ĐH Tài nguyên và Môi trường TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh; httvan@hcmunre.edu.vn

[3] Công ty Cổ phần WASOL; henry.nguyen@wasol–vn.com; buu.le@wasol–vn.com

[4] Sở khoa học và công nghệ tỉnh Bến Tre; lvtan@ntt.edu.vn

*Tác giả liên hệ: tthanh@ntt.edu.vn; Tel.: +84–986088210
Ban Biên tập nhận bài: 3/2/2022; Ngày phản biện xong: 31/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

Tóm tắt: Hiện nay, hiện tượng ngập mặn đã ảnh hưởng đến 10/13 tỉnh trong khu vực đồng bằng sông Cửu Long. Với các nhà máy cấp nước theo công nghệ cũ ở hầu hết các tỉnh là chưa đáp ứng được các yêu cầu về khử mặn để mang lại đủ nước sinh hoạt cho người dân khu vực, dẫn đến tình trạng khan hiếm nước ngọt. Tìm kiếm công nghệ và triển khai lắp đặt các công trình, thiết bị xử lý nước biển và nước lợ để cung cấp nước cho các cụm dân cư, đô thị ven biển và hải đảo là một nhiệm vụ cấp bách và cần thiết, đặc biệt là trong tình hình biến đổi khí hậu như hiện nay. Nghiên cứu dự kiến thiết lập hệ xử lý khử mặn thử nghiệm với quy mô hai m^2/ngày đêm và ứng dụng công nghệ IOT để tự động hoá và kiểm soát quá trình đơn giản nhất, tiết kiệm năng lượng và mang lại tính khả thi trong vấn đề chuyển giao công nghệ thực tế đến các khu vực trong tình trạng nguồn nhân lực còn nhiều hạn chế.

Từ khóa: Bến Tre; Công nghệ khử mặn; Cấp nước sinh hoạt; IOT; xâm nhập mặn.

1. Giới thiệu

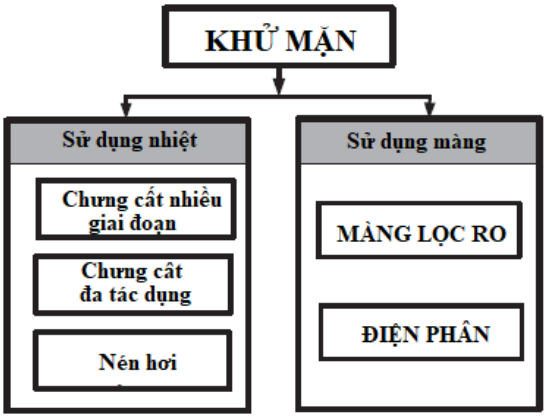
ĐBSCL gồm 13 tỉnh và thành phố, có diện tích khoảng 40.000 km^2; địa hình thấp và bằng phẳng, phần lớn có độ cao trung bình từ 0,7–1,2 m so với mực nước biển và là vùng bị ảnh hưởng nặng nề bởi biến đổi khí hậu, chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi triều cường và xâm nhập mặn. Hằng năm, diễn biến cực đoan của khí hậu như: các đợt hạn, độ mặn đã bắt đầu có xu hướng đến sớm hơn, với nồng độ ngày càng cao và kéo theo xâm nhập mặn sâu trong nội đồng là chuyện thường xảy ra; ảnh hưởng nghiêm trọng đến hoạt động sản xuất và đời sống sinh hoạt của trên 21 triệu dân, trong đó có trên 80% dân số sống ở vùng nông thôn. Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Chỉ thị 04/CT–TTg ngày 22/01/2020 về việc triển khai các giải pháp cấp bách phòng, chống hạn hạn, thiếu nước, xâm ngập mặn. Theo Tổng cục Thủy lợi (Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn), cập nhật đến ngày 10/04/2020, hạn hán, xâm nhập mặn tại ĐBSCL gây thiệt hại nặng nề khiến khoảng 79.200 hộ dân đang gặp khó khăn, thiếu nước sinh hoạt (Bến Tre có 12.700 hộ, Sóc Trăng: 19.000 hộ, Kiên Giang: 11.300 hộ, Cà Mau: 17.500 hộ, Bạc Liêu: 3.300 hộ, Long An: 7.900 hộ, Trà Vinh: 6.000 hộ) và 43.000 ha lúa đông xuân, 1.700 ha cây ăn quả, 79 ha rau màu bị thiệt hại. Nghiên cứu về xâm nhập mặn và độ mặn thu hút được quan tâm từ những năm 1960 khi bắt đầu tiến hành quan trắc độ mặn ở hai vùng đồng bằng sông Hồng và ĐBSCL. Khởi đầu là các dự án, công trình

nghiên cứu, tính toán về xác định ranh giới xâm nhập mặn theo phương pháp thống kê trong hệ thống kênh rạch thuộc 9 vùng cửa sông thuộc ĐBSCL. Các kết quả tính toán từ chuỗi số liệu thực đo đã lập nên bản đồ đẳng trị mặn với hai chỉ tiêu cơ bản 1‰ và 4‰ cho toàn khu vực đồng bằng trong các tháng từ tháng 12 đến tháng 4. Trong 6 trạm đo mặn đại diện cho khu vực tỉnh Bến Tre, có 3 trạm nằm ở vị trí cửa sông (An Thuận, Bến Trại và Bình Đại) và 3 trạm nằm ở sâu hơn về phía thượng lưu (Hương Mỹ, Lộc Thuận và Sơn Đốc). Kết quả cũng cho thấy, các năm có độ mặn nhỏ hơn nhiều là năm 2000, 2001, 2003, 2006, 2008, những năm về sau lớn hơn nhiều là năm 2013, 2015, 2016. Năm 2016 là năm có xâm nhập mặn lớn nhất xuất hiện, có giá trị lớn hơn trung bình đến 8‰ ở tất cả các trạm, mức mặn có lúc lên tới 25.000 mg/l. Những năm tiếp theo, Phạm Việt Hoà cùng cộng sự thuộc viện Địa Lý Tài Nguyên TP.HCM đã nghiên cứu phương pháp đánh giá hạn mặn bằng viễn thám, từ đó lập nên bản đồ phân vùng xâm nhập mặn, mức độ và diễn biến xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre được xây dựng từ công nghệ viễn thám đa tầng, đa độ phân giải, đa thời gian. Kết quả cho thấy độ mặn ngày càng gia tăng và xâm nhập vào sâu rộng hơn, hầu hết các thời điểm cận đỉnh mặn lên hơn 25‰. Theo ghi nhận các kết quả nghiên cứu đến 2019–2020 của Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Bến Tre, trên sông Hàm Luông và Cổ Chiên, xâm nhập mặn rất nhanh và ở mức sâu hơn đợt hạn mặn lịch sử năm 2016. Tại cảng cá Bình Đại (huyện Bình Đại), độ mặn từ 26–29‰; tại xã An Thuận (huyện Thạnh Phú), mặn giao động từ 25–28‰; tại Tiệm Tôm (huyện Ba Tri), độ mặn lên đến 27–30‰. Độ mặn 4‰ đã xâm nhập vào đất liền cách cửa sông khoảng 48–68 km, qua địa bàn các xã: Tân Thạch, Tiên Long (huyện Châu Thành); Long Thới, Tân Thiềng (huyện Chợ Lách). Độ mặn 1‰ xâm nhập vào đất liền cách cửa sông từ 63–83 km, qua địa bàn các xã Phú Túc (huyện Châu Thành), Vĩnh Bình (huyện Chợ Lách).

