

# BUỚC ĐẦU ÚNG DỤNG MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC HỆ THỐNG (SYSTEM DYNAMICS MODELLING) TRONG DỰ BÁO KHẢ NĂNG CẤP NƯỚC THÀNH PHỐ HÀ NỘI

Bùi Thị Nương<sup>1</sup>, Nguyễn Tiến Thành<sup>1</sup>,  
Nguyễn Quang Huy<sup>2</sup>, Bùi Thị Phương Thảo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

<sup>2</sup>Viện chiến lược, chính sách tài nguyên môi trường

<sup>3</sup>Đại học Thủ đô Tokyo

## Tóm tắt

Tại Hà Nội, quá trình đô thị hóa diễn ra nhanh chóng làm gia tăng gánh nặng lên hệ thống nước cấp. Người dân Hà Nội đã và đang phải đổi mới với một số vấn đề liên quan đến nước cấp do sự mất cân bằng giữa dịch vụ cung cấp và nhu cầu sử dụng. Vì thế mà việc rút ngắn khoảng cách cân bằng cung và cầu nước, hiểu rõ được sự cầu thành của các thành phần trong WSS của Hà Nội và sự tương tác giữa chúng là cần thiết. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã áp dụng phương pháp mô hình động lực học hệ thống mô phỏng các thành phần chính của WSS Hà Nội và các mối quan hệ động lực học giữa các thành phần này bằng cách sử dụng tích hợp mô hình dân số, mô hình nước cấp và mô hình sử dụng nước. Sau đó, nhóm tác giả xây dựng các vòng lặp phản hồi và các biểu đồ trữ lượng - lưu lượng của WSS Hà Nội để mô phỏng và dự đoán cân bằng giữa cung và cầu trong tương lai từ năm 2015 đến năm 2050. Các kết quả thu được từ nghiên cứu này hỗ trợ cho việc hoạch định các chính sách liên quan đến cách cải thiện cân bằng cung - cầu để đạt được mục tiêu xây dựng WSS bền vững cho cộng đồng Hà Nội.

**Từ khóa:** Nước cấp bền vững; Mô hình động lực học hệ thống; Hà Nội.

## Abstract

**The application of system dynamic modelling for simulation and prediction of water demand and supply balance in Hanoi**

In Hanoi, the rapid urbanization and the ever-increasing resident density have strained water supply sources. Hanoi residents have been facing a number of problems related to its WSS due to the unbalancing between water demand and supply. Therefore, it is necessary to deal with the demand-supply balance gap, the complexity of Hanoi's WSS components, especially the behavior interactions among those components. In this study, system dynamic modelling was applied to simulate the main components of Hanoi WSS and the dynamic relationships among these components using the integration of population, input water source, and water consumption models. We then construct feedback loops and stock-flow charts of Hanoi WSS to simulate and predict the future balance of water supply and demand from 2015 to 2050. The obtained results will contribute in the formulation of policies regarding how to improve the demand-supply balance to archive a sustainable WSS for Hanoi communities.

**Keywords:** Sustainable water supply; System dynamic modelling; Hanoi.

## 1. Giới thiệu

Sự khan hiếm nước sạch đối với cư dân sống tại các đô thị đang ngày càng trở nên cấp bách trên toàn cầu; do đó vấn đề cấp bách được đặt ra là làm thế nào để quản lý hiệu quả các nguồn nước để đáp ứng nhu cầu của các thể hệ hiện tại và tương lai đồng thời đảm bảo sự bền vững của hệ thống nước cấp cho các đô thị. Tại Hà Nội, quá trình đô thị hóa nhanh chóng và mật độ dân cư ngày càng tăng đã tăng gánh nặng lên nguồn cung cấp nước (WSS). Người dân Hà Nội đã và đang phải đối mặt với một số vấn đề liên quan đến nước cấp do sự mất cân bằng giữa dịch vụ cung cấp nước và nhu cầu sử dụng nước. Vì thế mà việc rút ngắn khoảng cách mất cân bằng cung và cầu nước, hiểu rõ được sự cấu thành của các thành phần trong hệ thống cấp nước của Hà Nội và đặc biệt là sự tương tác giữa các thành phần đó là cần thiết được đặt ra.

Động học hệ thống (System Dynamics, SD) là phương pháp nghiên cứu phù hợp cho việc đạt được những mục đích trên (Ahmad và Simonovic, 2000; Chung và cộng sự, 2007; Kotir et., 2016; Simonovic và cộng sự, 1997; Simonovic và Fahmy, 1999; Sun và cộng sự, 2017; Park và cộng sự, 2015; Wei và cộng sự, 2016) [1, 7, 10, 12, 13]. Đây là phương pháp phù hợp nhằm mô phỏng hệ thống tài nguyên nước thành phố Hà Nội khi phương pháp SDM còn khá mới mẻ tại Việt Nam. Vậy nên nghiên cứu này sẽ là bước đầu ứng dụng phương pháp SDM để mô phỏng hệ thống tài nguyên nước thành phố Hà Nội. Mô hình động học hệ thống SDM này về cơ bản mô tả được bức tranh về khai thác và sử dụng tài nguyên nước (TNN) của TP. Hà Nội, từ đó xác định được sự tương tác, ảnh hưởng lẫn nhau của các yếu tố trong hệ thống TNN của thành phố; dự báo được diễn biến cung - cầu, khả năng cấp nước của thành phố Hà Nội đến năm 2050.

## 2. Phương pháp động học hệ thống

### SDM và ứng dụng của nó trong quản lý TNN

SDM được phát triển bởi Hiệp hội Động lực hệ thống. Các mô hình động học hệ thống giải quyết vấn đề về tính đồng thời (nhân quả) bằng cách cập nhật tất cả các biến trong một khoảng thời gian với các dòng hồi đáp (feedback) âm và dương và thời gian trễ (delay), tạo cấu trúc tương tác và điều khiển. SDM được coi là một cách tiếp cận phù hợp để không chỉ tổ chức các đối tượng thành các phần riêng biệt mà còn làm rõ các tương quan giữa các thành phần đó (Simonovic và cộng sự, 1997) [12]. Sử dụng SDM không đòi hỏi bất kỳ chuyên môn về lập trình toán học máy tính. Những điểm đó là lý do tại sao SDM đã được sử dụng trong một số lượng lớn các lĩnh vực ứng dụng; đặc biệt trong mô phỏng và phân tích chính sách quản lý tài nguyên nước bền vững (Ahmad và Simonovic, 2000; Chung et al., 2007; Kotir et., 2016; Simonovic và cộng sự, 1997; Simonovic và Fahmy, 1999; Sun và cộng sự, 2017) [1, 7, 10, 12, 13].

