

ՎԵՐԱՆՈՒՇ ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ

ԵՊՀ տնտեսագիտության մեջ մաթեմատիկական մոդելավորման ամբիոնի հայցորդ էլ.փոստ՝ vmarukhyan@mail.ru

ԱՇՈՏ ԿԱԿՈՍՅԱՆ

Ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու, ԵՊՀ տնտեսագիտության մեջ մաթեմատիկական մոդելավորման ամբիոնի դոցենտ էլ.փոստ՝ ashot.kakosyan@yahoo.com

ՄԱՏԱԿԱՐԱՐՄԱՆ ՇՂԹԱՅԻ ՑԱՆՑԱՅԻՆ ՄՈՂԵԼԻ ԿԱՌՈՒՑՈՒՄԸ ԶՅ ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ՈԼՈՐՏՈՒՄ

Ժամանակակից տնտեսությունների և հասարակությունների կայուն զարգացման համար անհրաժեշտ է ապահովել էլեկտրաէներգետիկ համակարգերի ճկուն ենթակառուցվածքներ: Էլեկտրաէներգիան էներգիայի այն կարևորագույն տեսակն է, որի բացակայությունը կամ անհասանելությունը հզոր և տևական ազդեցություն է ունենում աշխարհի ինչպես զարգացած, այնպես էլ զարգացող երկրների վրա: Վերջին տասնամյակների ընթացքում մի շարք հետազոտությունների առաջնություն ուսումնասիրման թեմա է հանդիսանում հուսալի էլեկտրաէներգետիկ համակարգի ստեղծման գործընթացը: Մատակարարման շղթաների միջոցով էներգետիկ շուկաների վերլուծությունները հետաքրքրել է տարբեր հեղինակների: Nagurney and Matsypura-ն մոդելավորել և վերլուծել են ԱՄՆ-ի էլեկտրաէներգետիկ շուկաները, մասնավորապես կառուցել են մատակարարման շղթայի ցանցային մոդել էլեկտրաէներգիայի արտադրողների, մատակարարների, տեղափոխում իրականացնողների և սպառողների համար, որտեղ որոշում կայացնողները գործում են ապակենտրոնացված: Նրանց կառուցած մոդելը տարբերվում էր մյուս մոդելներից, նրանով, որ հեղինակները ներկայացրել են տարբեր տիպի որոշում կայացնողների վարքը, ուղղակի փոխազդեցությունները մատակարարման շղթայում և հավասարակշռության պայմանները որոշում կայացնողների աղեղների միջև՝ տարբեր տեղափոխումներին համապատասխան: Matsypura, Nagurney, and Liu ներկայացրել են առաջին ցանցային մոդելը, որը միավորել է վառելանյութի և էլեկտրաէներգետիկ մատակարարման շղթաները: Նրանց մոդելում հիմնական շեշտադրումը դրված էր էլեկտրաէներգիայի սեփականության համաձայնագրերի վրա, ինչպես նաև շուկայի մասնակիցների որոշում կայացնելու գործընթացի վրա: Հեղինակները շրջանցել են էլեկտրաէներգիայի տեղափոխման ցանցի ֆիզիկական սահմանափակումները և էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի վարիացիաները:

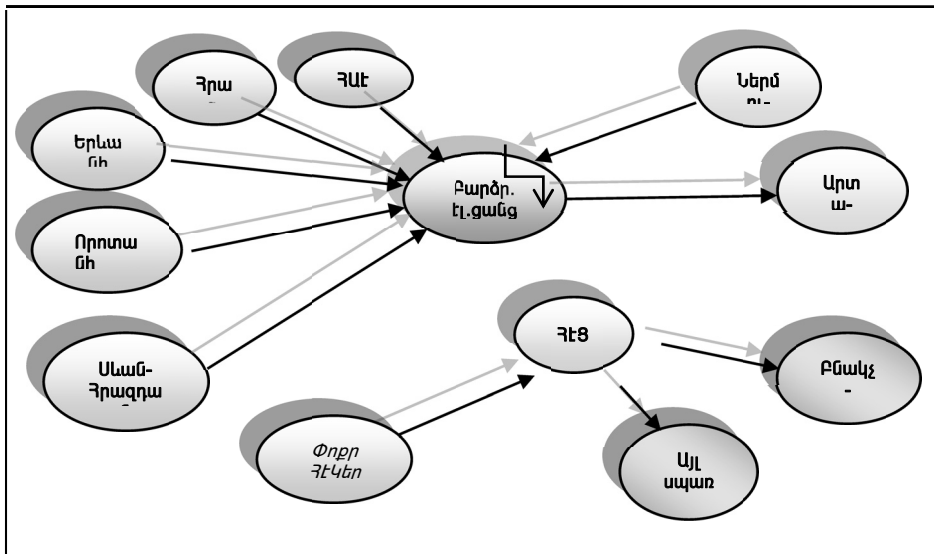
Այս աշխատանքում փորձել ենք կառուցել մատակարարման շղթայի ցանցային մոդելը ՀՀ էլեկտրաէներգետիկ համակարգի համար: ՀՀ էներգետիկայի բնագավառում իրականացվող քաղաքականության հիմնահարցերից մեկն է

հանդիսանում ժամանակակից էներգետիկ սարքավորումների կիրառմամբ ապահովել ցածր գներով հուսալի էներգամատակարարում՝ սպառողների կարիքները բավարարելու համար: Մենք փորձել ենք մատակարարման շղթայի միջոցով ներկայացնել ՀՀ էլեկտրաէներգայի շուկան, նկարագրել որոշում կայացնողների վարքը և օպտիմացման պայմանները ինչպես նրանցից յուրաքանչյուրի, այնպես էլ համակարգի համար: ՀՀ էներգետիկ համակարգի մատակարարման շղթայի բաղադրիչներն են՝ էլեկտրաէներգիա արտադրող կայանները, մատակարարները և սպառողները: Հայաստանում էլեկտրական և ջերմային էներգիաներն արտադրվում են տարբեր եղանակներով: Էլեկտրական էներգիան արտադրվում է կենտրոնացված, իսկ ջերմային էներգիան՝ անհատական եղանակով, այսինքն կենտրոնացված ջերմամատակարարումը բացակայում է: Այսօր Հայաստանում էլեկտրաէներգիան արտադրվում է հիմնականում ՀԱԷԿ-ում, Հրազդանի և Երևանի շոգեգազային ցիկլով աշխատող ՋԷԿ-երում և տարբեր հզորության ՀԷԿ-երում: ՀՀ-ն էլեկտրաէներգետիկ համակարգում որպես արտադրողներ առանձնացված են հետևյալ կայանները՝ ՀԱԷԿ, Հրազդանի ՋԷԿ, Երևանի ՋԷԿ, Որոտանի կասկադ, Սևան-Հրազդան կասկադ և Փոքր ՀԷԿ-ը:

Էլեկտրաէներգիայի մատակարար ասելով հասկանում ենք էլեկտրաէներգիայի շուկայի այն մասնակիցները (առևտրականները և բրոկերները), որոնք էլեկտրաէներգիայի վաճառքի և գնման համար պայմանավորվածություն ունեն արտադրող կայաններից կամ միջանկյալ (տեղափոխման ծառայություններ իրականացնող կամ լարումն իջեցնող) ընկերություններից: Նրանք խաղում են հիմնական դեր մեր դիտարկված մոդելում, քանի որ կրում են պատասխանատվություն գներատորներից էլեկտրաէներգիայի ձեռքբերման համար և մատակարարում են այն սպառողներին:

Նկար 1

Էլեկտրաէներգիայի մատակարարման շղթան ՀՀ-ում



Նկարում ներկայացված է էլեկտրաէներգիայի մատակարարման շղթան ԶԶ-ում, նկարի ձախ հատվածում էլեկտրաէներգիա արտադրող կայաններն են: Բացի Փոքր ԶԷԿ-ից, մյուս արտադրող կայանների արտադրած էլեկտրաէներգիան նախ մտնում է բարձրավոլտ էլեկտրական ցանցեր, որտեղ էլեկտրաէներգիայի լարումն իջեցվում է, այնուհետև էլեկտրաէներգիայի արտադրության հիմնական մասը ուղղվում է ներքին շուկա՝ ԶԵՑ, իսկ մյուս մասը բարձրավոլտ էլ. ցանցերը արտահանում են: Նկարում միջանկյալ հանգույցներում ներկայացված են բարձրավոլտ էլ. ցանցերը և ԶԵՑ-ը: Փոքր ԶԷԿ-երի արտադրանքն անմիջապես մտնում է մեծածախ շուկա: Նկարի վերջին հանգույցներում ներկայացված են սպառողները, որոնց բաժանել ենք երկու խոշոր խմբի՝ բնակչություն և այլ սպառողներ:

Տարբերում ենք մատակարարների երկու տեսակներ՝ ընդհանուր մատակարարներ և տիպային մատակարարներ: Ընդհանուր մատակարարները նշանակված են S-ով, իսկ տիպային մատակարարները՝ s-ով: ԶԶ-ն էլեկտրաէներգետիկ համակարգում որպես մատակարար դիտարկված է՝ «Հայաստանի էլեկտրացանցեր» ՓԲԸ-ն: ԶԶ էներգետիկ շուկայում «Հայաստանի էլեկտրացանցերը» հանդես են գալիս որպես մեծածախ շուկա, որտեղ առևտուր են կատարում սպառողները: Արտադրող կայանների և մատակարարների, միջև գործում են նաև միջանկյալ ընկերություններ, որոնք իրականացնում են կամ փոխադրման, կամ լարումն իջեցնող ծառայություններ: Մենք ենթադրում ենք, որ մատակարարման ցանցում կան T միջանկյալ ընկերություններ, իսկ տիպային լարում իջեցնող ընկերությունները նշանակված են t-ով: ԶԶ էլեկտրաէներգետիկ շուկայում միջանկյալ ծառայություններն իրականացնում են բարձրավոլտ էլեկտրացանցեր՝ ՓԲԸ-ն, որի հիմնական խնդիրներն են՝ 220-110 կՎ էլեկտրական ցանցերի սպասարկումը, շահագործումը, վերակառուցումը, տեխնիկական վերազինումը և նախագծային աշխատանքների կատարումը, հաղորդման ցանցերի ընդլայնումն ու զարգացումը և այլն:

Մատակարարների միջոցով էլեկտրաէներգիան գեներատորներից տեղափոխվում է դեպի պահանջարկի շուկաներ՝ տնային տնտեսություններ և ձեռնարկություններ: ԶԶ-ում էլեկտրաէներգիա արտադրողը կարող է այն օգտագործել սեփական կարիքների համար կամ վաճառել ԶԵՑ-ին, հետևաբար արտադրողը չի կարող էլեկտրաէներգիա վաճառել բնակչությանը կամ այլ սպառողի: ԶԵՑ¹-ը հիմնականում զբաղվում է էլեկտրաէներգիայի բաշխմամբ և իրացմամբ: Բարձրավոլտ էլեկտրացանցեր ընկերությունն էլեկտրաէներգիա արտադրող էլեկտրական կայանների և ԶԵՑ-ի միջև էլեկտրաէներգիա վերավաճառողի դեր չի կատարում և ֆինանսավորվում է ԶԵՑ-ի կողմից՝ նրան մատուցված ծառայության դիմաց: Քանի որ լարում իջեցնող ընկերությունները որոշում չեն կայացնում, մենք նրանց չենք ներառում մոդելում որպես հանգույցներ: Էլեկտրաէներգետիկական մեծածախ շուկայում էլեկտրաէներգիայի և հզորության հաշվարկները հստակեցնելու և թափանցիկ դարձնելու նպատակով ստեղծվել է «Հաշվարկային կենտրոն» ՓԲԸ-ն²: 2003թ. հիմնադրվել է «էլեկտրաէներգետիկական համակարգի օպերա-