Về công tác ứng phó với mặn trong ngắn hạn, từ đầu năm 2020 đến nay, MTTQ Việt Nam, các tổ chức thành viên của Mặt trận các cấp trong tỉnh vận động các tổ chức, cá nhân trong và ngoài tỉnh hỗ trợ bồn trữ nước, máy lọc nước, nước uống, nước ngọt để tặng cho người dân khắc phục hạn mặn. Riêng Ủy ban MTTQ Việt Nam tỉnh đã tiếp nhận, phân phối các nguồn lực hỗ trợ của các tổ chức, cá nhân trong và ngoài tỉnh đến người dân trên địa bàn tỉnh khắc phục hạn mặn gồm: 1.653 bồn trữ nước; 8.600 bình nước uống các loại, hàng trăm m3 nước ngọt đã giúp người dân phần nào giảm bớt khó khăn trong đợt hạn mặn, nhất là những hộ nghèo, cận nghèo, gia đình chính sách khó khăn trên địa bàn tỉnh. Và trong thời điểm này, trên địa bàn tỉnh có nhiều điểm chia sẻ nước ngọt cho người dân, tiêu biểu như bà Nguyễn Thị Hưỡng, xã Phú Hưng; Garage Nguyên Dũng, phường Phú Khương, thành phố Bến Tre; ông Nguyễn Phước Thành, xã Phú Thuận, huyện Bình Đại; Anh Trần Văn Hòa, xã Hòa Nghĩa, huyện Chợ Lách; thương binh Huỳnh Hữu Nghĩa, xã Phước Thạnh, huyện Châu Thành. Tuy nhiên mới chỉ giải quyết được một phần ngọn của vấn đề và không mang tính bền vững do giá thành, công vận chuyển cho cấp nước ngọt đang ở mức rất cao. Để ứng phó trong dài hạn, trong thời gian qua, tỉnh Bến Tre đã nghiên cứu đắp 10 đập tạm trữ nước, nạo vét 260 km tuyến kênh nội đồng; vận hành hồ chứa nước ngọt Kênh Lấp, huyện Ba Tri trữ trên 800.000 m^3 nước; lắp đặt và vận hành tối đa công suất các hệ thống lọc mặn RO. Nhìn chung, tổng quát các công nghệ khử mặn ở Việt Nam hay đồng bằng sông Cửu Long nói chung và ở khu vực Bến Tre cho thấy các công trình khử mặn đã được triển khai từ lâu, tuy nhiên có nhiều vấn đề hạn chế trọng tâm cần giải quyết: (1) Hầu hết thiết bị ứng dụng công nghệ khử mặn đều ở quy mô rất nhỏ để thí nghiệm hay để cấp nước cục bộ cho hộ gia đình, chưa thể giải quyết được vấn đề hạn mặn trong tầm vĩ mô. (2) Đặc trưng độ mặn của Bến Tre hay khu vực đồng bằng sông Cửu Long rất phức tạp do ảnh hưởng của điều kiện thời tiết, lưu lượng của sông thượng nguồn đổ về, ảnh hưởng hạn mặn theo từng năm dẫn đến độ mặn muối biến thiên liên tục với khoảng thay đổi từ nhỏ 4000 mg/l đến rất mặn 35000 mg/l. Điều này sẽ gây khó khăn vô cùng lớn cho tất cả các công nghệ xử lý nước nhiễm mặn có thể hoạt động vận hành ổn định, hệ thống với chất lượng mặn đầu vào biến thiên sẽ làm giảm tuổi thọ, giảm công suất thiết kế, lãng phí về năng lượng vận hành và trên hết là yêu cầu về người vận

hành hệ thống phải có chuyên môn cao để xử lý hiệu quả đối với nước có độ mặn cao hay biến thiên rộng. (3) Các công nghệ khử mặn hiện tại hầu hết là nhập ngoại và phụ thuộc rất lớn vào nhà sản xuất về công năng và linh kiện. Trong điều kiện biến thiên độ mặn phải thay đổi chế độ vận hành, lượng tuần hoàn rất phức tạp sẽ dẫn đến nguy cơ hư hỏng các thiết bị nếu người vận hành không có khả năng kiểm soát; (4) việc tắc nghẽn màng khi vận hành lọc RO là một vấn đề tồn tại đến hiện nay và làm giá thành hệ thống lọc mặn RO tăng cao ngoài ra việc tiên tốn rất nhiều năng lượng khi vận hành hệ thống lọc RO là những hạn chế rất lớn của hệ thống khi triển khai rộng rãi vào thực tế.

Đứng trước nhu cầu về nước sạch trên thế giới và Việt Nam ngày càng gia tăng dưới tác động ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, hiện tượng hạn hán, xâm nhập mặn nên công nghệ xử lý nước mặn (nước biển), nước nhiễm mặn (nước lợ) ngày càng được quan tâm nhiều hơn trong cộng đồng nghiên cứu và ứng dụng [1–2]. Khử mặn đã được nghiên cứu trong nhiều thế kỷ nhưng mới chỉ đạt được những kết quả nổi bật trong vài năm qua [3]. Việc lựa chọn loại công nghệ xử lý nước mặn (nước biển), nước nhiễm mặn (nước lợ) sao cho phù hợp với điều kiện, hoàn cảnh và mục tiêu ứng dụng ở mỗi vùng và lãnh thổ là rất quan trọng do sự khác nhau về thổ nhưỡng, độ mặn của nước đầu vào và điều kiện tự nhiên.



Hình 1. Công nghệ xử lý nước mặn, nước nhiễm mặn phổ biến hiện nay.

Có rất nhiều nghiên cứu trên thế giới đã được thực hiện để so sánh các công nghệ khác nhau, trong đó chủ yếu dựa trên công nghệ nhiệt và lọc màng [4]. Một số nghiên cứu đã so sánh tổng quan một số ưu điểm và hạn chế về: khả năng sản xuất, hiệu suất thu hồi, tiêu thụ năng lượng, chi phí vận hành, thiết kế thi công, tiêu chuẩn chất lượng nước, hiệu quả kinh tế của các công nghệ khử mặn thường sử dụng như chưng cất nén hơi (vapor compression distillation) [5–7]; thẩm thấu ngược (RO) [8–11]; UF–NF [12–14]; FO–RO [5, 15, 16]; FO–OMBR [17, 18]; FDFO–NF [19] Công nghệ màng để hỗ trợ xử lý nước nhiễm mặn bắt đầu phát triển và đến năm 1960, khi màng không đối xứng được ứng dụng trong khử mặn thì ngành công nghiệp này mới được mở rộng và phát triển [20, 21]. Năm 2013, có hơn 17.000 nhà máy hoạt động, cung cấp khoảng 80 × 10^6 m^3 nước/ngày cho 300 triệu người tại 150 quốc gia [21]. Năm 2015, công suất tăng lên gần 97,5 × 10^6 m^3 nước/ngày [22]. Nguồn cung cấp nước dự kiến sẽ tăng lên 192 × 10^6 m^3 nước/ngày vào năm 2050 [23]. Công nghệ màng lọc đang trở nên phổ biến hơn ở nhiều khu vực do mức tiêu thụ năng lượng phù hợp, ít ảnh hưởng môi trường và khả năng ứng dụng linh hoạt [24]. Một số công nghệ màng bao gồm siêu lọc, màng điện phân, và thẩm thấu ngược [4, 25] đã được phát triển để đáp ứng nhu cầu nước ngọt nhiều vùng trên thế giới.

