

**ԵՐԵՎԱՆ ԶԱՐԱԶԻ ԶՐԱՄԱՏԱԿԱՐԱՐՄԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԼԱՏԵՆՏ
ՓՈՓՈԽԱԿԱՆԻ ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ***

ՀՏԴ 628.1:519.7/8:303.224.74

ԱՆՆԱ ԱՎԱԳՅԱՆ

*«Զրտուբ» ՍՊԸ մենեջեր, ՀՊՏՀ տնտեսական ինֆորմատիկայի և
տեղեկատվական համակարգերի ամբիոնի ասպիրանտ,
ք. Երևան, Հայաստանի Հանրապետություն
annaavaqyan7@gmail.com*

Հոդվածի նպատակն է գնահատել Երևան քաղաքի ջրամատակարարումը լատենտ փոփոխականի մոդելավորման միջոցով: Մեր խնդիրն է բացահայտել Երևանի ջրամատակարարումը բնութագրող ցուցանիշների հիմքում ընկած լատենտ փոփոխականներն ու կրճատել ուսումնասիրվող ցուցանիշների թիվը: Այդ նպատակո, նախ ուսումնասիրել ենք Երևան քաղաքի ջրամատակարարումը բնութագրող ցուցանիշները՝ փորձելով բացահայտել ընտրված ցուցանիշների միջև կորելյացվածությունը և ստուգել այդ ցուցանիշներով գործոնային վերլուծություն իրականացնելու նպատակահարմարությունը, այնուհետև, իրականացվել է գործոնային վերլուծություն: Գործոնային վերլուծությունը կատարվել է առանցքային բաղադրիչի (principal component) մեթոդով և գործոնների պտտման կամ ճշգրտման VARIMAX ալգորիթմով: Վերլուծության համար կիրառվել է SPSS ծրագիրը: Օգտագործվել են IBNET-ում առկա ժամանակային շարքերը:

Հետազոտության իրականացման ընթացքում կիրառվել են վերլուծության, մաթեմատիկական ու վիճակագրական մեթոդներ:

Ուսումնասիրության արդյունքում հանգել ենք այն եզրակացությանը, որ Երևան քաղաքի ջրամատակարարումը կարելի է բնութագրել 3 լատենտ փոփոխականներով, որոնք թույլ են տալիս առավել ամբողջական դիտարկել ջրամատակարարումը և նվազեցնել ուսումնասիրվող փոփոխականների թիվը: Ստացված արդյունքները կիրառելի են ջրամատակարարման արդյունավետության, ինչպես նաև ջրամատակարարման ծառայության ու տնտեսության փոխկապակցվածության ուսումնասիրություններում:

Հիմնաբառեր՝ ջրամատակարարում, գործոնային վերլուծություն, լատենտ փոփոխական, ջրամատակարարման գործոնային վերլուծություն, Երևանի ջրամատակարարում, Երևանի ջրամատակարարման գնահատում, ջրամատակարարման արդյունավետություն:

Ներածություն

Կարևորելով ջրի մատակարարման կենսական, սոցիալ-տնտեսական ու առողջապահական նշանակությունը՝ ջրամատակարարման ու տնտեսության

* Հոդվածը ներկայացվել է 08.08.2020թ., գրախոսվել՝ 22.08.2020թ., տպագրության ընդունվել՝ 22.12.2020թ.:

փոխկապակցվածության ուսումնասիրությունների շրջանակում անհրաժեշտություն է առաջանում իրականացնել ջրամատակարարման գնահատում լատենտ փոփոխականի մոդելավորման միջոցով:

Երևան քաղաքի ջրամատակարարման գնահատումը լատենտ փոփոխականի մոդելավորման միջոցով իրականացնելու համար նախ առանձնացվել է ուսումնասիրվել են Երևան քաղաքի ջրի մատակարարման ծառայությունը նկարագրող ցուցանիշները, այսուհետև գործոնային վերլուծության միջոցով բացահայտվել են ջրամատակարարումը բնութագրող լատենտ փոփոխականները:

Երևան քաղաքի ջրամատակարարման գնահատումը լատենտ փոփոխականի մոդելավորման միջոցով

Վերլուծության համար տվյալների աղբյուր է հանդիսացել IBNET-ը (International Benchmarking Network, թարգմ.՝ բենչմարքինգի միջազգային ցանց)³²⁷, որում առկա ցուցանիշներից որպես ելակետային տվյալներ ընտրվել են ջրարտադրությունը, ջրսպառումը, ջրի կորուստները, ջրամատակարարման տևողությունը, ջրամատակարարման համակարգում վթարների քանակը (այսուհետ՝ վթարները), սպասարկվող բնակչության թիվը, ջրամատակարարումն ապահովող աշխատողների քանակը (այսուհետ նաև՝ անձնակազմ), ջրամատակարարման համակարգի շահագործման ծախսերը, շահագործումից ստացված հասույթը, շահագործման ծախսածածկումը և վճարների հավաքագրման ժամանակահատվածը: Ցուցանիշների ընտրությունը պայմանավորված է IBNET-ում տվյալների հասանելիությամբ, ինչպես նաև տարիների հնարավոր առավելագույն ժամանակային շարքեր ունենալով: Գործոնային վերլուծությունն³²⁸ իրականացվել է SPSS ծրագրի միջոցով՝ IBNET-ում առկա 1995-2016թթ. ժամանակային շարքերով³²⁹:

Նախքան գործոնային վերլուծությունը կատարվել է տվյալների ուսումնասիրություն՝ կորելացվածության բացահայտման և ընտրված ցուցանիշներով գործոնային վերլուծության իրականացման նպատակահարմարությունը ստուգելու նպատակով: Կորելացվածության ուսումնասիրության արդյունքների համաձայն՝ ընտրված ցուցանիշները նշանակալիորեն կորելացված են: Այդ մասին են վկայում նաև KMO և Barlett's թեստերի արդյունքները, որտեղ KMO համապատասխանության չափումը գերազանցում է 0.6-ը՝ 0.000 նշանակալիությամբ³³⁰: Դա ցույց է տալիս, որ ընտրված ցուցանիշներով կարելի է իրականացնել գործոնային վերլուծություն՝ ցուցանիշների թվի կրճատման և դրանց հիմքում ընկած լատենտ փոփոխականների բացահայտման համար³³¹:

Այսպիսով՝ տվյալների ուսումնասիրությունից հետո նախապես սահմանված 11 ցուցանիշներով իրականացվել է գործոնային վերլուծություն: Վերլուծությունն իրականացվել է առանցքային բաղադրիչի (principal component) մեթոդով և գործոնների

³²⁷ Տե՛ս IBNET. (2017). Benchmarking database. Retrieved from IBNET: <https://www.ib-net.org/>, /02.11.19/.

³²⁸ Տե՛ս Comrey, A., & Lee, H. (1992). A first course in factor analysis (2nd ed.). New York: Psychology Press, pp. 4-14.

³²⁹ IBNET-ի ֆինանսավորման պատճառով և կառուցվածքային փոփոխությամբ պայմանավորված՝ Երևան քաղաքի վերաբերյալ ընտրված ցուցանիշների թվային արժեքները 2016թ.-ից հետո բացակայում են:

³³⁰ Տե՛ս UCLA: Statistical Consulting Group. (2020). Factor analysis: SPSS annotated output. Retrieved from Institute for Digital Research & Education: <https://stats.idre.ucla.edu/spss/output/factor-analysis/>, /25.07.20/.

³³¹ Փոփոխականների կորելացվածության, KMO և Barlett's թեստերի մասին մանրամասն տե՛ս Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2014). Multivariate Data Analysis (7th ed.). Harlow: Pearson Education Limited, pp. 101-103

պտտման կամ ճշգրտման VARIMAX ալգորիթով³³²: Գործոնային վերլուծության նախնական արդյունքների համաձայն՝ Երևանի ջրամատակարարումը կարող է նկարագրվել 3 գործոններով կամ լատենտ փոփոխականներով³³³:

Աղյուսակ 1. Ընդհանուր բացատրված վարիացիա

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	6.070	55.183	55.183	6.070	55.183	55.183	5.972	54.289	54.289
2	2.361	21.463	76.647	2.361	21.463	76.647	2.255	20.504	74.793
3	1.512	13.745	90.392	1.512	13.745	90.392	1.716	15.598	90.392
4	.469	4.260	94.651						
5	.375	3.405	98.056						
6	.091	.829	98.885						
7	.061	.550	99.435						
8	.038	.346	99.781						
9	.013	.120	99.901						
10	.009	.082	99.983						
11	.002	.017	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Ինչպես երևում է աղյուսակ 1-ում, վերլուծության մեջ ներառված բոլոր ցուցանիշների ընդհանուր վարիացիայի մոտ 90,4%-ը կարելի է բացատրել 3 գործոններով, ընդ որում՝ առաջին գործոնը բացատրում է ընդհանուր վարիացիայի 55,2%-ը, սմանապես երկրորդ գործոնը՝ 21,5%-ը, իսկ երրորդը՝ 13,7%-ը:

Աղյուսակ 2. Ընդհանրությունների աղյուսակ (Communalities)

Ցուցանիշներ	Սկզբնական	Արտածում
Ջրարտադրություն	1.000	.845
Ջրապառում	1.000	.921
Ջրի կորուստ	1.000	.985
Ջրամատակարարման տևողություն	1.000	.968
Վթարներ	1.000	.958
Սպասարկվող բնակչություն	1.000	.927
Անձնակազմ	1.000	.725
Շահագործման ծախս	1.000	.935
Շահագործումից ստացված հասույթ	1.000	.967
Շահագործման ծախսածածկում	1.000	.918
Վճարների հավաքագրում	1.000	.793

Extraction Method: Principal Component Analysis.

³³² Տե՛ս Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2014). Multivariate Data Analysis (7th ed.). Harlow: Pearson Education Limited, pp. 113-114, 134-145

³³³ Լատենտ փոփոխականների օպտիմալ քանակն ընտրելիս կիրառվել են գրականությունում առաջարկվող մեթոդների համադրությունը. Կայսերի կանոնը՝ «սեփական արժեք մեծ է մեկից», Կատելի՝ գործոնների և սեփական արժեքի համադրության գրաֆիկը /scree plot/, ինչպես նաև վարիացիայի գումարային տոկոսը: Տե՛ս Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2014). Multivariate Data Analysis (7th ed.). Harlow: Pearson Education Limited, pp. 106-109, SPSS tutorials. (2020). SPSS Factor Analysis. Retrieved from SPSS tutorials: <https://www.spss-tutorials.com/spss-factor-analysis-tutorial/>, /25.07.20/, և Statistics Solutions. (2020). Conduct and Interpret a Factor Analysis. Retrieved from Statistics Solutions: <https://www.statisticssolutions.com/factor-analysis-2/>, /25.07.20/:

Ինչ վերաբերում է ցուցանիշների նշանակալիությանը, ապա համաձայն աղյուսակ 2-ի՝ բոլոր ցուցանիշները նշանակալի են՝ նշված երեք գործոնները ձևավորելու համար³³⁴։ Այնուամենայնիվ, համեմատության մեջ անձնակազմի ու վճարների հավաքագրման ցուցանիշները մի փոքր զիջում են մյուս ցուցանիշներին։

Թեև ընդհանուր բացատրված վարիացիայի մոտ 90,4%-ը նշանակալի արդյունք է տևտեսագիտական խնդիրների դեպքում, այնուամենայնիվ գործոնային վերլուծությունն իրականացվել է ևս երկու անգամ՝ բացառելով վճարների հավաքագրման և անձնակազմի ցուցանիշները՝ պարզելու, թե ինչպես կփոխվի ընդհանուր բացատրված վարիացիան։

Աղյուսակ 3. Ընդհանուր բացատրված վարիացիա

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.639	62.655	62.655	5.639	62.655	62.655	5.410	60.106	60.106
2	1.713	19.035	81.690	1.713	19.035	81.690	1.786	19.846	79.952
3	1.252	13.908	95.599	1.252	13.908	95.599	1.408	15.646	95.599
4	.192	2.131	97.729						
5	.091	1.007	98.737						
6	.066	.732	99.468						
7	.032	.353	99.822						
8	.012	.130	99.951						
9	.004	.049	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Աղյուսակ 4. Ընդհանրությունների աղյուսակ (Communalities)

