

# Ջրամատակարարման համակարգերի կառավարման մոդելավորման փորձն ու հիմնախնդիրները

Ավագյան Ա. Ա.

*ՀՊՏՊ ինֆորմատիկայի և վիճակագրության ֆակուլտետի տնտեսական ինֆորմատիկայի և տեղեկատվական համակարգերի ամբիոն (Հայաստան, Երևան)*  
annaavagyan7@gmail.com

**Վճռորոշ բառեր՝** ջրամատակարարում, ջրամատակարարման կարևորություն, ջրամատակարարման համակարգեր, ջրամատակարարման համակարգերի կառավարում, ջրամատակարարման համակարգերի մոդելավորում, ջրամատակարարման հիմնախնդիրներ:

## Опыт и фундаментальные проблемы моделирования управления системами водоснабжения

Авакян А. А.

*Кафедра экономической информатики и информационных систем  
Факультет информатики и статистики АГЭУ (Армения, Ереван)*  
annaavagyan7@gmail.com

**Резюме.** Стабильное и надежное водоснабжение всегда было и остается актуальной проблемой почти всех стран, так как не всегда удается осуществить водоснабжение с минимальными затратами и потерями воды без отрицательного воздействия на окружающую среду. То есть, необходимо осуществлять оптимальное управление системами водоснабжения, и посредством экономически эффективного и сбалансированного оптимального использования ресурсов обеспечить стабильное и надежное водоснабжение. Целью статьи является представление оптимальных моделей и методов управления системами водоснабжения с выделением некоторых фундаментальных проблем управления системами. В начале рассматривается важность водоснабжения и ее взаимосвязь с экономикой. Далее представляются оптимальные модели и методы управления водоснабжением. В конце обсуждаются фундаментальные проблемы управления системами водоснабжения.

**Ключевые слова:** водоснабжение; важность водоснабжения; системы водоснабжения; управление системами водоснабжения; моделирование систем водоснабжения; фундаментальные проблемы водоснабжения.

## The Experience and Fundamental Problems of Water Supply Management System's Modelling

Avagyan A. A.

*The Chair of Economic Computer Science and Information Systems Department of Computer Science and Statistics of ASUE (Armenia, Yerevan)*  
annaavagyan7@gmail.com

**Abstract.** The sustainable and reliable water supply always was and still is an urgent problem for almost all the countries, as the least-cost supply of water with minimum water losses and negative environmental impact is not easily achievable. Thus, the water supply systems must be operated efficiently to ensure sustainable and reliable water supply through the balanced economical and optimal use of resources. The objective of the article is to present the models and methods of optimal management of water supply systems highlighting some fundamental problems of the system management. First, the importance of water supply and its interrelation with the economy are discussed. Then the optimal water supply management models and methods are presented. Finally, the fundamental problems of optimal management of water supply systems are discussed.

**Keywords:** water supply; importance of water supply; water supply systems; management of water supply systems; modelling of water supply systems; fundamental problems of water supply.

Ջրի կայուն և հուսալի մատակարարումը արդիական խնդիր է գրեթե բոլոր երկրների համար, քանի որ ջրի մատակարարումը նվազագույն ֆինանսական ծախսերով, հոսակրուստներով ու առանց շրջակա միջավայրի

վրա բացասական ազդեցության ոչ միշտ է հաջողվում:

Ջրի մատակարարումը<sup>1</sup> մարդկանց համար ունի հիգիենիկ և կենսական նշանակություն<sup>2</sup>, իսկ գյուղատնտեսության և արդյունաբերական ձեռնարկությունների համար՝ տնտեսական<sup>3</sup>:

Գոյություն ունի ջրի և մարդկային բարեկեցության ու տնտեսական աճի միջև որոշակի փոխկապակցվածություն: Որոշ հետազոտություններ վիճակագրական տվյալների ներկայացմամբ փաստում են ջրի մատակարարման և տնտեսության տարբեր ճյուղերի միջև կապի մասին՝ ընդգծելով, որ խմելու ջրամատակարարման և սանիտարական պայմանների ապահովմանն ուղղված ներդրումները նպաստում են կայուն տնտեսական աճին, ինչպես նաև տնտեսության տարբեր ճյուղերում արտադրության և արտադրողականության աճին՝ ապահովելով ներդրումների վերադարձելիության բարձր տեմպեր: Ջրի կարևորության անտեսումը կարող է աղետալի ազդեցություն ունենալ տնտեսության և ապրուստի միջոցների վրա, աղքատության կրճատման և աշխատատեղերի ստեղծման վրա: Հետևաբար անհրաժեշտ է երևակայական լուծումներ որոնել ջրամատակարարման համակարգերի օպտիմալ կառավարման, մասնավորապես՝ ջուրն ավելի քիչ և կրկնակի օգտագործելու ուղղությամբ<sup>4</sup>:

Թեև ջրամատակարարման և ջրահեռացման համապատասխան ծառայությունները տնտեսական աճի հիմնական շարժիչ ուժն են, սակայն այդպիսի կապը<sup>5</sup> դեռևս պատշաճ կերպով ուսումնասիրության անհրաժեշտություն ունի: Դա պայմանավորված է նրանով, որ համակարգերի բարելավման ազդեցությունը բնութագրվում է ինչպես քանակական,

այնպես էլ որակական չափանիշներով, իսկ վերջիններս ոչ միշտ են չափելի, բացի այդ ազդեցությունները պայմանավորված են տեղանքից և հնարավոր չէ ընդհանրացնել դրանք աշխարհի մակարդակով<sup>6</sup>:

Այսպիսով՝ հաշվի առնելով տնտեսության և ջրամատակարարման փոխկապակցվածությունը՝ անհրաժեշտ է օպտիմալ կառավարել ջրամատակարարման համակարգերը՝ ապահովելով ջրի կայուն և հուսալի մատակարարում: Վերջինիս կարելի է հասնել համապատասխան ներդրումների իրականացմամբ և տարբեր միջոցներով<sup>7</sup>:

Ջրի մատակարարման և տնտեսության կապը դիտարկելիս անհրաժեշտ է քննարկել նաև ջրային ռեսուրսի օգտագործումը տնտեսության տարբեր ոլորտներում բազմապիսի տնտեսական գործունեության համար:

Հայտնի է, որ տնտեսական գործունեությունը մի կողմից՝ միտված է տնտեսական բարիքի ստացմանը և նպաստում է տնտեսական աճին, մյուս կողմից՝ այն ենթադրում է ռեսուրսի օգտագործում, հետևաբար նաև բացասական ազդեցություն է թողնում շրջակա միջավայրի վրա: Այսինքն՝ կարելի է ասել, որ գոյություն ունի երկրնտրանք տնտեսական բարիքի ստեղծման, տնտեսական աճի ապահովման համար բնական ռեսուրսների օգտագործման և դրանց պաշարների սպառման միջև: Հետևաբար անհրաժեշտություն է առաջանում պահպանելու շրջակա միջավայրն ու արդյունավետ օգտագործելու բնական ռեսուրսները միևնույն ժամանակ ապահովելով տնտեսության կայուն զարգացում:

Այսինքն՝ անհրաժեշտ է հաշվի առնել շրջակա միջավայրի որակը տնտեսության զարգացմանը զուգահեռ, որը կարելի է իրականացնել տնտեսության զարգացման և բնական ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործման հաշվեկշռության պարագայում: Ավելին՝ անհրաժեշտ է համալիր մոտեցում ցուցաբերել, հաշվի առնելով տնտեսական, սոցիալա-

<sup>1</sup> Ջրամատակարարման կազմակերպման առաջին տեղությունների մասին տե՛ս (Абрамов, 1974, стр. 6-14)

<sup>2</sup> Հնագույն քաղաքակրթությունները ձևավորվել են Բնդոս, Եփրատ, Տիգրիս և Նեղոս գետերի ավազաններում, բացի այդ կառուցվել են ջրամատակարարման այնպիսի համակարգեր, որոնք բնակչությանն ապահովել են կայուն ջրամատակարարմամբ նույնիսկ թշնամու հարձակումների ժամանակ: Մանրամասն տե՛ս (Biswas, 1985, p. 207), (Garbrecht, 1980, pp. 308-311)

<sup>3</sup> Տե՛ս (Абрамов, 1974, стр. 6)

<sup>4</sup> Տե՛ս (Stockholm International Water Institute, November 2005, pp. 7-14) և (Gilquin & Uhlenbrook, 2017)