¹ Ընկերությունը Հայաստանի Հանրապետության տարածքում ունի էլեկտրաէներգիայի բաշխման բացառիկ արտոնագիր: Էլեկտրաէներգիայի բաշխումն իրականացվում է ԶԶ հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողովի կողմից հաստատագրված սակագներով:

² «Հաշվարկային կենտրոն» ՓԲԸ-ի կողմից էլեկտրաէներգետիկական շուկային ծառայություն մատուցելու սակագինը սահմանվում է ԶԶ հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժո-

տոր» փակ բաժնետիրական ընկերությունը: Ընկերությանը բացառիկ իրավունք է տրված իրականացնել տեղնուլոգիական և տնտեսական կարգավորում, համակարգային պլանավորում ու կորրեկցիան, աշխատանքի հսկում և այլն:

Վերջապես որոշում կայացնողների վերջին տիպը մոդելում սպառողներն են: Նրանք ներկայացված են մատակարարման շղթային ստորին օղակում: Սպառողները շուկայում ներկայացնում են էլեկտրաէներգիայի նկատմամբ պահանջարկ, որին համապատասխան էլեկտրակայանները ներկայացնում են իրենց առաջարկը: Ցանցում դիտարկվում է K պահանջարկի շուկաներ, որոնք տարբերվում են մեկը մյուսից սպառողների տեսակով:

Սողելի շրջանակներում ենթադրում ենք, որ որոշում կայացնողները միևնույն աղեղի վրա դրսևորում են ոչ կոոպերատիվ վարքագիծ, իսկ աղեղների միջև կոոպերատիվ վարք: Այս մոտեցումը հնարավորություն է տալիս օգտագործել ցանցի տոպոլոգիան, որը չի սահմանափակում արտադրողների, մատակարարների և սպառողների քանակը, հաշվարկներ կատարելու համար:

Էլեկտրաէներգիա արտադրող կայանների վարքագծի նկարագրությունը

Ընդհանուր արտադրող կայանների բազմությունը նշանակված է G -ով, իսկ տիպային էլեկտրաէներգիայի արտադրողները՝ g -ով: Ենթադրենք q_g -ն էլեկտրաէներգիայի ոչ բացասական քանակն է վատերով, որը արտադրվում է g գեներատորի կողմից, իսկ q_{gs} -ով նշանակենք էլեկտրաէներգիայի այն քանակը, որը փոխանցվել է g գեներատորից դեպի s մատակարարին: Նշենք որ q_{gs} համապատասխանում է g հանգույցը s հանգույցը միացնող աղեղի հոսքին: g գեներատորի ծախսերի ֆունկցիան նշանակում ենք f_g -ով այնպես, որ $f_g = f_g(q)$, $\forall g$ (1): Ենթադրվում է, որ էլեկտրաէներգիայի արտադրման ֆունկցիան ուռուցիկ է և անընդհատ դիֆերենցելի, մասնավոր դեպքում $f_g = f_g(q_g)$, էլեկտրաէներգիայի տեխափոխման ընթացքում g հանգույցից դեպի s հանգույց առաջանում են տեխափոխման կամ տրանսակցիոն ծախսեր: Այդ ծախսերի մի մասը ծածկվում է գեներատորի կողմից: c_{gs} -ով նշանակենք g գեներատորի տեխափոխման ծախսերի ֆունկցիան էլեկտրաէներգիա տեղափոխելիս դեպի s մատակարար: Սողելում դիտարկվում է ընդհանուր իրավիճակ, որտեղ մասնավոր գեներատորի տեղափոխման ծախսերը ֆունկցիա է ոչ միայն տրված գեներատորի կողմից տեղափոխված էլեկտրաէներգիայի քանակից, այլ նաև բոլոր գեներատորների կողմից տեխափոխված էլեկտրաէներգիայի քանակից: Ընդհանուր դեպքը ներկայացնելու համար, ունենք $c_{gs} = c_{gs}(Q^1)$, $\forall g, \forall s$, (2):