Từ những thực trạng nêu trên cho thấy tính cấp thiết và khả thi của nghiên cứu cần tập trung vào việc nghiên cứu xây dựng một hệ thống khử mặn nghiên cứu tối ưu các giai đoạn xử lý và tích hợp ứng dụng IoT để linh hoạt trong chế độ vận hành ở các điều kiện công nghệ khác nhau. Dựa trên yêu cầu đó, một hệ thống xử lý nước nhiễm mặn quy mô tập trung với

chi phí tiết kiệm năng lượng, tăng cường thời gian sử dụng hiệu quả màng lọc RO bằng việc nghiên cứu các hệ thống tiền xử lý để nâng cao hiệu quả lọc, hệ thống rửa màng để giảm hao phí thay thế vật tư tiêu hao, đồng thời có thể kiểm soát được điều kiện vận hành và thay đổi chế độ vận hành kịp thời, tự động dựa vào sự biến thiên của nước đầu vào là vô cùng cấp thiết.

2. So sánh và lựa chọn công nghệ khử mặn phù hợp

Để chọn lựa công nghệ khử mặn phù hợp, dựa vào tình hình thực tế ở khu vực Bến Tre và đồng bằng sông Cửu Long có độ mặn biến thiên và thay đổi theo mùa, nhu cầu sử dụng nước lớn cho sinh hoạt và nông nghiệp, các tiêu chí đánh giá được chọn lựa theo: (1) có khả năng áp dụng với quy mô tập trung để cung cấp nước sạch cho người dân, trước hết là đáp ứng cho nhu cầu sinh hoạt; (2) công nghệ có thể thích ứng được với điều kiện độ mặn thay đổi; (3) có giá thành–chi phí xử lý tốt nhất trong tình trạng độ mặn thay đổi từ 5‰ lên đến 30‰.

Hiện nay, có nhiều dự án/đề tài nghiên cứu đang triển khai nhằm cải thiện và tối ưu công nghệ; giảm thiểu tiêu thụ năng lượng các công nghệ khử mặn, giảm chi phí vận hành sản xuất; đánh giá khả thi về mặt kinh tế [9]. Trong đó, công nghệ lai là loại công nghệ kết hợp nhiều loại công nghệ khác nhau có tiềm năng phát triển [26] như màng lọc RO kết hợp màng lọc nano (NF), Lọc nước thẩm thấu tiếp (FO), màng siêu lọc (UF), màng lọc sinh học MBR [27, 28]. Về mặt kỹ thuật cũng cần xem xét những yếu tố ảnh hưởng như độ phức tạp của công nghệ khi vận hành cùng những tiêu hao vật tư để có thể có một sự chọn lựa phù hợp được thể hiện trong Bảng 1.

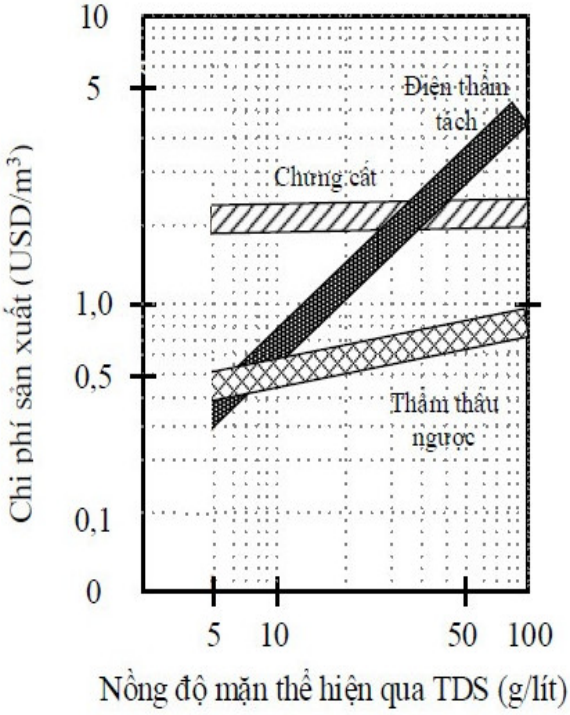
Bảng 1. Bảng so sánh thông số kỹ thuật của một số loại màng.

Thông số	RO	UF–NF	FO–RO	FO–OMBR	FDFO–NF
Hãng thương mại điển hình	FilmTec SW4040	Nitto Denko ESNA1–LF 4040 ESNA3, Hydranautics	Hydration Technologies Innovation	–	Hydration Technology Innovations, Albany,OR
Vật liệu	Polyamide	Cellulose triacetate (CA)	Cellulose triacetate (CA) hoặc TFC	Cellulose triacetate (CA)	Cellulose triacetate (CA)
Lưu lượng (L/h)	25	2000	4 – 8	5.9	8
Công suất lọc (m^3/ngày)	120 – 50345	6	15 – 100	13	14.4
Áp suất hoạt động (bar) (Bơm hút – bơm qua màng)	73	4 – 41	0.45 – 60	24.318	25
Điện áp làm việc (kWh/m^3)	5 – 10		0.38 – 4.9		
pH	~ 6.5	3 – 10	7 – 8.1	6 – 8	7 – 8.0
Lượng muối đầu vào (ppt)	5000 – 46000	5000 – 15000	73000	395	2491
Nhiệt độ hoạt động (°C)	22 – 33	Nhỏ hơn 40	20 ± 2.0	30 ± 2.0	4.2 – 26.5

Thông số	RO	UF–NF	FO–RO	FO–OMBR	FDFO–NF
Điều kiện thêm để hoạt động	Bộ lọc sơ bộ và hóa chất, xử lý chỉnh pH nước trên 6.5	Không	Chuẩn bị dung dịch raw solution nồng độ cao	Chuẩn bị dung dịch raw solution nồng độ cao	Chuẩn bị dung dịch raw solution nồng độ cao

Qua đó có thể thấy công nghệ RO có thể thích hợp trong việc ứng dụng trong điều kiện thực tế do khả năng khử mặn với độ sai lượng muối đầu vào rộng. Độ pH ở mức trung tính và nhiệt độ hoạt động phù hợp với tính chất nước địa phương. Công suất lọc đa dạng với độ mặn thấp có thể nâng cao công suất thêm. Các thiết bị thay thế cho các thiết bị hỗ trợ khi có sự cố cũng dễ dàng tìm kiếm do quá trình thương mại hoá rộng rãi ở Việt Nam.