Tại Việt Nam, việc tìm hiểu và ứng dụng SDM trong quản lý bền vững TNN cũng đã bước đầu được các nhà khoa học quan tâm và chủ yếu tập trung vào mối tương quan giữa các yếu tố thời tiết, hoạt động nông nghiệp của con người và TNN tại vựa lúa lớn nhất nước ta, khu vực đồng bằng sông Cửu long (Chapman & Darby, 2016; Nguyễn và cộng sự, 2020) [6, 11]. Hầu như chưa có nghiên cứu nào đặt ra vấn đề ứng dụng công cụ đặc lực SDM này vào việc mô phỏng hệ thống nước cấp với các thành phần chủ yếu của nó từ khâu khai thác TNN tới khâu phân phối, sử dụng và tái sử dụng để làm rõ sự lưu chuyển của “dòng nước” trong hệ thống ấy có vai trò quan trọng như việc xem xét sự luân chuyển của “dòng tiền” trong một mô hình kinh doanh hiệu quả.

## 3. Vùng nghiên cứu

### **3.1. Đặc điểm cơ bản của Thành phố Hà Nội**

Thành phố Hà Nội có diện tích 3.344,7 km<sup>2</sup> nằm ở trung tâm vùng đồng bằng sông Hồng, có vị trí tọa độ trong khoảng từ 20°25' đến 21°23' vĩ độ Bắc, 105°15' đến 106°03' kinh độ Đông. Dân số trung bình năm 2018 là 7.852,6 nghìn người, mật độ dân số trung bình là 2.338 người/km<sup>2</sup>, dân cư phân bố không đều, tốc độ đô thị hóa phát triển tương đối nhanh, mật độ dân số tập trung tại các quận cao (mật độ dân số trung bình của 12 quận là 11.468 người/km<sup>2</sup>). Quy mô GRDP năm 2019 theo giá hiện hành ước tính đạt 971,7 nghìn tỷ đồng. Địa hình Hà Nội thấp dần theo hướng từ Bắc xuống Nam và từ Tây sang Đông với độ cao ở phía Tây và phía Bắc là núi cao từ 400 - 500m đến 1.200m. Thành phố Hà Nội có hệ thống sông, hồ khá dày đặc, hệ thống sông, hồ Hà Nội thuộc hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình, phân bố không đều giữa các vùng (Bùi và cộng sự, 2018) [5].

### **3.2. Đôi nét về hiện trạng nguồn nước và hệ thống nước cấp Thành phố Hà Nội**

Hà Nội nằm trong khu vực có hệ thống sông ngòi khá dày đặc và nguồn nước mặt ở đây có thể khai thác chính từ 3 nguồn sông: Sông Đà, sông Hồng, sông Đuống với tổng lượng nước mặt cung cấp cho thành phố chừng 230.000 m<sup>3</sup>/ngày đêm năm 2014. Ước lượng nguồn nước mặt cung cấp cho thành phố chiếm dưới 10%, nguồn nước chính là nước ngầm. Nguồn nước ngầm của Hà Nội được khai thác chủ yếu (80%) từ tầng nước sâu Pleistocene, phần nhỏ hơn được khai thác ở tầng nông Holocene. Nguồn nước ngầm này đang xuống cấp nghiêm trọng cả về số lượng (Bùi và cộng sự, 2012) [3] và chất lượng (Berg et al., 2001; Nguyen et al., 2015) [2, 11] là kết quả của việc sử dụng và quản lý không phù hợp. Mặc dù khai thác nước ngầm quá mức ở khu vực nội đô

đã gây ra sự suy giảm nghiêm trọng mực nước ngầm ở miền trung và miền nam Hà Nội, thậm chí sụt lún bề mặt ở một số khu vực trên địa bàn; nhưng lượng nước khai thác được vẫn chưa sử dụng đủ so với nhu cầu của người dân nơi đây (HAWACO, 2016) [9]. Theo HAWACO (2014) [9], chỉ có chừng 55% dân số thành phố, tương đương 3,6 triệu người hiện đang sử dụng nguồn nước cấp từ thành phố. Điều đó cho thấy vẫn còn một lượng khá lớn người dân sử dụng các nguồn nước khác không được kiểm soát về mặt chất lượng và số lượng. Theo HAWACO thống kê, lượng nước thoát thoát từ đường ống của thủ đô những năm gần đây đã có xu hướng giảm, tuy nhiên vẫn còn dừng lại ở một tỷ lệ đáng kể.

## **4. Áp dụng phương pháp động học hệ thống SDM mô phỏng các thành phần của hệ thống tài nguyên nước Hà Nội**

### **4.1. Biên hệ thống và dữ liệu sử dụng**

Khu vực xét trên thành phố Hà Nội. Nguồn nước mặt xét đến lượng nước mặt từ các sông Hồng, sông Đà, sông Đuống. Nguồn nước ngầm xét 2 tầng chứa nước là tầng chứa nước Holocene và Pleistocene tại các giếng và các nhà máy ở thành phố Hà Nội. Nhu cầu được xét đến gồm nhu cầu sử dụng nước sinh hoạt, nhu cầu sử dụng nước công nghiệp, nhu cầu sử dụng nước dịch vụ, nhu cầu sử dụng nước công cộng, nước dùng cho nhà máy xử lý nước, lượng nước bị rò rỉ, thoát. Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu này được thu thập từ các tài liệu chính thống như trang web thống kê của chính phủ, tài liệu thống kê của công ty nước sạch một thành viên HAWACO, và một số báo cáo dự án bảo vệ nước ngầm thủ đô của Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia.