<sup>5</sup> Օրինակ՝ որոշ երկրների մարդկային զարգացման ինդեքսի և մեկ շնչին ընկնող ՀՆԱ-ի համեմատական վերլուծության արդյունքները հստակ չեն արտահայտում այդ կապը (տե՛ս (Goswami & Bisht, 2017, p. 1671)):

<sup>6</sup> Տե՛ս (OECD, 2011, pp. 13-34)

<sup>7</sup> **Տեխնիկական միջոցներ**՝ ջրախնայող սարքեր, ջրաչափեր, ջրի կրկնակի օգտագործման համակարգեր, **տնտեսական գործիքներ**՝ գնային քաղաքականություն, հարկային կարգավորումներ, բաշխման նոր մեխանիզմներ, ինչպես նաև **ինստիտուցիոնալ փոփոխություններ**, **ինֆորմացիոն միջոցներ** և այլն (տե՛ս (OECD, 2011, pp. 83-93)):

կան և քաղաքական ոլորտներում առկա խնդիրների շրջանակը, լուծման գործիքներն ու նպատակները և համալիր մոտեցման միջոցով մշակել համապատասխան ռազմավարություններ՝ կայուն զարգացման համար, որի արդյունքում կբարձրանա նաև շրջակա միջավայրի որակը<sup>8</sup>:

Հաշվի առնելով ամբողջ աշխարհում ջրամատակարարման և ջրահեռացման հսկայական մարտահրավերները՝ անհրաժեշտ է ջրամատակարարման համակարգերի կայուն զարգացման համար կառուցվածքային և հիերարխիկ շրջանակ, որն ընդգրկում է համապատասխան ինստիտուտներ՝ խաղի կանոնները թելադրելու համար, ենթակառուցվածքներ, ջրամատակարարման և ջրահեռացման ծառայությունների ստեղծում և ապահովում: Ավելին՝ ջրամատակարարման համակարգերի կայուն զարգացումը պետք է դիտարկել PESTEL (քաղաքական, տնտեսական, սոցիալ-մշակութային, տեխնիկական, բնապահպանական և իրավական) շրջանակում<sup>9</sup>:

Այսպիսով՝ կարևորելով ջրի մատակարարման կենսական, սոցիալ-տնտեսական և առողջապահական նշանակությունը՝ անհրաժեշտություն է առաջանում ապահովել ջրի բոլոր սպառողներին կայուն և հուսալի մատակարարմամբ՝ առանց շրջակա միջավայրի վրա որևէ բացասական ազդեցության: Այսինքն՝ անհրաժեշտություն է առաջանում օպտիմալ կերպով կառավարել ջրամատակարարման և ջրահեռացման համակարգերն ու առհասարակ ջրային ռեսուրսները:

Օգնության են գալիս մաթեմատիկական մոդելներն ու օպտիմիզացիոն մեթոդները, որոնցից են՝ գծային, ոչ գծային, ամբողջաթիվ ծրագրավորումը, դինամիկ ծրագրավորումը, հավանականային մեթոդները և այլն:

**Ջրամատակարարման համակարգերի օպտիմալ կառավարման մոդելներն ու հիմնախնդիրները:** Գոյություն ունեն ջրամատակարարման համակարգերի օպտիմալ կառավար-

ման տարբեր մոդելներ և մաթեմատիկական բազմապիսի մեթոդներ:

Դրանցից մեկը կարևորում է ջրի պահանջարկի էմպիրիկ բնույթը: Համակարգչի միջոցով բազմապիսի ռեգրեսիոն մոդելների կիրառմամբ վերլուծելով ջրի սպառման օրական, ամսական և տարեկան տվյալները՝ գնահատվում է ջրի պահանջարկը տարբեր եղանակներին ու տարածքներում, որը թույլ է տալիս օպտիմալացնել ներդրումային ծախսերը, որոնք սովորաբար իրականացվում են ջրամատակարարման համակարգերում առավելագույն բեռնվածությունը բավարարելու համար լրացուցիչ հզորության ապահովման նպատակով<sup>10</sup>:

Մեկ այլ մոդելում ջրամակատարարման համակարգերը բարելավվում են սպառման ռեժիմների որոշմամբ և օպտիմալացմամբ: Դիտարկելով ջրամատակարարման համակարգը որպես դինամիկ համակարգ՝ անհրաժեշտ է սպառման հիման վրա որոշել տարվա տարբեր եղանակներին պահանջարկը և կիրառելով պոմպերի պոտման արագության օպտիմալ ժամանակացույցը<sup>12</sup>՝ նվազեցնել էլեկտրաէներգիայի և պահպանման ծախսերը: Դիտարկվող օպտիմիզացիոն խնդիրը, ի տարբերություն օպտիմիզացիոն ավանդական մեթոդների՝ գծային, ոչ գծային և դինամիկ ծրագրավորման, որոնք հաշվարկային հսկայական ջանքեր են պահանջում, լուծվում է արհեստական ինտելեկտի տեխնոլոգիաների միջոցով<sup>13</sup>:

Ջրամատակարարման համակարգերի շահագործման ծախսերի զգալի մասը բաժին է ընկնում էլեկտրաէներգիայի ծախսին, որն առավելապես պայմանավորված է պոմպերի շահագործման ծախսերով: Հետևաբար պոմպերի աշխատանքի օպտիմալացումը կհանգեցնի հսկայական խնայողությունների, հատ-

<sup>8</sup> Տե՛ս (Մարգարյան, 2009, էջեր 5-32)

<sup>9</sup> Տե՛ս (Katko & Hukka, 2015, pp. 220-222): Ի դեպ՝ համայնքային ջրամատակարարումը ջրի այլ նպատակային օգտագործման համեմատ ունի որոշակի առաջնահերթություն, որը որոշ երկրներում (տե՛ս նույն տեղում, էջ 218), այդ թվում՝ Հայաստանում (տե՛ս (ՀՀ օրենքը ՀՀ ջրի ազգային ծրագրի մասին, 2006)), ամրագրված է նույնիսկ օրենքով:

<sup>10</sup> Տե՛ս (Yamauchi & Huang, 1977, pp. 35-36)

<sup>11</sup> Պահանջարկի մոդելների դիտարկման ժամանակ անհրաժեշտ է հաշվի առնել նաև հանգուցային ելքի ճշգրտման օպտիմիզացիոն մեթոդոլոգիան (տե՛ս (Cheng & He, 2011)):

<sup>12</sup> Պոմպերի շահագործման օպտիմալ գրաֆիկի որոշմամբ ջրամատակարարման համակարգի բարելավման նմանատիպ լուծում է դինամիկ ծրագրավորման իտերատիվ մեթոդներից պրոգրեսիվ օպտիմալությունը: Տե՛ս (Zessler & Shamir, 1989)

<sup>13</sup> Տե՛ս (Diniz, Fontes, Costa, Ferreira, & Santos, 2015, pp. 571-573)

կապես շահագործող մեծ կազմակերպությունների դեպքում: Ջրամատակարարման համակարգերում պոմպերի շահագործման ծախսերի նվազմանն է ուղղված ադապտիվ որոնողական օպտիմիզացիոն մեթոդի կիրառումը: Այն թույլ է տալիս խողովակաշարում առկա ճնշումներից ելնելով գործարկել կամ դադարեցնել այն պոմպը, որը կկարգավորի խողովակաշարում առկա ճնշումները, կապահովի ջրի առավել մատակարարում նվազագույն ծախսերով<sup>14</sup>:

Պոմպերի կիրառումը ջրամատակարարման համակարգերում կարևորվում է նաև ջրամատակարարման շարունակականության տեսանկյունից: Այդ առումով գրականության մեջ դիտարկվում է հիբրիդային հողմային պոմպը որպես հուսալի միջոց՝ գյուղական, ավիամերձ և առանձնացված գյուղական տարածքների անդադար ջրամատակարարումն ապահովելու համար: Մասնավորապես քըննարկվում է այդպիսի պոմպերի միջոցով ջրի բաշխման դինամիկ մոդելը, և հաշվարկվում է ջրամատակարարման համակարգում այդպիսի պոմպերի ներդրման անհրաժեշտ քանակը՝ բարձր հուսալիության ջրամատակարարում ապահովելու համար<sup>15</sup>:

Ջրամատակարարման համակարգերում էլետրաէներգիայի ծախսի օպտիմալացումը կարելի է դիտարկել նաև համայնքային և անհատական ջրամատակարարման համակարգերի համեմատական վերլուծության միջոցով՝ էներգիայի սպառման տեսանկյունից ավելի արդյունավետ տարբերակը որոշելու նպատակով: Ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ **h** թվով տնային տնտեսություններ ունեցող մեկ համայնքային ջրամատակարարման համակարգն ունի ավելի քիչ շահագործման ծախսեր (էներգիայի սպառում), քան **h** թվով տնային տնտեսություններ որպես առանձին համակարգեր միասին վերցրած: Ավելին՝ որոշվում է տնային տնտեսությունների օպտիմալ թիվը, որից սկսած պետք է կիրառել մեկ համայնքային ջրամատակարարման համակարգ առանձին ջրամատակարարման համակարգերի փոխարեն<sup>16</sup>:

Օպտիմալացման այլ մոդելներից ու մեթոդներից են նաև Կալիֆոռնիայի ջրամատակարարման համակարգի տնտեսական-ինժեներական օպտիմալացման մոդելը<sup>17</sup>, ինչպես նաև տարածաշրջանային ջրամատակարարման համակարգի օպտիմալացման համար ընդհանրացված ցանցային ալգորիթմը, որը դիտարկվում է Հարավային Կալիֆոռնիայի օրինակով: Հաշվի առնելով, որ գծային ծրագրավորման լուծումը բարդանում է մեծամասշտաբ համակարգերի դեպքում՝ առաջարկվում է դիտարկել գծային ծրագրավորումը որպես ներկառուցված ընդհանրացված ցանցային խնդիր և լուծել այն EMNET ալգորիթմի միջոցով: Դա թույլ կտա բարելավել տարածաշրջանային ջրամատակարարման համակարգի կառավարման մոդելի հաշվարկների իրականացման արդյունավետությունը<sup>18</sup>:

Ջրամատակարարման համակարգերի օպտիմալացման մեկ այլ մոտեցում է հավանականային մեթոդների միջոցով օպտիմալացումը: Հաշվի առնելով, որ ջրամատակարարման համակարգերի հետագա զարգացումը պահանջում է կապիտալ ներդրումների իրականացում, որը պայմանավորված է ֆինանսական միջոցների հայթայթման դժվարություններով՝ ջրամատակարարման նոր ենթակառուցվածքներ կառուցելու փոխարեն ջանքեր են գործադրվում ավելի արդյունավետ օգտագործելու գոյություն ունեցող ենթակառուցվածքները, որոնք էլ հանգեցնում են քաղաքային ջրամատակարարման համակարգերի կառավարման նպատակով գրեթե օպտիմալ լուծումների փնտրմանը: Ուսումնասիրելով քաղաքային ջրամատակարարման համակարգերի, մասնավորապես՝ գլխամասային կառույցների օպտիմալացումը՝ պետք է հաշվի առնել, որ գլխամասային կառույցներն ունեն բարդ և հավանականային բնույթ: Օպտիմալացման ավանդական մոտեցումները՝ գծային, ոչ գծային և դինամիկ ծրագրավորման մեթոդները, չեն կարող հաղթահարել գլխամասային մեծ կառույցների բարդ և ստոխաստիկ լինելու բնույթը: Այսինքին՝ անհրաժեշտ է կիրառել սիմուլյացիոն մոդելներ Մոնտե Կառոլյի մեթոդի հետ համատեղ: Genetic Algorithm (GA) և Shuffled Complex Evaluation մեթոդների հա-

<sup>14</sup> Տե՛ս (Pezeshk & Helweg, 1996, p. 57)

<sup>15</sup> Տե՛ս (Taufik, 2007, p. 186)

<sup>16</sup> Տե՛ս (Mahmood & Ali, 2013)

<sup>17</sup> Տե՛ս (Draper, Jenkins, Kirby, Lund, & Howitt, 2003)

<sup>18</sup> Տե՛ս (Sun, Yeh, Hsu, & Louie, 1995)

մեմատական վերլուծության արդյունքները ցույց են տալիս, որ չնայած Shuffled Complex Evaluation մեթոդի արդյունավետության՝ Genethic Algorithm-ը գործնականում ունի հսկայական առավելություն հավելվածներում հաշվարկների զուգահեռ իրականացման շնորհիվ<sup>19</sup>:

Ջրամատակարարման համակարգերի սիմուլյացիոն մոդելները կիրառվում են նաև տարածաշրջանային ջրամատակարարման համակարգի տնտեսական գնահատման համար: Առանձնացնելով ջրի ստացումն ու մաքրումը՝ որպես ջրամատակարարման համակարգի մեկ բաղադրիչ, իսկ ջրի տեղափոխումն ու բաշխումը՝ որպես երկրորդ բաղադրիչ՝ դիտարկվում են յուրաքանչյուր բաղադրիչին առնչվող ծախսերը և ցանկացած վայր մատակարարվող ջրի ծախսերը պայմանավորվում այդ երկու բաղադրիչների տնտեսական գնահատմամբ: Մոդելի հիմքում ընկած է այն սկզբունքը, որ ջրի մատակարարումն ու ջրի մաքրումը նկարագրվում է խողովակների, ջրամբարների, մաքրման կայանների և հիդրոտեխնիկական այլ էլեմենտների միջոցով, որը մոդելավորվում է որպես հանգույց-կապ ցանցի միջոցով: Այնուհետև ցանցի վերաբերյալ ինֆորմացիան պահվում է ցանցային տվյալների բազայում, և սիմուլյացիոն մոդելի միջոցով իրականացվում է ջրամատակարարման համակարգի տնտեսական գնահատում<sup>20</sup>:

Սակավաջուր և ցածրորակ ջրի պայմաններում ջրամատակարարման օպտիմալ կառավարման նպատակով կիրառվում են երկակի կամ բազմակի բաշխիչ ցանցերը, որոնց դեպքում երկու կամ ավելի որակների ջուրը մատակարարվում է տարբեր բաշխիչ ցանցերով: Այսինքն՝ կախված որակից (խմելու, ոչ խմելու կամ պայմանական մաքուր) առանձին բաշխիչ ցանցերով ջուրը մատակարարվում է տարբեր բնույթի սպառման նպատակով՝ խմելու, ոռոգման և այլն: Հաշվի առնելով խմելու որակի նկատմամբ աճող պահանջարկը և ջրային ռեսուրսների սակավությունը, ինչպես նաև գյուղատնտեսության մեջ քիմիկատների լայնորեն կիրառումը, որոնք ներթափանցելով ջրային ռեսուրսների մեջ աղտոտում են այն՝ սակավաջուր և ջրի վատ որակ ունեցող վայ-

րերում խմելու որակին համապատասխան ջրով ապահովելը դառնում է ավելի ու ավելի դժվար: Հետևաբար, ջրային ռեսուրսների պահպանման և օպտիմալ օգտագործման տեսանկյունից կարևորվում է ջրի կրկնակի օգտագործումը ջրի կառավարման երկարաժամկետ պլաններում:

Այդ նպատակով անհրաժեշտ է դիտարկել խմելու, պայմանական մաքուր և ոչ խմելու որակի աղբյուրներ և երկակի կամ բազմակի բաշխիչ ցանցեր ունեցող քաղաքային ջրամատակարարման համակարգերի մոդելներ՝ իրականացնելով այդպիսի ջրամատակարարման համակարգերի տեխնիկական և տնտեսական վերլուծություն: Ուսումնասիրելով ջրամատակարարման երկակի համակարգի կիրառումը գոյություն ունեցող և նոր կառուցվող համակարգի դեպքում՝ արդյունքները ցույց են տալիս, որ օրինակ՝ համայնքային տարբեր նպատակներով ջրի օգտագործման համար ջրամատակարարման երկակի համակարգերի կիրառման դեպքում բարձր որակի ջուր ունենալու ծախսերը կնվազեն, քանի որ բարձր որակի ջրի պահանջը ավելի քիչ կլինի: Կենցաղային սպառման մյուս մասը կանցնի ստանդարտ որակի մաքրում (ոչ այնքան բարձր ինչքան խմելունն է) և առանձին բաշխիչ ցանցով կօգտագործվի համայնքի այլ կարիքների բավարարման համար<sup>21</sup>:

Ջրամատակարարման և ջրահեռացման երկակի համակարգերի օպտիմալացման նպատակով կիրառվում է նաև ինտեգրացված գծային դետերմինիստիկ օպտիմիզացիոն մոդելը՝ ջրամատակարարման, կեղտաջրերի հեռացման և օգտագործման տարբերակների ծախսերի նվազագույն կառուցվածքը որոշելու համար: Կարելի է ասել, որ առաջարկվող մոդելը դիտարկվել է ջրային ռեսուրսի համապարփակ կառավարման համատեքստում՝ հաշվի առնելով ջրի անտրոպոգեն ողջ ցիկլը՝ ջրի մատակարարման, պահանջարկի, կեղտաջրերի հեռացման և օգտագործման միավորումը<sup>22</sup>:

Ամփոփելով ջրամատակարարման համակարգերի օպտիմալ կառավարման համար կիրառվող մաթեմատիկական մոդելների ու մեթոդների վերաբերյալ դիտարկված գրակա-

<sup>19</sup> Տե՛ս (Cui & Kuczera, 2003)

<sup>20</sup> Տե՛ս (Clark & Males, 1986)

<sup>21</sup> Տե՛ս (Deb & Evans, 1980)

<sup>22</sup> Տե՛ս (Ray, Kirshen, & Vogel, 2010, p. 44)

նությունը՝ ջրամատակարարման համակարգերի արդյունավետության մոդելավորման շրջանակում առանձնացնենք մի շարք հիմնախնդիրներ:

- Ուշադրության արժանի է ջրամատակարարման համակարգերի արդյունավետ կառավարման խնդիրը, որը ենթադրում է լուծումներ բազմաչափ միջավայրում: Այդ լուծումները ներառում են նախ և առաջ տնտեսական արդյունավետության բաղկացուցիչը, ինչպես նաև ռեսուրսների օպտիմալ օգտագործման և այլ խնդիրներ:

- Ջրամատակարարման համակարգերի օպտիմալ կառավարման խնդիրները նպատակահարմար է դիտարկել տնտեսության զարգացման և ջրային ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործման հաշվեկշռային մոտեցման շրջանակում՝ շրջակա միջավայրի որակի ապահովման նպատակով:

- Ջրամատակարարման համակարգերի օպտիմալ կառավարման նպատակով կարևորվում է ջրապահանջի և սպառման ռեժիմների խորն ուսումնասիրությունը՝ անհրաժեշտ ներդրումներն ու համակարգերի օպտիմալ հզորությունը որոշելու, ինչպես նաև ծախսերն օպտիմալացնելու նպատակով:

- Ջրամատակարարման համակարգերի օպտիմալ կառավարման նպատակով անհրաժեշտ է դիտարկել նաև համակարգերի կառավարման մոդելները, ինչպես նաև ջրամատակարարման համակարգերի կողմից էներգիայի սպառման առավել արդյունավետ մոտեցումները:

- Անհրաժեշտ է ներդրումների միջոցով բարելավել ջրամատակարարման և ջրահեռացման համակարգերը, որը կնպաստի համակարգերում առկա խնդիրների լուծմանը՝ հանգեցնելով տնտեսության զարգացմանը:

- Կարևոր է քննարկել նաև ջրամատակարարման բազմակի համակարգերի և ջրի կրկնակի օգտագործման տարբերակները՝ որպես ջրամատակարարման համակարգերի կազմակերպման և կառավարման այլընտրանքային ձևեր:

Վերոնշյալ խնդիրների ուսումնասիրության, վերլուծության ու լուծումների մշակման նպատակով անհրաժեշտ է կիրառել տնտեսա-մաթեմատիկական մեթոդներ և գործիքներ, մասնավորապես՝ օպտիմալ կառավարման

տեսությունը, իրավիճակային և վարքագծային մոդելավորման տրամաբանությունը, ինչպես նաև բազմաչափ վիճակագրական վերլուծությունները:

Ներկայացված մոդելները հենվում են ստոխաստիկ նկարագրությունների վրա, քանի որ նկարագրված խնդիրների լուծումները կարող են առնչվել տվյալների մասնակի ապահովվածությանը և այնպիսի իրավիճակներին, որոնք դետերմինացված չեն:

#### Օգտագործված գրականության ցանկ

1. Biswas, A. (1985). Ancient Urban Water Supply Systems. *GeoJournal*, 11(3), 207-213.
2. Cheng, W., & He, Z. (2011, January). Calibration of a Nodal Demand in Water Distribution Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 137(1), 31-40. Retrieved March 22, 2017
3. Clark, R., & Males, R. (1986, August). Developing and Applying the Water Supply Simulation Model. *Journal (American Water Works Association)*, 78(8), 61-65. Retrieved March 22, 2017, from <http://www.jstor.org/stable/41272815>
4. Cui, L.-J., & Kuczera, G. (2003, September 1). Optimizing Urban Water Supply Headworks Using Probabilistic Search Methods. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 129(5), 380-387.
5. Deb, A., & Evans, M. (1980, February). Dual Distribution Systems Analysis. *Journal of American Water Works Association*, 72(2), 103-108. Retrieved March 22, 2017, from <http://www.jstor.org/stable/41269988>
6. Diniz, A. M., Fontes, C. H., Costa, C. A., Ferreira, A. M., & Santos, P. Í. (2015, May). Improvements in Water Supply Systems Based on Optimization and Recognition of Consumption Patterns. *Journal of Engineering Science and Technology*, 10(5), 571-590.
7. Draper, A. J., Jenkins, M. W., Kirby, K. W., Lund, J. R., & Howitt, R. E. (2003, May). Economic-Engineering Optimization for California Water Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 129(3), 155-164.
8. Garbrecht, G. (1980). The Water Supply System at Tuspa (Urartu). *World Archaeology*, 11(3), 306-312. Retrieved March 22, 2017, from <http://www.jstor.org/stable/124252>
9. Gilquin, C., & Uhlenbrook, S. (2017, September 29). *Water becomes priority for economic development*. Retrieved January 2019, from [capacity4dev.eu](http://capacity4dev.eu): <https://europa.eu/capacity4dev/articles/water-becomes-priority-economic-development>

10. Goswami, K., & Bisht, P. (2017, December). The Role of Water Resources in Socio-Economic Development. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 5(XII), 1669-1674.
11. Katko, T., & Hukka, J. (2015). Social and economic importance of water services in the built environment: need for more structured thinking. *Procedia Economics and Finance*, 21, 217-223.
12. Mahmood, F., & Ali, H. (2013). Energy-Cost Optimisation in Water-Supply System. *The Pakistan Development Review*, 52(4), 437-446. Retrieved March 22, 2017, from <http://www.jstor.org/stable/24397905>
13. OECD. (2011). *Benefits of Investing in Water and Sanitation: An OECD Perspective*. OECD Publishing. Retrieved January 2019, from <http://dx.doi.org/10.1787/9789264100817-en>
14. Pezeshk, S., & Helweg, O. (1996, January/February). Adaptive Search Optimization in Reducing Pump Operating Costs. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 57-63. Retrieved March 2017
15. Ray, P., Kirshen, P., & Vogel, R. (2010, January 1). Integrated Optimization of a Dual Water and Wastewater System. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(1), 37-47.
16. Stockholm International Water Institute. (November 2005). *Making Water a Part of Economic Development: The Economic Benefits of Improved Water Management and Services*. Stockholm, Sweden. Retrieved January 2019, from <http://www.siwi.org/publications/making-water-a-part-of-economic-development-the-economic-benefits-of-improved-water-management-and-services/>
17. Sun, Y.-H., Yeh, W.-G., Hsu, N.-S., & Louie, P. (1995, September/October). Generalized Network Algorithm for Water-Supply-System Optimization. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 392-398.
18. Taufik, A. (2007). The Dynamic Modeling of a Hybrid Wind Pump for Rural Water Supply: A Mathematical Model of Positive Linear System with Dynamic Inputs and Demand Criteria. *AIP Conference Proceedings*, (pp. 186-193). Retrieved March 2017
19. Yamauchi, H., & Huang, W. (1977, January). Organization and Statistical Analysis of Water-Consumption Data at the Local Level. *Journal (American Water Works Association)*, 69(1), 35-38. Retrieved March 22, 2017, from <http://www.jstor.org/stable/41268667>
20. Zessler, U., & Shamir, U. (1989, November). Optimal Operation of Water Distribution Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 115(6), 735-752. Retrieved March 2017
21. Абрамов, Н. (1974). *Водоснабжение* (изд. 2-е, переработанное и дополненное). Москва: Стройиздат.
22. ՀՀ օրենքը ՀՀ ջրի ազգային ծրագրի մասին. (27 Նոյեմբեր, 2006). *Հոդված 30*.
23. Սարգսյան, Վ. (2009). *Շրջակա միջավայրի պահպանության և բնական ռեսուրսների օգտագործման արդյունավետ կառավարման հիմնախնդիրները Հայաստանի Հանրապետությունում*. Երևան.