Tiêu thụ năng lượng được xem xét tham khảo tại hình 2 cho thấy các nhà máy RO là 3,5–4,2 kWh trên mỗi m^3 nước, trong đó hệ thống RO sử dụng trực tiếp 2,9–3,5 kWh và phần còn lại được sử dụng để bơm lấy nước cấp, tiền xử lý, và các hệ thống phụ trợ khác [29, 30]. Hiện nay, một số nghiên cứu tập trung sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, gió và địa nhiệt [2, 31, 32] nhằm giảm chi phí năng lượng. Một số nghiên cứu đã áp dụng hệ thống thẩm thấu ngược RO mạch kín (CCRO) cho thấy tiết kiệm năng lượng đáng kể, CCRO giảm (~ 37%) so với RO thông thường, tiết kiệm tổng cộng được 64% năng lượng [33]. Tuy nhiên, quy trình này thực hiện quy mô thí nghiệm và chưa được thương mại hóa [33].



Hình 2. Mối quan hệ giữa chi phí sản xuất (USD/m^3) của ba loại công nghệ khử mặn (chưng cất, điện thẩm tách và thẩm thấu ngược) với nồng độ muối của nước được khử mặn [34].

So sánh và lựa chọn loại công nghệ sẽ được dựa trên sự phân tích các kết quả nghiên cứu của các dự án đã được triển khai trên thế giới, kết hợp với các tiêu chuẩn được thiết lập dựa trên thực tế điều kiện và hoàn cảnh tại địa phương. Loại công nghệ được lựa chọn phải đáp ứng được tiêu chuẩn quy định và có hiệu quả kinh tế, trong đó công nghệ RO được sử dụng phổ biến nhất trên toàn thế giới (chiếm 61% thị phần) [3]. Trong công nghệ RO, việc sử dụng bơm áp lực cao nhằm đẩy nước biển qua màng bán thấm để thu được nước sinh hoạt là rất quan trọng [32]. Thông qua so sánh và lựa chọn loại công nghệ sẽ được dựa trên sự phân tích

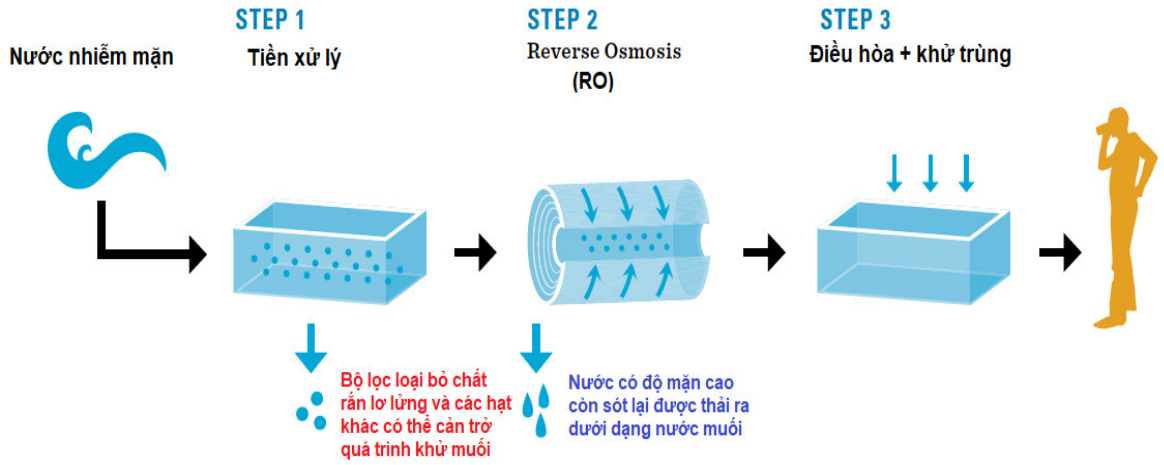
các kết quả nghiên cứu của các dự án đã được triển khai trên thế giới, kết hợp với các tiêu chuẩn được thiết lập dựa trên thực tế điều kiện và hoàn cảnh tại địa phương.

Nhìn chung với công nghệ RO cho kết quả xử lý đạt hiệu quả tốt, nước đầu ra đáp ứng quy chuẩn nước sinh hoạt nhưng để có thể phát triển thương mại hay phát triển lên quy mô lớn hơn còn phải trải qua các nghiên cứu và thử nghiệm nhiều hơn. Với trạng là các công nghệ khử mặn RO ở Việt Nam thường chỉ được áp dụng trong các sản phẩm nhập khẩu thương mại với quy mô nhỏ (phổ biến nhất là quy mô hộ gia đình) và gặp trở ngại lớn về chi phí giá thành thiết bị. Hầu hết các nghiên cứu khử mặn tại Việt Nam đều ở quy mô nhỏ dạng phòng thí nghiệm theo hình thức mô phỏng và hầu như chưa có áp dụng quy mô thực nghiệm hay quy mô tập trung hoặc tích hợp các công nghê tiên tiến;hay tập trung vào xử lý nước nhiễm mặn (nước lợ).

Do vậy, với tình trạng khan hiếm nước ngọt khi mùa khô đến như ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long nói riêng, việc phát triển công nghệ xử lý nước nhiễm mặn quy mô tập trung phải cần được quan tâm nhiều hơn tại các nhà máy và các trạm cấp nước sinh hoạt, phù hợp với điều kiện, hoàn cảnh và mục tiêu ứng dụng của địa phương. Đặc biệt tình hình độ mặn phức tạp biến thiên liên tục, việc vận hành và điều khiển hệ thống gặp rất nhiều khó khăn và dễ có nhiều rủi ro. Nhu cầu ứng dụng các công nghệ điều khiển tự động cũng rất cấp thiết và vô cùng có ý nghĩa thực tế trong giai đoạn chuyển đổi số như hiện nay.

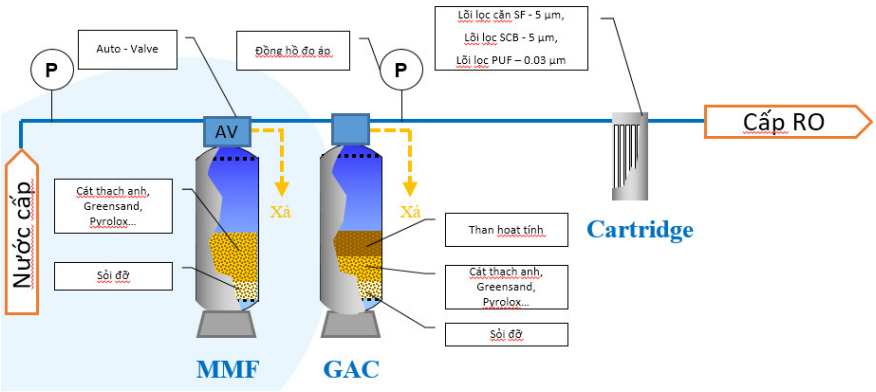
3. Quy trình khử mặn đề xuất

Nghiên cứu được thực hiện tại trung tâm Phát triển công nghệ cao ĐH Nguyễn Tất Thành–khu công nghệ cao (*The Saigon Hi–Tech Park*), phường Tân Phú, quận 9, thành phố Thủ Đức, thành phố Hồ Chí Minh. Các phân tích chỉ tiêu về nước mặn và hệ thống dữ liệu quan sát được theo dõi tại phòng thí nghiệm công nghệ môi trường–Viện khoa học môi trường. Về quy trình sơ đồ công nghệ, hệ thống khử mặn thử nghiệm quy mô 2 m^3/ngày theo quy trình công nghệ được mô tả như hình 3.