### **4.2. Xây dựng các mô hình thành phần**

#### 4.2.1. Mô hình dân số

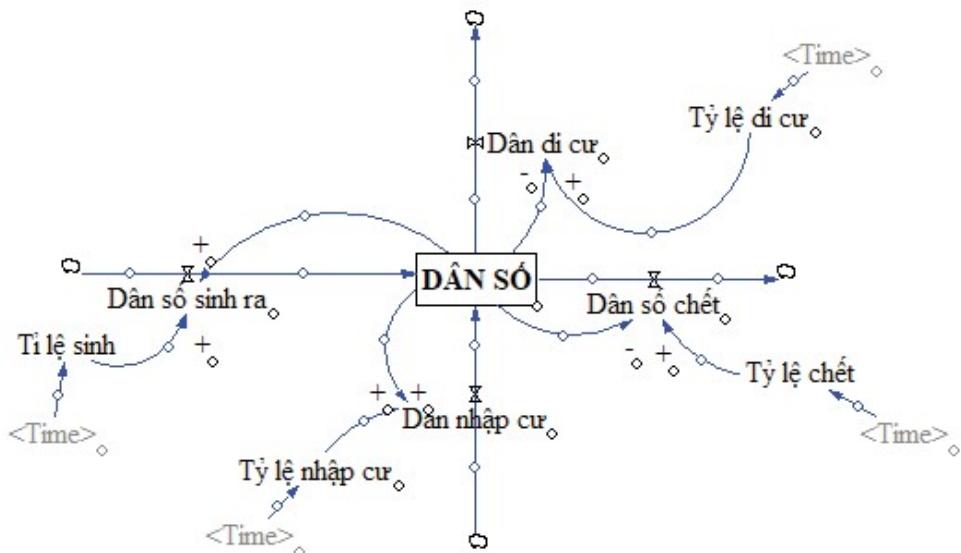
Dân số Hà Nội phân bố không đều, tốc độ đô thị hóa phát triển nhanh. Phương trình (1) dưới đây thể hiện sự biến động theo thời gian và mô tả mối tương quan giữa các thành phần:

$$P_{t+1} = P_t + B_t + M_t + I_t - D_t \quad (1)$$

Trong đó:  $P_{t+1}$  là dân số của năm thứ  $t+1$ ;  $P_t$  là dân số của năm thứ  $t$ ;  $B_t$  là số lượng sinh mới của năm thứ  $t$ ;  $M_t$  là số lượng di cư của năm thứ  $t$ ;  $I_t$  là số lượng người nhập cư của năm thứ  $t$ ;  $D_t$  là số lượng dân chết đi của năm thứ  $t$ . Đơn vị của các thành phần ở đây là Người. Mỗi

quan hệ của các thành phần dân số được mô phỏng bằng phần mềm VENSIM, Hình 1.

VENSIM là phần mềm được phát triển bởi Công ty Ventana® Simulation Environment. Trong số nhiều các phần mềm hỗ trợ việc áp dụng SDM, VENSIM được lựa chọn trong nghiên cứu này để mô phỏng vì các tính năng ưu việt của nó như mô phỏng trực quan, phân tích, phiên bản mã nguồn mở, và miễn phí phục vụ cho nghiên cứu, học tập.



Hình 1: Mô hình dân số Thành phố Hà Nội

#### 4.2.2. Mô hình sử dụng nước của Thành phố Hà Nội

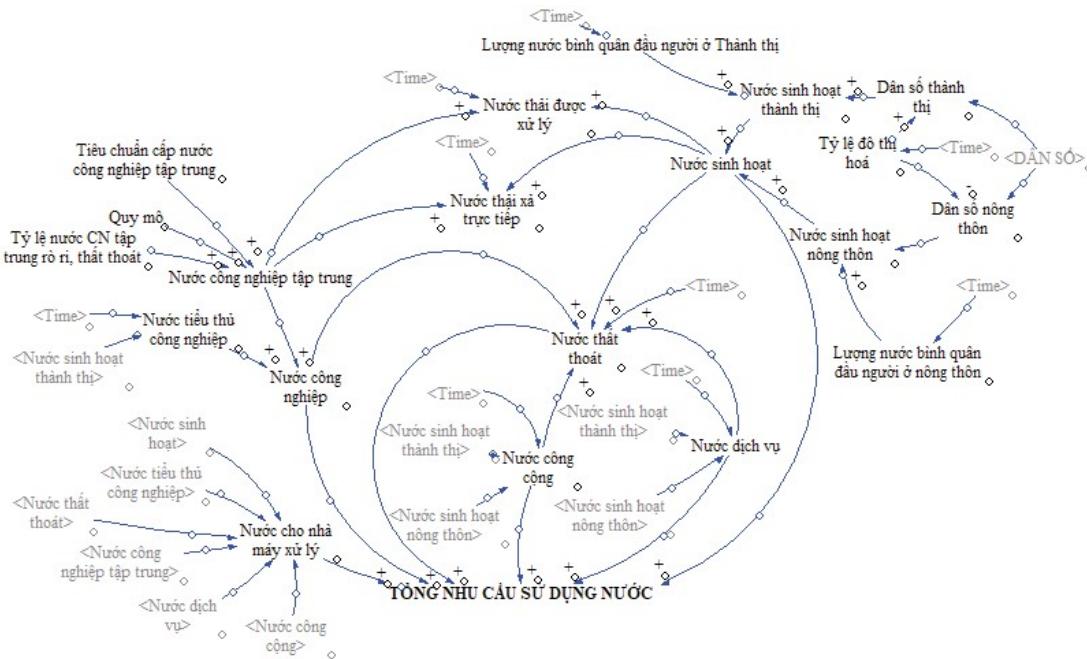
Nước cấp của thành phố Hà Nội được lấy từ hai nguồn nước chính là nước ngầm và nguồn nước mặt (nguồn nước mặt của sông Đà bắt đầu từ năm 2010). Phương trình (2) diễn tả lượng nước được sử dụng trong năm:

$$S_{t+1} = S_t + SWS_t + GWS_t - D_t - L_t \quad (1)$$

Trong đó:  $S_{t+1}$  là lượng nước năm thứ  $t+1$ ;  $S_t$  là lượng nước có sẵn của năm

thứ  $t$ ;  $GWS_t$  là nước cấp từ nước ngầm trong khu vực nghiên cứu của năm thứ  $t$ ;  $SWS_t$  là nước cấp từ nước mặt của năm thứ  $t$ ;  $D_t$  là tổng nhu cầu sử dụng (gồm nước sinh hoạt, nước công nghiệp, nước dịch vụ, nước công cộng) của năm thứ  $t$ ;  $L_t$  là lượng nước thất thoát của năm thứ  $t$ . Mô hình sử dụng nước của thành phố Hà Nội được mô phỏng bằng phần mềm VENSIM, Hình 2.