դովի կողմից: Ծառայությունների համար սահմանված ամսական հաստատագրված վճարները կատարում է «Հայաստանի էլեկտրացանցեր» ՓԲԸ-ն:

Ենթադրում ենք նաև, որ այս ֆունկցիաները ուռուցիկ են և անընդհատ դիֆերենցելի: Ենթադրում ենք, որ տիպային գեներատորի համար հիմնական խնդիրը շահույթի մաքսիմալացումն է:

p_{1gs}^* -ով նշանակենք g գեներատորի սահմանած գինը s մատակարարի նկատմամբ միավոր էլեկտրաէներգիայի դիմաց: Սողելում թույլ է տրված գեներատորներին սահմանել տարբեր գներ տարբեր մատակարարներին: Ուստի, օպտիմալացման խնդիրը գեներատորների համար կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ.

$$Maximize \sum_{s=1}^S p_{1gs}^* q_{gs} - f_g(Q^1) - \sum_{s=1}^S c_{gs}(Q^1) q_{gs} \geq 0, \quad \forall s \quad (4)$$

ՀՀ-ում արտադրության ամբողջ ծավալի մոտավորապես 39.5%-ը ապահովում է ԱԷԿ-ը, որի համար բեռնվածքի կշիռը չի փոփոխվում: Հաջորդ արտադրող կայանները Սևան-Հրազդանի և Որոտանի կասկադներն են, որոնք ապահովում են արտադրության համապատասխանաբար՝ 9.4 % և 18.7%-ը: Որոտանի հիդրոէլեկտրակայանների համակարգը կարևորագույն նշանակություն ունի հայկական էներգահամակարգում, նշանակությունը մեծ է առանձնապես օրվա ծանրաբեռնված ժամերին պահանջվող բեռի ապահովման գործում¹: Սևանա լճի և Հրազդանի գետի ջրի օգտագործումը (որը հանդիսանում և արտադրության հիմնական աղբյուրը) հնարավորություն է տալիս ոռոգել Հայաստանի գյուղատնտեսական հողերի 70%-ը:

Փորձել ենք ռեգրեսիոն վերլուծության միջոցով գնահատել էլեկտրաէներգիայի արտադրությունը: Որպես կախյալ փոփոխական դիտարկել 2003-2013 թթ. ընթացքում հանրապետությունում արտադրված էլեկտրաէներգիայի քանակը (Q_e) ամսական կտրվածքով, իսկ անկախ փոփոխական՝ հանրապետություն մուտք գործած գազի ծավալը(Q_g): Ստացվել է հետևյալ մոդելը.

$$Q_e = 401,2693 + 0,67424 \cdot AR(1) + 0,79445 \cdot Q_g \\ (13,093) \quad (10,393) \quad (4,969)$$

ՀՀ էլեկտրաէներգիայի արտադրությունը կախված է նախորդ ամսվա արտադրության ծավալից և բնական գազի մուտքի ծավալից, մոդելը կայուն է: Փակագծերում ներկայացված են գործակիցների t վիճակագրականի արժեքները, որոնք բացարձակ արժեքով մեծ են երկուսից, այսինքն՝ գործակիցները նշանակալի են:

Արտադրող կայաններից դիտարկել ենք միայն Երևանի ՋԷԿ-ի և Հրազդանի ՋԷԿ-ի արտադրության ծավալների փոփոխությունը, քանի որ ՀԱԷԿ-ը հանդիսանում է բազիսային կայան, իսկ Սևան-Հրազդան և Որոտանի կասկադի արտադրության ծավալները ամբողջ արտադրության մեջ մնում են անփոփոխ: Գնահատվել են Երևանի ՋԷԿ-ի և Հրազդանի ՋԷԿ-ի ծախսերի ֆունկցիաները:

Երևանի ՋԷԿ-ի համար դիտարկել ենք ծախսերի (C_Y) կախվածությունը արտադրության մակարդակից (Q_Y), հետևյալ մոդելը.

$$C_Y = 2.498 + 0.3691 \cdot Q_Y - 0,001 \cdot Q_Y^2 \\ (1,408) \quad (5,119) \quad (-3,399)$$

¹ Sten՝ <http://www.minenergy.am>

R Square=0,59345, F = 67,14836 Signif F = 0,0000

Գնահատված ծախսերի ֆունկցիան ունի քառակուսային տեսք, մոդելը կայուն է, F վիճակագրականի հավանականությունը 0 է, դետերմինացիայի գործակիցը 0,59-ն է, նշանակում է, որ արտադրության ծավալի փոփոխությունը նկարագրում է ծախսերի փոփոխությունը մոտավորապես 60%-ով: Մոդելում գործակիցները նշանակալի են, եթե ուշադիր նայել, որ գործակիցները զրոյական են մերժվում: Փակագծերում ներկայացված են գործակիցների t վիճակագրականի արժեքները, որոնք գտնվում են սահմանված միջակայքում, այսինքն գործակիցները նշանակալի են:

Հրազդանի ՋԷԿ-ի համար ծախսերի ֆունկցիան ևս գնահատել ենք ռեգրեսիոն վերլուծությամբ: Դիտարկել ենք Հրազդանի ՋԷԿ-ի ծախսերի (C_H) կախվածությունը Հրազդանի արտադրության ծավալից (Q_H): Լավագույն մոդել ստացվել է Power մեթոդով և ունի հետևյալ տեսքը.

$$C_H = 0.8355 * Q_H^{10,798513} \\ (4,825) (17,341)$$

R Square = 0,71477, F = 300,71499 Signif F = 0,0000

Մոդելը կայուն է, գործակիցները նշանակալի են: Դետերմինացիայի գործակիցը 0,71 է, իսկ գործակիցների համար t վիճակագրականի արժեքը ընկած է 95% վստահելիության միջակայքում:

Ունենալով ծախսերի ֆունկցիաների տեսքը, հաշվի առնելով, որ վաճառքի գները արտադրող կայանների համար սահմանում է Հանրային ծառայությունները կարգավորող մարմինը, և այն փաստը որ արտադրության ծավալը ևս գնահատել ենք, կարող ենք լուծել արտադրող կայանների համար շահույթի մաքսիմալացման խնդիրը:

Էլեկտրաէներգիայի մատակարարի վարքագծի նկարագրությունը

Էլեկտրաէներգիայի մատակարարը՝ s-ը, առնչվում է այնպիսի ծախսերի հետ, որոնք ներառում են լիցենզավորման և պահպանման ծախսերը: Այս մոդելում այն դիտարկում ենք օպերացիոն ծախսերի տեսքով և նշանակում՝ c_s -ով: Նշանակենք q_{sk}^t -ով էլեկտրաէներգիայի այն քանակը, որը փոխանցվում է մատակարար s-ից դեպի k պահանջարկի շուկա t տեղափոխման ծառայություններ իրականացնող ընկերության միջոցով: Համախմբում ենք բոլոր փոխանցումները s մատակարարից դեպի k պահանջարկի շուկա մեկ վեկտորում՝ $q_{sk} \in R_+^{STK}$ -ում: Այնուհետև, այս բոլոր վեկտորները ըստ բոլոր մատակարարների՝ համախմբում ենք հետևյալ վեկտորում՝ $Q^2 \in R_+^{STK}$: Ընդհանուր պայմաններից ելնելով և մրցակցությունը մոդելավորելու համար, ենթադրում ենք, որ $c_s = c_s(Q^1, Q^2), \forall s$.