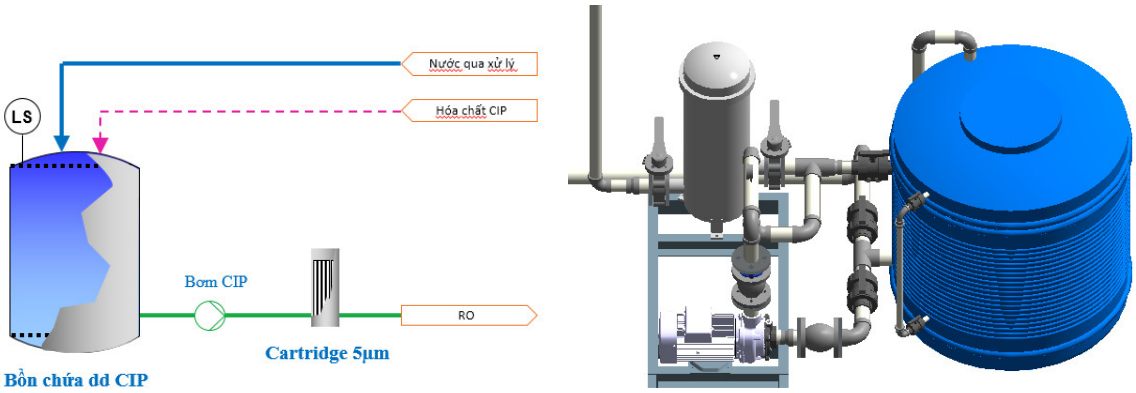


Hình 3. Quy trình xử lý nước nhiễm mặn bằng công nghệ RO có tiền xử lý.

Từ hệ thống nước lợ đầu vào, thông qua đường ống được bơm lên hệ tiền xử lý để khử bớt các tạp chất và giảm chỉ số SDI thấp hơn 5 như Hình 4. Sau đó nước được bơm qua hệ thống lọc RO để tiến hành khử mặn. Nước đầu ra khi đạt yêu cầu về độ mặn sẽ theo đường ống qua thiết bị khử trùng UV trước khi vào bể chứa nước thành phẩm. Để bảm bảo hệ thống được hoạt động ổn định và tránh tình trạng bị nghẽn, tắc màng và tăng tuổi thọ hoạt động của màng. Hệ thống cũng kết nối với hệ châm hoá chất chống cáu cặn màng tự động và hệ thống rửa lọc màng tự động CIP khi chỉ số TMP tăng cao (hình 5).

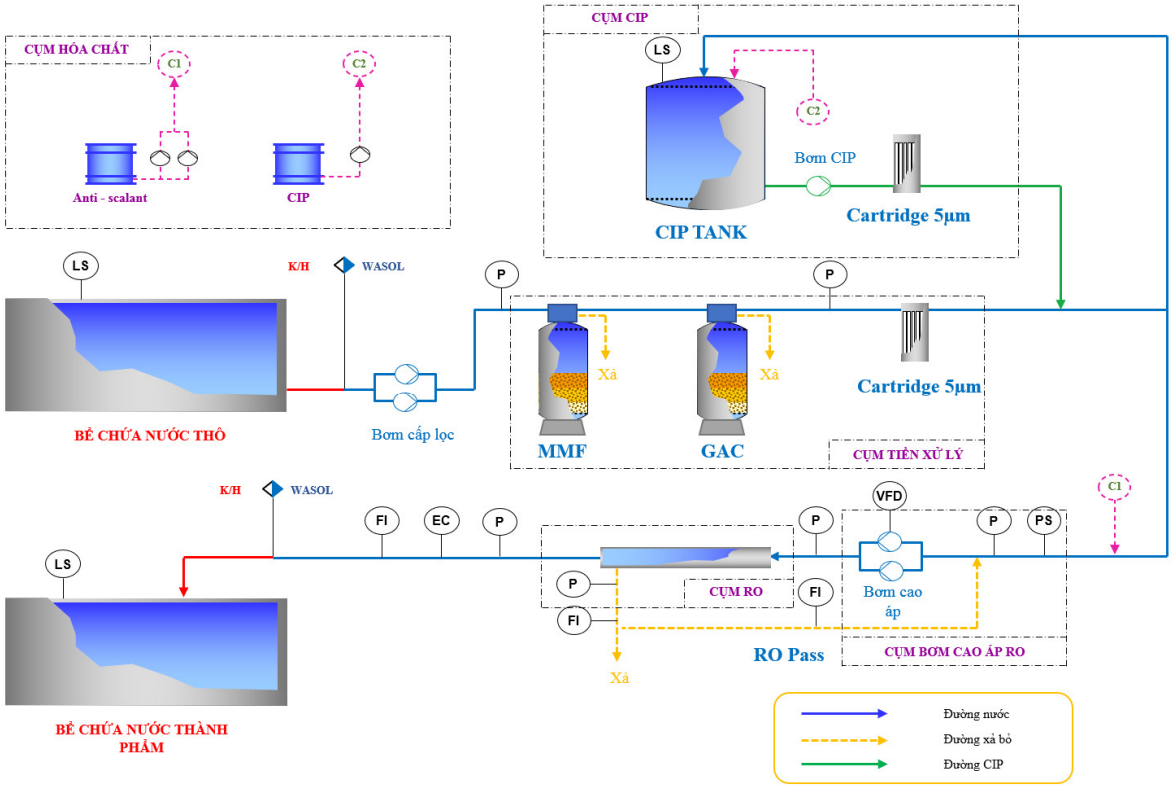


Hình 4. Sơ đồ cụm tiền xử lý (lọc thô) cho hệ thống xử lý nước nhiễm mặn.



Hình 5. Sơ đồ cụm CIP cho hệ thống xử lý nước nhiễm mặn.

Như vậy, tổng quát toàn hệ thống sẽ được mô tả theo sơ đồ hình 6.



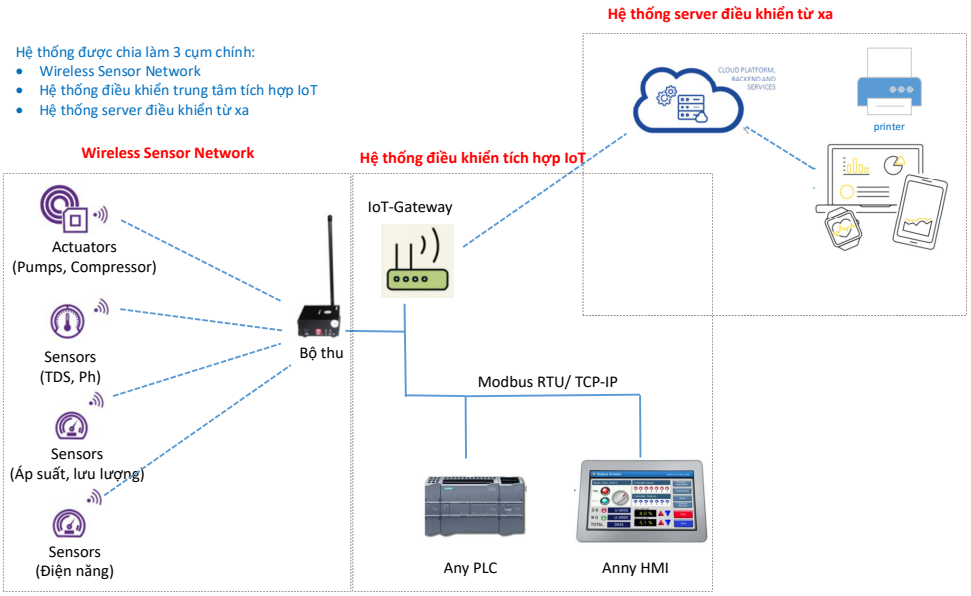
Hình 6. Sơ đồ quy trình công nghệ xử lý nước nhiễm mặn.