## Nghiên cứu



**Hình 2: Mô hình sử dụng nước Thành phố Hà Nội**

### 4.2.3. Mô hình cấp nước của Thành phố Hà Nội

#### a. Mô hình cấp nước ngầm

Phương trình của mô hình cấp nước ngầm được thể hiện qua phương trình số (3)

$$GW_{t+1} = GW_t + \sum Q_{in} - \sum Q_{out} \quad (3)$$

Trong đó:  $GW_{t+1}$  là trữ lượng nước ngầm của năm thứ  $t+1$ ;  $GW_t$  là trữ lượng nước ngầm của năm thứ  $t$ ;  $Q_{in}$  và  $Q_{out}$  là dòng vào và dòng ra từ tầng chứa nước của năm thứ  $t$ .

#### Dòng vào

Các biến tác động đến dòng vào được xác định bằng phương trình (4)

$$\sum Q_{in} = RW_t + RA_t + RH_t + RS_t + RL_t + RU_t \quad (4)$$

Trong đó:  $RW_t$  là lượng bô cập từ nước thải đô thị của năm thứ  $t$ ;  $RA_t$  là lượng bô cập từ đất nông nghiệp và tự nhiên của năm thứ  $t$ ;  $RH_t$  là lượng bô cập từ sông Hồng của năm thứ  $t$ ;  $RS_t$  là lượng bô cập từ diện tích mặt nước của năm thứ  $t$ ;  $RL_t$  là lượng bô cập từ thất thoát, rò rỉ của năm thứ  $t$ ;  $RU_t$  là lượng bô cập từ đất đô thị của năm thứ  $t$ .

#### Dòng ra

Lượng bô cập của nước ngầm với nước mặt được xác định bằng với lượng nước được khai thác. Lượng nước ngầm chảy ra ngoài () được trình bày qua phương trình (5)

$$\sum Q_{out} = GWS_t \quad (5)$$

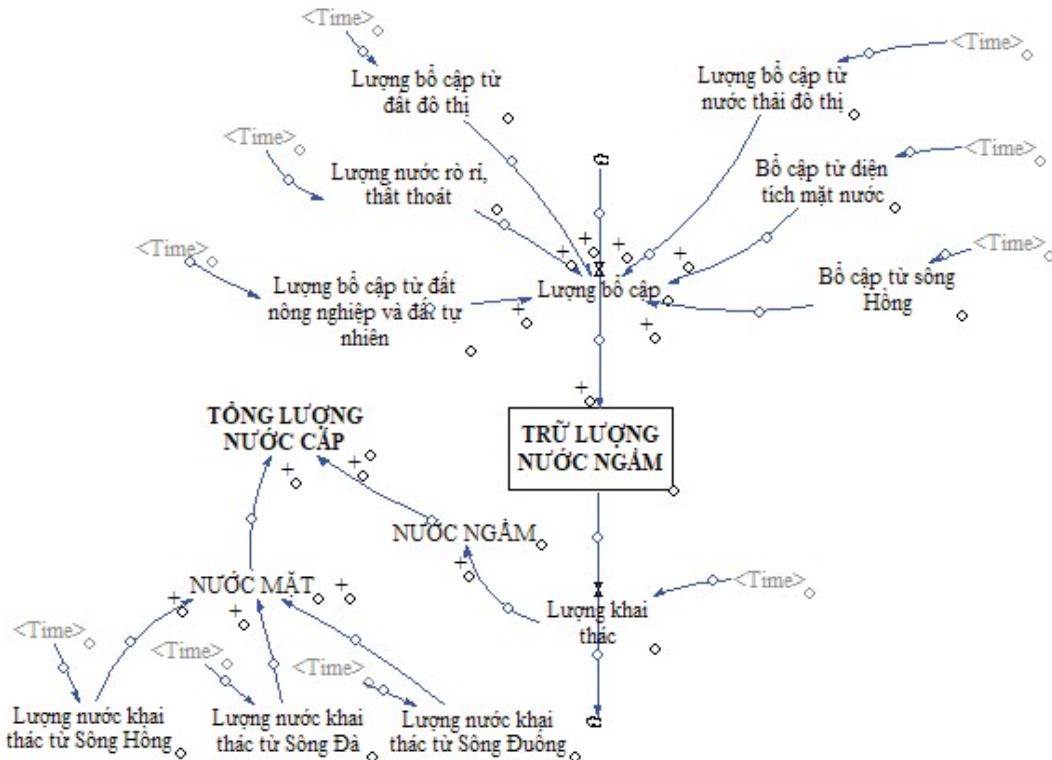
Trong đó:  $GWS_t$  là lượng nước ngầm được khai thác của năm thứ  $t$ .

#### b. Mô hình cấp nước mặt

Phương trình (6) xác định mối tương quan trong mô hình cấp nước mặt:

$$SWS_{t+1} = SWS_t + SH_t + SD_t + SDD_t \quad (6)$$

Trong đó:  $SWS_{t+1}$  là nước cấp từ nước mặt của năm  $t+1$ ;  $SWS_t$  là nước cấp từ nước mặt của năm  $t$  của năm thứ  $t$ ;  $SH_t$  là lượng nước khai thác từ sông Hồng của năm thứ  $t$ ;  $SD_t$  là lượng nước khai thác từ sông Đà của năm thứ  $t$ ;  $SDD_t$  là lượng nước khai thác từ sông Đuống của năm thứ  $t$ . Mô hình cấp nước của TP. Hà Nội được mô tả bằng phần mềm VENSIM, Hình 3.