Ենթադրում ենք, որ մատակարարները առնչվում են նաև տրանսակցիոն ծախսերի հետ: Յուրաքանչյուր մատակարար իրականացնում է էլեկտրաէներգիայի տեղափոխում բոլոր զենեքատորներից դեպի պահանջարկի շուկաներ: Այդ իսկ պատճառով յուրաքանչյուր տեղափոխմանը համապատասխանում է տրանսակցիոն ծախսեր: Այս ծախսերը ներառում են պահպանման հետ կապված

ծախսերը: Որպեսզի բոլոր հնարավոր իրավիճակները ներկայացնենք, մենք դիտարկում ենք տրանսակցիոն ծախսերի ընդհանուր ձևը: Ենթադրենք \hat{c}_{gs} տրանսակցիոն ծախսերն են, որոնք իրականացնում են s մատակարարները g գեներատորներից էլեկտրաէներգիա գնելիս և այն ունի հետևյալ տեսքը.

$$\hat{c}_{gs} = \hat{c}_{gs}(Q^1), \forall g, \forall s.$$

Նմանապես, c_{sk}^t -ով նշանակենք s մատակարարի k պահանջարկի շուկա տեխնոլոգիայով էլեկտրաէներգիայի տրանսակցիոն ծախսերը:

$$\hat{c}_{sk}^t = \hat{c}_{sk}^t(Q^2), \forall s, \forall k, \forall t.$$

Սողելում ենթադրվում է, որ վերը քննարկված տրանսակցիոն ծախսերի ֆունկցիան ուռուցիկ է և անընդհատ դիֆերենցելի: Նշանակենք p_{2sk}^t -ով այն գինը, որով s մատակարարները տեղափոխում են էլեկտրաէներգիան դեպի k պահանջարկի շուկա t տրանսակցիոն ծառայությունների իրականացնող ֆիրմաների միջոցով, իսկ p_{2sk}^{t*} -ն փաստացի նշանակված գինն է:

Ենթադրում ենք, որ էլեկտրաէներգիայի մատակարարը՝ s -ը, ցանկանում է մաքսիմալացնել իր շահույթը, հետևաբար օպտիմացման խնդիրը s մատակարարի համար կունենա հետևյալ տեսքը,

maximize

$$\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T p_{sk}^{t*} q_{sk} - c_s(Q^1, Q^2) - \sum_{g=1}^G p_{gs}^* q_{gs} - \sum_{g=1}^G \hat{c}_{gs}(Q^1) - \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T c_{sk}^t(Q^2) \quad (5)$$

Որտեղ խնդրի սահմանափակումներն են.

$$\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T q_{sk}^t \leq \sum_{g=1}^G q_{gs}, \quad (6)$$

$$q_{sk}^t \geq 0, \forall k, \forall t$$

$$q_{gs} \geq 0, \forall g$$

Նպատակային ֆունկցիան (5) ցույց է տալիս s մատակարարի շահույթը, առաջին կրկնակի զումարը ստացված հասույթն է, իսկ մնացած տարբերությունները համապատասխան ծախսերը և վճարումներն են, որոնք մատակարարները կատարում են: Սահմանափակումը ցույց է տալիս, որ s մատակարարը չի կարող ապահովել ավելի էլեկտրաէներգիա, քան նա ստանում է էլեկտրաէներգիայի արտադրողներից:

Ստացել ենք, որ ՀՀ էլեկտրաէներգետիկայում մատակարարի օպտիմալացման խնդիրը ունի հետևյալ տեսքը.

maximize

$$\sum_{k=1}^K \sum_{s=1}^S p_{sk} q_{sk} - \left(\frac{\sum_{g=1}^{G-1} p_g q_g^*}{\sum_{i=1}^n q_g^*} + p^t + p_{op} + p_{ps} \right) q_s^t - p_G q_G - \sum_{g=1}^G \hat{c}_{gs} (Q^1)$$