4. Các vấn đề tiềm năng ứng dụng iot trong hệ thống khử mặn

Để hướng tới mục tiêu nâng cao hiệu quả và tiết kiệm chi phí, cùng với sự phát triển về mặt khoa học công nghệ, một hệ thống IOT thu thập dữ liệu và hệ thống điều khiển, giám sát với cơ chế hoạt động như một hệ thống thu thập, quản lý dữ liệu, tương tác và kiểm soát hoạt động của các loại máy móc, thiết bị như van, máy bơm hay các động cơ, cũng như lưu trữ mọi thông tin vào tệp tin máy chủ sẽ giúp mang lại cho hệ thống xử lý nước cấp tập trung nhiều tính năng ưu việt như: (1) Nâng cao năng suất: nhờ quá trình phân tích các quy trình sản xuất, nhà quản lý có thể dùng các thông tin này để gia tăng hiệu quả sản xuất và cải tiến kỹ thuật; (2) Cải thiện chất lượng sản phẩm: cũng thông qua việc phân tích các hoạt động, nhà quản lý có thể tìm cách hạn chế, ngăn chặn các sai sót trong quá trình sản xuất.

Giống như SCADA, các giải pháp IoT cũng chịu trách nhiệm thu thập, phân tích và hiển thị dữ liệu từ máy móc hoặc các cơ sở hạ tầng khác nhau. Mặc dù nó có vẻ hoạt động tương tự như SCADA, nhưng ưu điểm lớn nhất là nó có thể cung cấp các giải pháp không dây với tính linh hoạt mà SCADA không thể cung cấp. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tích hợp IoT được đề xuất có IoT gateway là trung tâm có khả năng kết nối với bộ điều khiển trung tâm (PLC), có khả năng truyền nhận không dây với cảm biến, cơ cấu chấp hành và truyền nhận dữ liệu lên server. Ta có thể chia hệ IoT trên thành 3 cụm chính, mỗi cụm sẽ được giải quyết tương ứng với các nội dung như sau:

Từ đó, mô hình hệ thống xử lý nước nhiễm mặn đề xuất như trong hình 7, các cảm biến tích hợp IoT để lấy dữ liệu được bố trí như sau: 2 cảm biến mực nước (LS) cho bể chứa nước thô và bể chứa nước thành phẩm. 2 cảm biến đo độ mặn (EC), 1 cảm biến để đo độ mặn nước đầu vào được đặt ở sau bơm cấp lọc và 1 cảm biến để đo độ mặn nước đầu ra được gắn sau hệ thống lọc RO. 2 cảm biến lưu lượng nước (FIT) được đặt trước và sau hệ thống RO để đo lưu lượng nước đầu vào và đo lưu lượng nước đâu ra, từ đó tính ra hiệu suất thu hồi nước của hệ thống. 1 cảm biến lưu lượng nước đầu vào đặt ngay trước bơm cao áp, 1 cảm biến lưu lượng nước đầu ra đặt ngay sau hệ thống lọc RO. Có 3 cảm biến đo lưu lương nước dạng cơ (FL) và 7 cảm biến đo áp suất dạng cơ (PG). Có 1 cảm biến Relay áp suất (PS) trả về tín hiệu ON/OFF cho biết trạng thái áp suất là cao hay thấp so với áp suất được cài đặt.

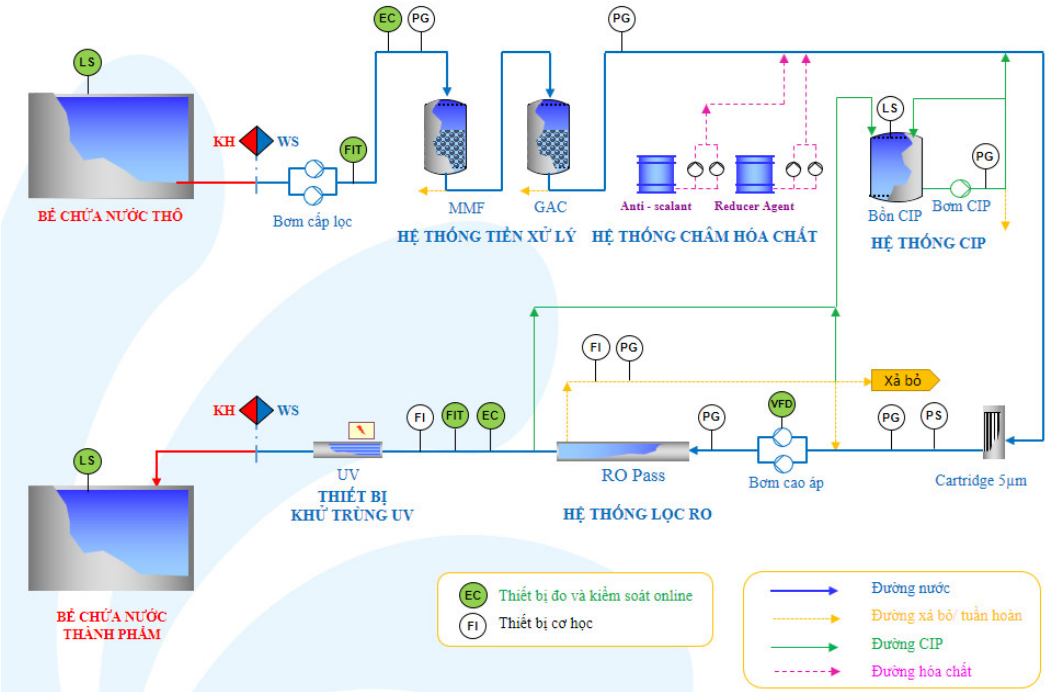


Hình 7. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tích hợp IoT được đề xuất.

Nguyên lý vận hành của các cảm biến ở các bộ phận vùng được mô tả như sau:

- Trạng thái của máy bơm và máy nén khí: trạng thái được xác định thông qua cảm biến do dòng điện đo trực tiếp trên dòng điện cấp cho máy bơm và máy nén khí đó. Do đó máy

bơm và máy nén khí sẽ có 3 trạng thái là chạy/dừng và thêm trạng thái là bất thường. Trạng thái bất thường là khi hệ thống yêu cầu máy bơm và máy nén khí chạy. Tuy nhiên qua kiểm tra cảm biến dòng điện tiêu thụ ta thấy dòng điện nằm ngoài vùng giá trị cho phép (giá trị này có thể cài đặt). Nguyên nhân có thể là máy bơm hoặc máy nén khí bị hư hoặc bị chạy quá tải.