Hình 3: Mô hình cấp nước Thành phố Hà Nội

## 5. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### 5.1. Kết quả mô phỏng mô hình dân số

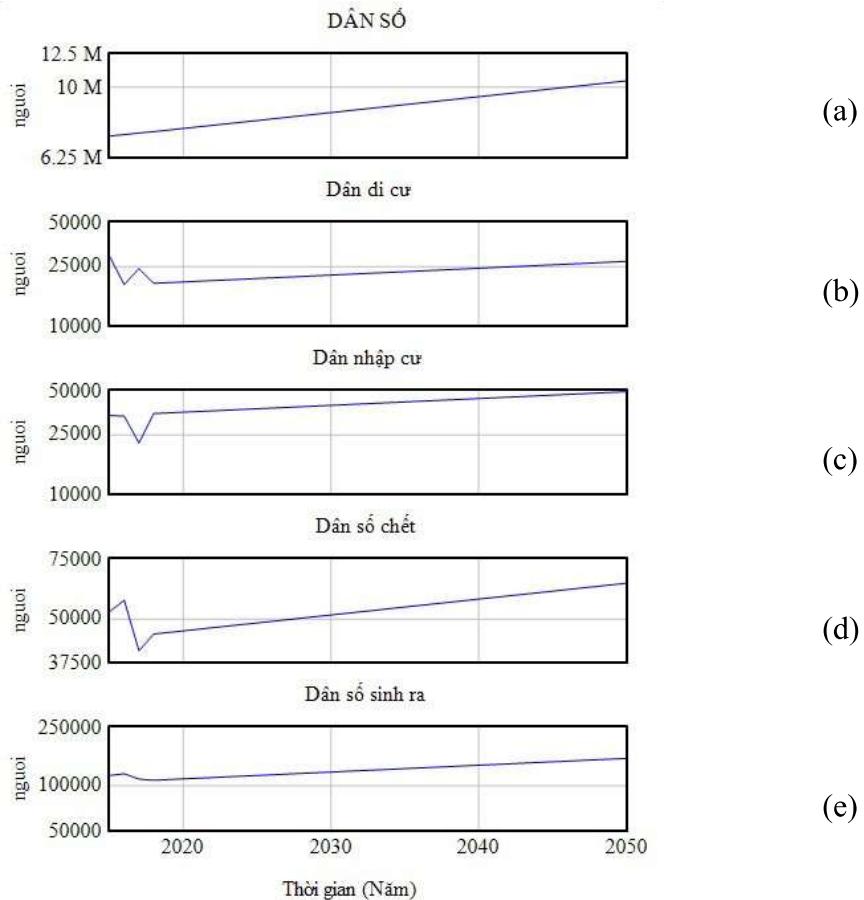
Từ việc thiết lập, xây dựng các hàm toán, cân chỉnh mô hình và các thông số dựa trên các số liệu trong giai đoạn từ 2015 - 2018. Kết quả dân số thành phố Hà Nội từ 2015 - 2050 được biểu thị trong Hình 4.

Hình 4 thể hiện sự biến động của dân số Hà Nội phụ thuộc vào các yếu tố thành phần: tỷ lệ sinh, tỷ lệ tử, tỷ lệ dân di cư và tỷ lệ dân nhập cư. Các Hình 4 (a), (b), (c), (d), (e) thể hiện sự biến động của các yếu tố thành phần theo thời gian. Hình 4 cho thấy trong giai đoạn năm 2015 - 2019, dân số thành phố Hà Nội tăng trung bình từ 70 - 80 nghìn người/ năm đạt tỷ lệ tăng dân số từ 0,92 - 1,06% / năm; năm 2019, khi thành phố có các chính sách về dân số, kế hoạch hóa gia đình cùng với điều kiện cơ

hội việc làm tốt, dân số sinh, lượng người nhập cư và lượng người di cư biến đổi; năm 2019, lượng dân nhập cư vào thành phố Hà Nội là 35,2 nghìn người; lượng sinh mới là 110 nghìn người; cùng với nhu cầu về việc làm hấp dẫn nên lượng người di cư cũng giảm. Dự báo sự biến đổi dân số giai đoạn năm 2020 - 2050 với giả thiết dữ liệu đầu vào của các yếu tố: tỷ lệ sinh, tỷ lệ chết, tỷ lệ di cư, tỷ lệ nhập cư không đổi từ năm 2018. Cụ thể với tỷ lệ sinh 14,7%, tỷ lệ chết 6,1%, tỷ lệ di cư 2,6 %, tỷ lệ nhập cư 4,7 %. Với các giả thiết dữ liệu đầu vào được nêu trên, dự báo các biến thành phần dân số và dân số thành phố Hà Nội giai đoạn năm 2020 - 2050 sẽ được trình bày qua Bảng 1. Theo đó dân số thủ đô được dự báo khá phù hợp với quy hoạch chung xây dựng Thủ đô Hà Nội [11], cụ thể: dân số đến năm 2020, khoảng 7,3 - 7,9 triệu người và tỷ lệ đô thị hóa khoảng 58 - 60%; dân số đến năm

## Nghiên cứu

2030, khoảng 9,0 - 9,2 triệu người và tỷ lệ đô thị hóa khoảng 65 - 68%; đến năm 2050, dân số vượt ngưỡng 10 triệu dân.



**Hình 4: Sự biến động dân số của thành phố Hà Nội giai đoạn 2015 - 2050**

**Bảng 1. Dự báo sự biến động dân số của TP. Hà Nội giai đoạn 2020 - 2050 (ĐV: Người)**

Biến	2020	2030	2040	2050
Dân di cư	19.704	21.917	24.378	27.116
Dân nhập cư	35.619	39.619	44.068	49.017
Dân số chết	46.229	51.420	57.195	63.618
Dân sinh ra	111.404	123.915	137.831	153.310
Dân số	7.578.560	8.429.650	9.376.310	10.429.300

### 5.2. Kết quả mô phỏng mô hình sử dụng nước và mô hình cấp nước Hà Nội

Kết quả mô phỏng mô hình sử dụng nước của thành phố Hà Nội được thể hiện trong Hình 5a. Giai đoạn năm 2015 - 2019: nhu cầu sử dụng nước liên tục tăng, năm 2017 tăng 2,7% so với năm 2016 và tổng nhu cầu sử dụng nước là 524 triệu m<sup>3</sup>/năm. Tổng nhu cầu sử dụng nước đã lên tới 537

triệu m<sup>3</sup>/năm vào năm 2019, đã tăng 7,8% so với năm 2015. Tỉ lệ thất thoát nước qua các năm đang có dấu hiệu giảm xuống, năm 2015 giảm xuống còn 23%.