Ցուցանիշներ	Սկզբնական	Արտածում
Ջրարտադրություն	1.000	.969
Ջրապառում	1.000	.919
Ջրի կորուստ	1.000	.982
Ջրամատակարարման տևողություն	1.000	.936
Վթարներ	1.000	.941
Սպասարկվող բնակչություն	1.000	.941
Շահագործման ծախս	1.000	.954
Շահագործումից ստացված հասույթ	1.000	.976
Շահագործման ծախսածածկում	1.000	.986

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Ինչպես կարելի է տեսնել աղյուսակ 3-ում, վճարների հավաքագրման և անձնակազմի ցուցանիշները հեռացնելու արդյունքում ընդհանուր բացատրված վարիացիան բարելավվել է՝ 90,4%-ից դառնալով մոտ 95.6%։ Այսինքն՝ ստացված 3 գործոններն այժմ բացատրում են ընդհանուր վարիացիայի մոտ 95.6%-ը։ Միևնույն ժամանակ բոլոր ցուցանիշները, ըստ աղյուսակ 4-ի, զգալիորեն մոտ լինելով մեկին³³⁵, չարունակում են նշանակալի լինել երեք գործոնների ձևավորման գործում։

³³⁴ Ցուցանիշները նշանակալի են extraction value >0.5 պայմանի համաձայն։ Տե՛ս Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2014). Multivariate Data Analysis (7th ed.). Harlow: Pearson Education Limited, p. 120.

³³⁵ Տե՛ս UCLA: Statistical Consulting Group. (2020). A practical introduction to factor analysis: Exploratory factor analysis. Retrieved from Institute for Digital Research & Education:

Գործոնների շրջված աղյուսակի (տե՛ս աղյուսակ 5) միջոցով ուսումնասիրելով ստացված 3 գործոնների կամ լատենտ փոփոխականների և նախնական ցուցանիշների փոխկապակցությունները՝ կտեսնենք, որ յուրաքանչյուր գործոնը նկարագրող փոփոխականի արժեքը մոտ է մեկի: Դա նշանակում է, որ ստացված գործոնների և նախնական փոփոխականների միջև կապը բավականին ուժգին է, որն ապացուցում է մոդելի նշանակալիությունը:

Աղյուսակ 5. Գործոնների շրջված մատրիցա

Ցուցանիշներ	Գործոն		
	1	2	3
Վթարներ	.970		
Շահագործումից ստացված հասույթ	.949		
Ջրամատակարարման տևողություն	.942		
Սպասարկվող բնակչություն	.939		
Ջրապառում	-.912		
Ջրի կորուստ	.809		
Շահագործման ծախսածածկում		-.982	
Շահագործման ծախս		.795	
Ջրարտադրություն			.983

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Ինչպես երևում է գործոնների շրջված մատրիցայից, նախնական ինը ցուցանիշներից վեցը ուժեղ կապված են առաջին գործոնի հետ: Այլ կերպ ասած՝ առաջին գործոնն ընդգրկում է ջրամատակարարման համակարգում վթարների քանակը, շահագործումից ստացված հասույթը, ջրամատակարարման տևողությունը, սպասարկվող բնակչությունը, սպառվող ջրի ծավալը և ջրի կորուստները: Հետևաբար առաջին լատենտ փոփոխականը պայմանականորեն անվանել ենք ջրամատակարարման որակ:

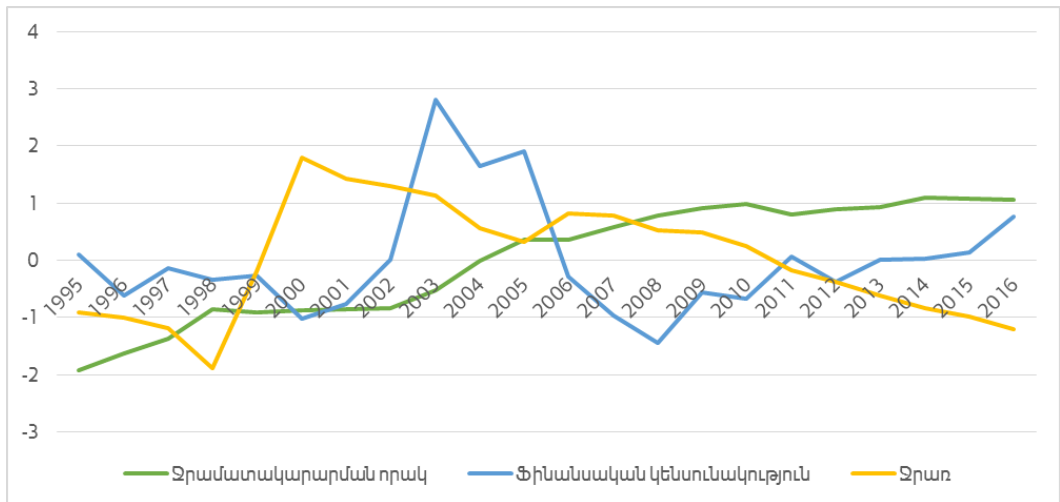
Երկրորդ գործոնը պարունակում է ջրամատակարարման համակարգի շահագործման ծախսածածկման ու շահագործման ծախսերի ցուցանիշները, հետևաբար այն անվանել ենք ջրամատակարարման ծախսեր կամ, այլ կերպ ասած, ջրամատակարար ընկերության ֆինանսական կենսունակություն (ֆինանսական ինքնաբավություն): Երրորդ ցուցանիշը, քանի որ ընդգրկում է ջրարտադրությունը, անվանել ենք ջրառ կամ ջրային ռեսուրսի օգտագործում:

Աղյուսակ 6. Լատենտ փոփոխականների ժամանակային շարքերը

Տարի	Ջրամատակարարման որակ	Ջրամատ. ծախսեր /ֆինանսական կենսունակություն	Ջրառ/ Ջրային ռեսուրսի օգտագործում
1995	-1.924980083	0.099008322	-0.912783599
1996	-1.633967808	-0.612106073	-1.001962919
1997	-1.363594754	-0.129979363	-1.188736286
1998	-0.853642675	-0.336264858	-1.888719272
1999	-0.919393101	-0.264395452	-0.187805243
2000	-0.879870315	-1.026725996	1.789840708
2001	-0.850272819	-0.764254126	1.430888214
2002	-0.834683354	0.002247716	1.291539183
2003	-0.529693443	2.804078549	1.131762959
2004	-0.005730842	1.638934094	0.563316102

ԳԻՏԱԿԱՆ ԱՐՑԱԿ	SCIENTIFIC ARTSAKH	НАУЧНЫЙ АРЦАХ	№ 4(7), 2020
2005	0.363585569	1.901538526	0.315977878
2006	0.362022051	-0.283804465	0.809866948
2007	0.572575488	-0.969363803	0.789074968
2008	0.786529199	-1.445702906	0.527820687
2009	0.909325209	-0.55691318	0.478843458
2010	0.981180208	-0.676029976	0.24932981
2011	0.796214153	0.070652662	-0.174170677
2012	0.888011567	-0.375522883	-0.371933416
2013	0.921796045	0.008587264	-0.619787294
2014	1.091936465	0.02578817	-0.842980795
2015	1.067863796	0.135157193	-0.991058552
2016	1.054789445	0.755070586	-1.198322861

Աղյուսակ 6-ում ներկայացված են ստացված լատենտ փոփոխականների ժամանակային շարքերը, որոնք ուսումնասիրել ենք դրանց դինամիկան ներկայացնող գծապատկերի միջոցով:



Գծապատկեր 1. Լատենտ գործոնների դինամիկան

Լատենտ գործոնների դինամիկայի ուսումնասիրությունից երևում է, որ ջրամատակարարման որակը տարիների ընթացքում սահուն աճել է՝ աստիճանաբար բարելավվելով: Երևանի ջրամատակարարումն ապահովող ջրմուղ ընկերության ֆինանսական կենսունակությունը տարիների ընթացքում բավականին փոփոխվել է՝ վերջին տարիներին դրական միտում գրանցելով: Այսինքն՝ վերջին տարիներին ջրամատակարարման իրականացումը Երևան քաղաքում դարձել է ֆինանսապես ավելի կենսունակ, ինքնաձախսաձածկվող և շահութաբեր: Ինչ վերաբերում է ջրառին, ապա համակարգի բարելավման, հոսակորուստների կրճատման և ջրաչափության ներդրման հետևանքով ջրառը համեմատաբար նվազել է, այսինքն՝ ջրային ռեսուրսներն ավելի արդյունավետությամբ են օգտագործվել:

Եզրակացություն

Ամփոփելով լատենտ փոփոխականի մոդելավորման միջոցով Երևան քաղաքի ջրամատակարարման գնահատումը՝ կարող ենք ասել, որ ջրի մատակարարման ծառայությունը նկարագրող ցուցանիշները գործոնային վերլուծության արդյունքում խմբավորվել են 3 գործոններում: Այլ կերպ ասած՝ Երևանի ջրամատակարարումը կարելի է բնութագրել 3 լատենտ փոփոխականներով՝ ջրամատակարարման որակով,

ջրամատակարար ընկերության ֆինանսական կենսունակությամբ կամ ջրամատակարարման ծախսերով ու ջրառով կամ ջրային ռեսուրսի օգտագործմամբ:

Ստացված լատենտ փոփոխականները թույլ են տալիս մի կողմից՝ առավել ամբողջական դիտարկել ջրամատակարարումը, մյուս կողմից՝ նվազեցնել ուսումնասիրվող փոփոխականների թիվը և կիրառել ջրամատակարարման արդյունավետության, ինչպես նաև ջրամատակարարման ծառայության և տնտեսության փոխկապակցվածության ուսումնասիրություններում:

THE ASSESSMENT OF YEREVAN WATER SUPPLY BY LATENT VARIABLE MODELING

ANNA AVAGYAN

*«Jrtuk» LLC, Manager; ASUE, Chair of Economic Computer Science and
Information Systems, Ph.D. Student,
Yerevan, Republic of Armenia*

The goal of the article is to assess the water supply of the city of Yerevan through latent variable modeling. The objective is to identify the latent variables underlying the characteristic indicators of the water supply of Yerevan and to reduce the number of studied indicators. To this end, first the indicators characterizing the water supply of Yerevan were studied in attempt to identify the correlation between selected indicators and to check the appropriateness of carrying out the factor analysis with those indicators. Then the factor analysis was implemented. The factor analysis was performed using the principal component method and VARIMAX algorithm for rotation of factors. SPSS software was applied for analysis. Time series available on IBNET were used.

During the study, analytical, mathematical and statistical methods were applied.

As a result of the study it was concluded that, the water supply of Yerevan can be characterized by 3 latent variables, allowing to consider the water supply more completely and to reduce the number of studied variables. The obtained results are applicable to the studies of water supply efficiency and of interrelation between water supply service and economy.

Keywords: *water supply, factor analysis, latent variable, water supply factor analysis, Yerevan water supply, assessment of Yerevan water supply, water supply efficiency.*

ОЦЕНКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ЕРЕВАН С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛАТЕНТНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

АННА АВАКЯН

*менеджер ООО «Джртук»,
аспирантка кафедры экономической информатики и
информационных систем АГЭУ,
г.Ереван, Республика Армения*

Целью статьи является оценка водоснабжения города Еревана с помощью моделирования латентной переменной. Нашей задачей стало выявление латентных переменных, лежащих в основе показателей, характеризующих водоснабжение Еревана и

сокращение числа изучаемых индикаторов. С этой целью мы вначале изучили индикаторы, характеризующие водоснабжение города Еревана, стараясь выявить корреляцию между выбранными индикаторами и проверить целесообразность осуществления факторного анализа с помощью этих индикаторов. Далее проводился факторный анализ с помощью метода анализа главных компонентов и VARIMAX алгоритма ротации факторов. Для анализа применялась программа SPSS. Использовались имеющиеся в IBNET числовые ряды.

В ходе исследования применялись аналитические, математические и статистические методы.

В результате анализа мы пришли к выводу о том, что водоснабжение города Еревана может быть охарактеризовано тремя латентными переменными, которые позволяют получить более целостную картину водоснабжения при меньшем числе исследуемых переменных. Полученные результаты могут применяться при изучении эффективности водоснабжения, а также взаимосвязи между услугами водоснабжения и экономикой.

Ключевые слова: *водоснабжение, факторный анализ; латентная переменная; факторный анализ водоснабжения, водоснабжение города Еревана; оценка водоснабжения города Еревана; эффективность водоснабжения.*