Hình 8. Sơ đồ hệ thống xử lý nước nhiễm mặn RO kết hợp IOT.

- Thay đổi chế độ vận hành của nhà máy: Hệ thống xử lý nước mặn có hai chế độ chạy chính đó là chế độ chạy tự động và chế độ chạy bằng tay. Trong chế độ chạy tự động thì tất cả hệ thống cơ cấu và thiệt bị tự vận hành bao gồm các bơm, các van, máy nén khí,... Trong chế độ chạy bằng tay thì các cơ cấu, thiết bị không tự động chạy. Người vận hành có thể bật hoặc tắt bơm, van hoặc máy nén khí bất kì thông qua màn hình người dùng, hoặc thông qua website. Ngoài ra trong chế độ chạy tự động người vận hành có thể tắt chức năng chạy tự động của riêng một thiết bị nào đó trong khi vẫn giữ nguyên hoạt động của những thiết bị khác. Do đó hệ thống có thể tự động chạy linh hoạt rất nhiều chế độ. Và việc thay đổi chế độ chạy này có thể thực hiện tự động khi điều kiện hoạt động đầu vào của nhà máy thay đổi. Hoặc người vận hành cũng có thể chủ động thay đổi chế độ chạy từ xa thông qua hệ thống web hoặc app trên điện thoại của hệ thống IoT.

- Tính toán bảo trì thiết bị: quy trình lên kế hoạch bảo trì, bảo dưỡng, rửa màng, thay thế màng lọc,.. được thực hiện dựa trên hai thông số chính đó là tổng thời gian chạy của bơm và áp suất tác động lên màng.

Ví dụ 1: Bơm chạy được 1000 giờ → kiểm tra ngoại quan, cơ khí, xiết ốc, kiểm tra cáp, điểm đấu nối điện, tra nhớt ổ bi...

Ví dụ 2: Khi áp suất hệ thống có xu hướng tăng, lưu lượng thành phẩm không đáp ứng đủ → thay màng hoặc chạy chế độ tự động làm sạch (CIP).

Nhờ ứng dụng IoT cho phép theo dõi, quản lý thời gian chạy của bơm, áp suất tác động lên màng, các thông số cài đặt,...Hệ thống sẽ tự động nhắn tin hoặc cảnh báo từ xa đến cho nhân viên bảo hành, bảo trì. Hoặc tự động chạy chế độ CIP. Những thông số về thời gian, điều kiện vận hành có thể được thay đổi hoặc cài đặt từ xa thông qua hệ thống server trên giao diện web hoặc app.

Qua ứng dụng IoT tích hợp các thiết bị cảm biến đo các thông số môi trường cho phép giám sát, thu thập thông số môi trường trên diện rộng. Cho phép dự báo, lập kế hoạch điều

khiển cho điều kiện hoạt động tối ưu và phù hợp với công suất sử dụng. Hệ thống được quản lý từ xa, mọi lúc, mọi nơi. Người sử dụng có thể xem tình trạng hoạt động của hệ thống, cũng như điều khiển các chế độ hoạt động qua các thiết bị điện tử như laptop, điện thoại thông minh. Từ đó sẽ hạn chế tối đa sự cố xảy ra trong giai đoạn vận hành. Chất lượng, hiệu suất lọc luôn được giám sát. Đảm bảo tính khách quan trong đánh giá tổng thể hệ thống xử lý nước nhiễm mặn.

5. Kết luận

Thông qua đánh giá các công nghệ khử mặn phù hợp để ứng dụng tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long, công nghệ RO được lựa chọn với khả năng khử mặn tốt, giá thành xử lý phù hợp hơn với các công nghệ khác. Với hiện trạng độ mặn biến thiên phức tạp, việc vận hành và điều khiển sẽ gặp khó khăn, nhất là trong điều kiện nguồn nhân lực địa phương hạn chế nên việc ứng dụng IOT để khắc phục các nhược điểm là cấp thiết. Do đó, cần phải có thêm các nghiên cứu bổ trợ như khảo sát sự biến động độ mặn của khu vực ứng dụng để có thể đưa ra các chọn lựa chính xác về thiết kế công suất và mang lại hiệu quả kinh tế tốt nhất. Kết quả của đề tài là bước đầu của thử nghiệm công nghệ IOT ứng dụng trong hệ thống khử mặn và là tư liệu để phát triển lên các hệ thống khử mặn quy mô tập trung trong tương lai.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.C.S., H.T.T.V.; Điều tra, khảo sát, phân tích số liệu: N.Đ.Q., L.T.H.B., T.T.; Viết bản thảo bài báo: L.T.H.B., T.T.; Chỉnh sửa bài báo: P.C.S., L.V.T.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ trong khuôn khổ đề tài "Nghiên cứu xây dựng hệ thống xử lý nước nhiễm mặn có ứng dụng IoT để cấp nước sinh hoạt cho người dân vùng bị xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre và một số tỉnh lân cận" mã số ĐTĐL.CN–123/21. Chúng tôi cũng xin cảm ơn trường Đại học Nguyễn Tất Thành đã hỗ trợ thời gian và phương tiện vật chất cho nghiên cứu này.

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

Tài liệu tham khảo

1. Sepehr, M.; Fatemi, S.; Danehkar, A.; Mashinchian Moradi, A. Application of Delphi method in site selection of desalination plants. *Global J. Environ Sci. Manage* **2017**, *3(1)*, 89–102.
2. Esfahani, I.J.; Rashidi, J.; Ifaei, P.; Yoo, C. Efficient thermal desalination technologies with renewable energy systems: A state–of–the–art review. *Korean J. Chem. Eng.* **2016**, *33(2)*, 351–387.
3. Nair, M.; Kumar, D. Water desalination and challenges: The Middle East perspective: a review. *Desalin. Water Treat.* **2013**, *51(10–12*), 2030–2040.
4. Xu, P.; Cath, T.Y.; Robertson, A.P.; Reinhard, M.; Leckie, J.O.; Drewes, J.E. Critical review of desalination concentrate management, treatment and beneficial use. *Environ. Eng. Sci.* **2013**, *30(8)*, 502–514.
5. Cath, T.Y.; Hancock, N.T.; Lundin, C.D.; Hoppe–Jones, C.; Drewes, J.E. A multi–barrier osmotic dilution process for simultaneous desalination and purification of impaired water. *J. Memb. Sci.* **2010**, *362(1–2)*, 417–426.
6. Hendren, Z.; Brant, J.; Wiesner, M. Surface modification of nanostructured ceramic membranes for direct contact membrane distillation. *J. Memb. Sci.* **2009**, *331(1–2)*, 1–10.