Dự báo các nhu cầu sử dụng nước và tổng nhu cầu sử dụng nước của thành phố Hà Nội giai đoạn năm 2020 - 2050 sẽ được trình bày qua trong Bảng 2. Nhu cầu sử dụng nước sinh hoạt là yếu tố ảnh

hướng chính đến tổng nhu cầu sử dụng nước. Theo dự báo, năm 2050 dân số Hà Nội vượt ngưỡng 10 triệu, nhu cầu nước sinh hoạt hơn 600 triệu m<sup>3</sup>/năm. Đó sẽ là thách thức lớn đối với Hà Nội để có thể đáp ứng được nhu cầu sử dụng nước của hơn 10 triệu dân với 600 triệu m<sup>3</sup>/năm và tổng nhu cầu sử dụng nước vào năm 2050 là 1.032,64 triệu m<sup>3</sup>/năm.

Kết quả mô phỏng nguồn cung Hình 5b: giai đoạn 2015 - 2019, từ năm 2015 nguồn cung cấp nước chính cho thành phố Hà Nội từ nhà máy nước sông Đà với công suất 230.000 m<sup>3</sup>/ngđ và các nhà máy khai thác nước ngầm đạt tổng lượng nước cấp cho thành phố Hà Nội là 311,1 triệu m<sup>3</sup>/năm. Đến năm 2019, nguồn cung cấp nước chính cho thành phố Hà Nội có thêm nguồn nước khai thác từ nhà máy nước sông Đuống với công suất 240.000 m<sup>3</sup>/ngđ, nâng tổng lượng nước cấp vào năm 2019 là 627,5 triệu m<sup>3</sup>/năm.

Từ kết quả dự báo sự biến động tổng lượng nước cấp cho thành phố Hà

Nội giai đoạn 2020 - 2050 trong Bảng 3. Năm 2020, lượng nước mặt từ nhà máy khai thác nước mặt sông Hồng (sông Đà) được thêm vào hệ thống cấp nước thành phố Hà Nội với công suất 300.000 m<sup>3</sup>/ngđ và hạn chế khai thác nước ngầm tại các nhà máy khai thác nước ngầm. Bắt đầu từ năm 2020, nguồn nước mặt chiếm 65% tổng lượng nước cấp cho thành phố Hà Nội, cụ thể lượng nước mặt cấp là 416.1 triệu m<sup>3</sup>/ngày đêm và lượng nước ngầm cấp là 223.7 triệu m<sup>3</sup>/ngày đêm. Năm 2030, các nhà máy thực hiện việc nâng công suất lượng nước mặt khai thác từ nhà máy nước sông Đà là 1.200.000 m<sup>3</sup>/ngđ, nhà máy sông Hồng là 450.000 m<sup>3</sup>/ngđ, nhà máy sông Đuống (phân cấp cho Hà Nội) là 475.000 m<sup>3</sup>/ngđ dự báo lượng nước cấp từ các nhà máy khai thác nước mặt là 775,6 triệu m<sup>3</sup>/năm chiếm 78.6% tổng lượng nước cấp cho thành phố Hà Nội, lượng nước cấp từ các nhà máy nước ngầm giảm xuống còn 223,7 triệu m<sup>3</sup>/năm.

**Bảng 2. Dự báo sự biến động nhu cầu sử dụng nước của TP. Hà Nội năm 2020 - 2050**

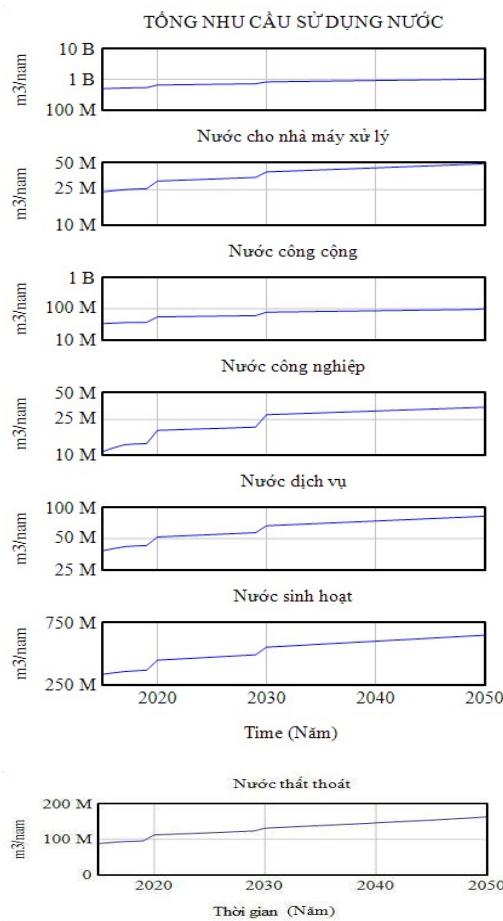
DVT: triệu m<sup>3</sup>/năm

<b>Năm Biến</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
Nước cho nhà máy xử lý	31,21	39,56	43,98	49,17
Nước công cộng	54,77	77,91	86,65	100,92
Nước công nghiệp	18,86	28,31	31,18	34,39
Nước dịch vụ	52,07	66,92	74,44	82,80
Nước sinh hoạt	385,88	486,14	540,73	601,46
Nước thoát	112,55	131,85	146,60	163,91
Tổng nhu cầu sử dụng nước	655,34	830,68	923,59	1.032,64

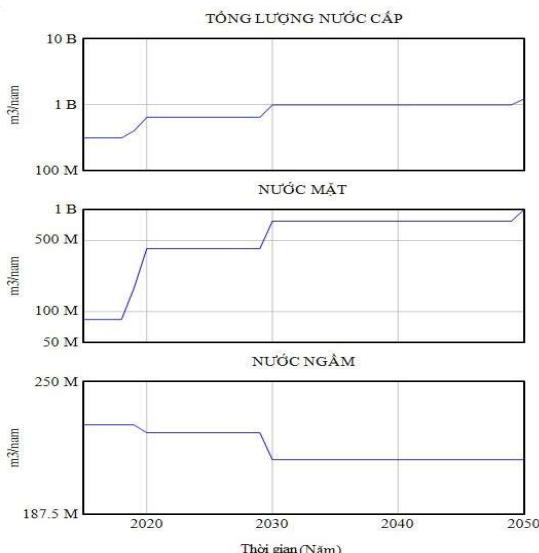
**Bảng 3. Dự báo sự biến động tổng lượng nước cấp Hà Nội 2020 - 2050 (triệu m<sup>3</sup>/năm)**