7. Qtaishat, M.; Khayet, M.; Matsuura, T. Novel porous composite hydrophobic/hydrophilic polysulfone membranes for desalination by direct contact membrane distillation. *J. Memb. Sci.* **2009**, *341(1–2)*, 139–148.
8. Chu, K.H.; Lim, J.; Kim, S.J.; Jeong, T.U.; Hwang, M.H. Determination of optimal design factors and operating conditions in a large–scale seawater reverse osmosis desalination plant. *J. Cleaner Prod.* **2020**, *244*, 118918.
9. Khawaji, A.D.; Kutubkhanah, I.K.; Wie, J.M. Advances in seawater desalination technologies. *Desalination* **2008**, *221(1–3)*, 47–69.
10. Kim, S.H.; Lee, S.H.; Yoon, J.S.; Moon, S.Y.; Yoon, C.H. Pilot plant demonstration of energy reduction for RO seawater desalination through a recovery increase. *Desalination* **2007**, *203(1–3)*, 153–159.
11. Lee, C.; Nguyen, T.T.; Adha, R.S.; Shon, H.K.; Kim, I.S. Influence of hydrodynamic operating conditions on organic fouling of spiral–wound forward osmosis membranes: Fouling–induced performance deterioration in FO–RO hybrid system. *Water Res.* **2020**, *185*, 116154.
12. Hạ, T.Đ.; Hòa, N.Q.; Đông, P.D.; Sơn, T.H. Research on brackish and salt water treatment technology with nano filtration (NF) for drinking watersupply in pilot lab–scale. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD)–ĐHXDHN* **2012**, *6(3)*, 27–34.
13. Song, Y.; Xu, J.; Xu, Y.; Gao, X.; Gao, C. Performance of UF–NF integrated membrane process for seawater softening. *Desalination* **2011**, *276(1–3)*, 109–116.
14. Turek, M.; Chorążewska, M. Nanofiltration process for seawater desalination–salt production integrated system. *Desalin. Water Treat.* **2009**, *7(1–3)*, 178–181.
15. Choi, B.G.; Zhan, M.; Shin, K.; Lee, S.; Hong, S. Pilot–scale evaluation of FO–RO osmotic dilution process for treating wastewater from coal–fired power plant integrated with seawater desalination. *J. Memb. Sci.* **2017**, *540*, 78–87.
16. Hancock, N.T.; Xu, P.; Roby, M.J.; Gomez, J.D.; Cath, T.Y. Towards direct potable reuse with forward osmosis: Technical assessment of long–term process performance at the pilot scale. *J. Memb. Sci.* **2013**, *445*, 34–46.
17. Lay, W.C.; Liu, Y.; Fane, A.G. Impacts of salinity on the performance of high retention membrane bioreactors for water reclamation: a review. *Water Res.* **2010**, *44(1)*, 21–40.
18. Qin, J.J. et al. Preliminary study of osmotic membrane bioreactor: effects of draw solution on water flux and air scouring on fouling. *Water Sci. Technol.* **2010**, *62(6)*, 1353–1360.
19. Phuntsho, S. et al. Fertiliser drawn forward osmosis process: Pilot–scale desalination of mine impaired water for fertigation. *J. Memb. Sci.* **2016**, *508*, 22–31.
20. Judd, S.J. Membrane technology costs and me. *Water Res.* **2017**, *122*, 1–9.
21. Nriagu, J.; Darroudi, F.; Shomar, B. Health effects of desalinated water: Role of electrolyte disturbance in cancer development. *Environ. Res.* **2016**, *150*, 191–204.
22. He, W.; Wang, J. Feasibility study of energy storage by concentrating/desalinating water: Concentrated Water Energy Storage. *Applied Energy* **2017**, *185*, 872–884.
23. Frank, H.; Rahav, E.; Bar–Zeev, E. Short–term effects of SWRO desalination brine on benthic heterotrophic microbial communities. *Desalination* **2017**, *417*, 52–59.
24. Eveloy, V.; Rodgers, P.; Qiu, L. Hybrid gas turbine–organic Rankine cycle for seawater desalination by reverse osmosis in a hydrocarbon production facility. *Energy Convers. Manage.* **2015**, *106*, 134–1148.
25. Jiang, S.; Li, Y.; Ladewig, B.P. A review of reverse osmosis membrane fouling and control strategies. *Sci. Total Environ.* **2017**, *595*, 567–583.

26. Subramani, A.; Jacangelo, J.G. Emerging desalination technologies for water treatment: a critical review. *Water Res.* **2015**, *75*, 164–187.
27. Subramani, A.; Badruzzaman, M.; Oppenheimer, J.; Jacangelo, J.G. Energy minimization strategies and renewable energy utilization for desalination: a review. *Water Res.* **2011**, *45(5)*, 1907–1920.
28. Guerra, H.; Tiffenbach. Qualitative comparison of reverse osmosis and nanofiltration for treating brackish groundwater in Texas. Washington, D.C.: US Department of the Interior Bureau of Reclamation, 2015.
29. Ibrahim, A.G.; Rashad, A.M.; Dincer, I. Exergoeconomic analysis for cost optimization of a solar distillation system. *Solar Energy* **2017**, *151*, 22–32.
30. Wei, Q.J.; McGovern, R.K. Saving energy with an optimized two–stage reverse osmosis system. *Environ. Sci.: Water Res. Technol.* **2017**, *3(4)*, 659–670.
31. Richter, B.D. et al. Tapped out: how can cities secure their water future?. *Water Policy* **2013**, *15(3)*, 335–363.
32. Kämpf, J.; Clarke, B. How robust is the environmental impact assessment process in South Australia? Behind the scenes of the Adelaide seawater desalination project. *Mar. Policy* **2013**, *38*, 500–506.
33. Warsinger, D.M.; Tow, E.W.; Nayar, K.G.; Maswadeh, L.A. Energy efficiency of batch and semi–batch (CCRO) reverse osmosis desalination. *Water Res.* **2016**, *106*, 272–282.
34. Strathmann, H. Membrane separation processes. *J. Membr. Sci.* **1981**, *9(1–2)*, 121–189.

Technology selection and potential application of IOT technology in the desalination system to supply domestic water to people in saline intrusion areas, Ben Tre provine

Tran Thanh[1*], Phung Chi Sy[1], Ho Thi Thanh Van[2], Nguyen Dinh Quy[3], Le Thanh Hai Buu[3], Lam Van Tan[4]

[1] Nguyen Tat Thanh University, Ho Chi Minh City; tthanh@ntt.edu.vn; entecvn.pcsy@gmail.com

[2] University of Natural Resources and Environment Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City; httvan@hcmunre.edu.vn

[3] WASOL Company; henry.nguyen@wasol-vn.com; buu.le@wasol-vn.com

[4] Department of Science and Technology of Ben Tre; lvtan@ntt.edu.vn

Abstract: Currently, the phenomenon of saltwater intrusion has affected 10/13 provinces in the Mekong Delta. With old technology water supply plants in most provinces, it is not possible to meet the requirements of desalination to bring enough drinking water for people in the area, leading to a scarcity of fresh water. Finding technology and deploying installation of seawater and brackish water treatment works and equipment to supply water to residential clusters, coastal urban areas and islands is an urgent and necessary task, especially especially in the current climate change situation. The study intends to set up an experimental desalination treatment system with a scale of two m2/day and night and apply IoT technology to automate and control the process in the simplest way, saving energy and bringing feasibility. in actual technology transfer to areas where human resources are still limited.

Keywords: Ben Tre; Desalination technology; Domestic water supply; IOT; Saltwater intrusion.