<b>Năm Biến</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
Nước mặt	416.1	775.6	775.6	1002.8
Nước ngầm	223.7	211.0	211.0	211.0
Tổng lượng nước cấp	639.8	986.6	986.6	1213.8

## Nghiên cứu



**Hình 5a: Sự biến động nhu cầu sử dụng nước tại Hà Nội (2015 - 2050)**



**Hình 5b: Sự biến động nguồn cung cấp nước tại Hà Nội (2015 - 2050)**

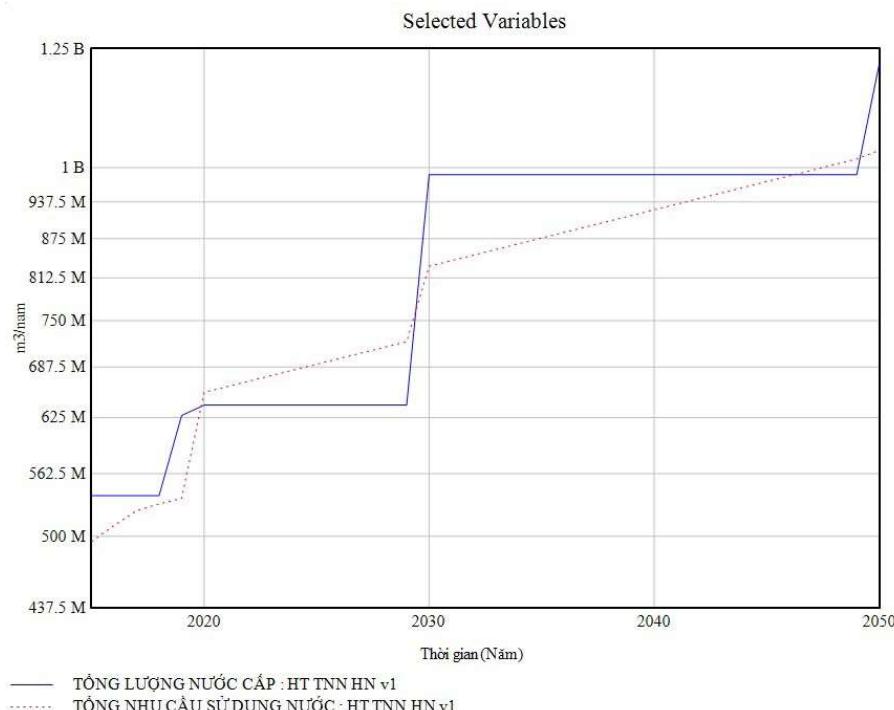
Mỗi năm nhu cầu sử dụng nước càng lớn hơn, cùng với chính sách hạn chế sử dụng nước ngầm, ưu tiên sử dụng nước mặt. Năm 2050, các nhà máy thực hiện việc nâng công suất lượng nước mặt khai thác từ nhà máy nước sông Đà là 1.500.000 m<sup>3</sup>/ngđ, nhà máy sông Hồng là 600.000 m<sup>3</sup>/ngđ, nhà máy sông Đuống (phân cấp cho Hà Nội) là 650.000 m<sup>3</sup>/ngđ nâng tổng lượng khai thác từ nhà máy khai thác nước mặt lên 2.750.000 m<sup>3</sup>/ngđ (1.002 triệu m<sup>3</sup>/năm) chiếm 82.6% tổng lượng nước cấp và lượng khai thác từ nước ngầm giảm xuống còn 223,7 triệu m<sup>3</sup>/năm. Có thể thấy, thành phố Hà Nội đang giảm khai thác nước ngầm và gia tăng khai thác nước mặt. Xu hướng trong vòng 10 năm nữa, lượng nước ngầm khai thác chỉ đạt dưới 25% tổng lượng nước cấp và trong 30 năm nữa, lượng nước ngầm khai thác chỉ đạt dưới 20% tổng lượng nước cấp.

### **5.3. Mô phỏng và dự báo khả năng cấp nước của thành phố Hà Nội**

Với các giả thiết trong các mô hình thành phần, mô phỏng và dự báo xu hướng cân bằng cung - cầu nước Hà Nội giai đoạn 2015 - 2050 được thể hiện qua Hình 6. Giai đoạn từ 2021 - 2028: với định hướng giảm khai thác nước ngầm, tăng khai thác nước mặt do vậy lượng nước ngầm khai thác giai đoạn 2021 - 2028 chỉ còn 211.0 triệu m<sup>3</sup>/năm với tổng lượng nước cấp là 639,8 triệu m<sup>3</sup>/năm. Do nhu cầu sử dụng nước cho các mục đích sinh hoạt, công cộng, phát triển kinh tế của người dân thành phố Hà Nội ngành tăng cao với hơn 720.8 triệu m<sup>3</sup>/năm, nên sẽ xảy ra tình trạng thiếu 81 triệu m<sup>3</sup>/năm tương đương với hơn 1,48 triệu dân bị thiếu nước sinh hoạt. Giai đoạn từ 2029 - 2045: Với việc gia tăng công suất của các nhà máy khai thác nước mặt sông Đà lên 1.200.000 m<sup>3</sup>/ngày, nhà máy khai

thác nước mặt sông Hồng lên 450.000 m<sup>3</sup>/ngày và nhà máy khai thác nước mặt sông Đuống lên 475.000 m<sup>3</sup>/ngày đêm đã nâng lượng khai thác nước mặt lên 775,6 triệu m<sup>3</sup>/năm và tổng lượng nước cấp lên 986,6 triệu m<sup>3</sup>/năm. Với tổng lượng nước cấp 986,6 triệu m<sup>3</sup>/năm sẽ đáp ứng được đầy đủ nhu cầu phát triển kinh tế và nước sinh hoạt cho hơn 9 triệu dân (Bảng 1). Giai đoạn từ 2046 - 2050: Giai đoạn từ 2046 - 2049, với sự phát triển nhanh của các ngành kinh tế cùng với lượng dân sinh ngày càng đông đúc, nhu cầu sử dụng nước đã vượt quá khả năng cấp nước vào năm 2049. Khi mà lượng nước cấp chỉ đạt 986,6 triệu m<sup>3</sup>/năm, do đó còn thiếu 29,4

triệu m<sup>3</sup>/năm so với con số 1.016 triệu m<sup>3</sup>/năm nhu cầu sử dụng nước, tương ứng với gần 500.000 dân thiếu nước sinh hoạt. Năm 2050, Với việc gia tăng công suất của các nhà máy khai thác nước mặt sông Đà lên 1.500.000 m<sup>3</sup>/ngày; nhà máy khai thác nước mặt sông Hồng lên 600.000 m<sup>3</sup>/ngày và nhà máy khai thác nước mặt sông Đuống lên 650.000 m<sup>3</sup>/ngày đêm đã nâng lượng khai thác nước mặt lên 1.002,8 triệu m<sup>3</sup>/năm và tổng lượng nước cấp lên 1.213,8 triệu m<sup>3</sup>/năm. Với tổng lượng nước cấp 1.213,8 triệu m<sup>3</sup>/năm sẽ đáp ứng được đầy đủ nhu cầu phát triển kinh tế và nước sinh hoạt cho hơn 10,4 triệu dân số.



**Hình 6: Dự báo diễn biến cung - cầu nước thành phố Hà Nội 2015 - 2050**

## 6. Kết luận

Mục đích của nghiên cứu này nhằm bước đầu áp dụng mô hình động học hệ thống SDM để mô hình hóa các thành phần cơ bản cấu thành hệ thống nước cấp Hà Nội, mô phỏng được mối tương

quan giữa các thành phần cơ bản ấy theo diễn biến thời gian nhằm hỗ trợ nhà quản lý trong quá trình hoạch định chính sách khai thác, sử dụng và quản lý bền vững tài nguyên nước cho thủ đô Hà Nội. Nghiên cứu đã bước đầu thành công và đạt được

## Nghiên cứu

một số kết quả chính: (i) xây dựng được mô hình động học hệ thống SDM bao gồm các thành phần cơ bản của hệ thống nước cấp Hà Nội dựa trên cơ sở nghiên cứu hiện trạng khai thác và sử dụng tài nguyên nước; (ii) mô phỏng được diễn biến các yếu tố theo thời gian và từ đó xác định được yếu tố tác động chính tới nhu cầu sử dụng nước cũng như dự báo được diễn biến cung - cầu nước của thành phố Hà Nội đến năm 2050. Các kết quả thu được từ nghiên cứu này hỗ trợ cho việc hoạch định các chính sách liên quan đến cách cải thiện cân bằng cung - cầu để đạt được mục tiêu xây dựng hệ thống cấp nước bền vững cho cộng đồng Hà Nội.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Ahmad, S. and Simonovic, S.P., (2000). *System dynamics modeling of reservoir operations for flood management*. Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 14, No. 3, pp. 190 - 198.
- [2]. Berg, Hong Con Tran, Thi Chuyen Nguyen, Hung Viet Pham, Roland Schertenleib, and Walter Giger (2001). *Arsenic Contamination of Groundwater and Drinking Water in Vietnam: A Human Health Threat*. Environ. Sci. Technol.<https://doi.org/10.1021/es010027y>.
- [3]. Bui, D.D., Kawamura, A., Tong, T.N., Amaguchi, H., Trinh, T.M., (2012). *Aquifer system for potential groundwater resources in Hanoi, Vietnam*. Hydrol. Process. 26,932 - 946. <https://doi.org/10.1002/hyp.8305>, 06.05.2020.
- [4]. Bui, D.D., Kawamura, A., Tong, T.N., Amaguchi, H., Nakagawa, N., (2012). *Spatio-temporal analysis of recent groundwater-level trends in the red river Delta, Vietnam*. Hydrogeol. J. 20, 1635 - 1650. <https://doi.org/10.1007/s10040-012-0889-4>, 20.05.2020.
- [5]. Bui, N. T., Kawamura, A., Amaguchi, H., Du Bui, D., Truong, N. T., & Nakagawa, K., (2018). *Social sustainability assessment of groundwater resources: A case study of Hanoi, Vietnam*. Ecological Indicators, 93, 1034 - 1042.
- [6]. Chapman, A., & Darby, S., (2016). *Evaluating sustainable adaptation strategies for vulnerable mega-deltas using system dynamics modelling: Rice agriculture in the Mekong Delta's An Giang Province, Vietnam*. Science of the Total Environment, 559, 326 - 338.
- [7]. Chung, G., (2007). *Water supply system management design and optimization under uncertainty*. PhD dissertation, University of Arizona.
- [8]. Cục thống kê thành phố Hà Nội (2019). *Báo cáo tình hình kinh tế - xã hội năm 2019*. Hà Nội.
- [9]. HAWACO (2014; 2016). *Số liệu liên quan đến hiện trạng sản xuất và các hoạt động quản lý nước sạch đô thị từ Công ty nước sạch Hà Nội*.
- [10]. Kotir et. al, (2016). *A system dynamics simulation model for sustainable water resources management and agricultural development in the Volta River Basin, Ghana*. Science of The Total Environment. Volume 573, 15 December 2016, Pages 444 - 457. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.081>.
- [11]. Nguyen T. et.al., (2020). *A Subregional Model of System Dynamics Research on Surface Water Resource Assessment for Paddy Rice Production under Climate Change in the Vietnamese Mekong Delta*. Climate, 8(3), 41.
- [12]. Simonovic, S.P., Fahmy, H., and El-shorbagy, A., (1997). *The use of object-oriented modeling for water resources planning in Egypt*. Water Resources Management, Vol. 11, pp. 243 - 261.
- [13]. Simonovic, S.P. and Fahmy, H., (1999). *A new modeling approach for water resources policy analysis*. Water Resources Research, Vol. 35, No. 1, pp. 295 - 304.
- [14]. Thủ tướng chính phủ (2013). *Quyết định số: 499/QĐ-TTg/ quyết định về phê duyệt quy hoạch cấp nước thủ đô đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050*. Hà Nội.
- [15]. Thủ tướng chính phủ (2017). *Quyết định số 2055/QĐ-TTg quyết định về phê duyệt nhiệm vụ điều chỉnh quy hoạch cấp nước thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050*. Hà Nội.

BBT nhận bài: 15/7/2020; Phản biện xong: 14/8/2020; Chấp nhận đăng: 09/11/2020