սահմանափակումները կլինեն.

$$q_g^* \geq q_g^t \sum_{g=1}^{G-1} q_g^t \geq q_s^t$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{s=1}^S q_{sk} \leq \sum_{g=1}^G q_{gs}^* , \quad q_k \geq 0, \forall k, \quad q_g^* \geq 0, \forall g$$

Որտեղ q_s^t -ի գործակիցը ՉԷՑ-ի միավոր կվտ էլեկտրաէներգիայի համար մշակված է մուտքի գինն է, p^t -ն ԲԷՑ-ի սահմանած մարժան է յուրաքանչյուր կվտ-ի դիմաց, q_g^t -ն էլեկտրաէներգիայի այն քանակն է, որ մտնում է ԲԷՑ, իսկ q_g^* -ն համապատասխանաբար ԷՉՕ -ի և ՉԿ -ի կողմից սահմանված սակագներն են: Ռեգրեսիոն վերլուծության արդյունքում ստացել ենք ՉԷՑ-ի ծախսերի մոտարկային ֆունկցիաների տեսքը ՉԳ-ի համար Growth մեթոդով: Ծախսերի մոտարկային ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը.

$$\hat{c}_{gs} = e^{6,706+0,003 \cdot q_g^*}$$

Ստղելը կայուն է, գործակիցները՝ մշանակալի:

Այժմ կանդիդատներն են հավասարակշիռ պայմաններին սպառողների համար: Ենթադրենք p_{3k} -ն միավոր էլեկտրաէներգիայի գինն է, որը համապատասխանում է պահանջարկի շուկային: Այստեղ ենթադրվում է, որ տարբեր պահանջարկի շուկաների համար գները տարբեր են: Մենք ենթադրում ենք, որ էլեկտրաէներգիայի նկատմամբ պահանջարկը k յուրաքանչյուր պահանջարկի շուկայի համար էլաստիկ է և կախված է միայն էլեկտրաէներգիայի գնից, բայց ընդհանուր առմամբ այն կախված է վերջնական գների ամբողջական վեկտորից մատակարարման շղթայի տնտեսությունում, այսինքն. $d_k = d_k(p_3)$,

Որտեղ $p_3 = (p_{31}, \dots, p_{3k}, \dots, p_{3K})^T$: Այս ընդհանրացումը հնարավորություն է տալիս հեշտացնել սպառման տեսանկյունից մոդելի մրցակցությունը:

Նշանակենք \hat{c}_{sk}^t -ով միավոր տեղափոխման ծախսերը էլեկտրաէներգիայի մատակարարից դեպի պահանջարկի շուկա, այդ տեղափոխման ծախսերը անընդհատ են և ընդհանուր դեպքում ունեն հետևյալ տեսքը. $\hat{c}_{sk}^t = \hat{c}_{sk}^t(Q^2), \forall s, \forall k, \forall t$.

Հավասարակշռության պայմանները մատակարարներից դեպի պահանջարկի շուկաներ կունենան հետևյալ տեսքը: Մենք ենթադրում ենք, որ $(Q^{2*}, p_3^*) \in R_+^{K(ST+1)}$ հավասարակշիռ վեկտորն է յուրաքանչյուր s, k -ի համար, եթե

$$p_{2sk}^{t*} + \hat{c}_{sk}^t(Q^{2*}) \begin{cases} = p_{3k}^*, q_{sk}^{t*} > 0 \\ \geq p_{3k}^*, q_{sk}^{t*} = 0 \end{cases} \quad (1) \text{ և } d_k(p_3^*) \begin{cases} = \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T q_{sk}^{t*}, p_{3k}^* > 0 \\ \leq \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T q_{sk}^{t*}, p_{3k}^* = 0 \end{cases} \quad (2)$$

(1) պայմանը ցույց է տալիս, որ սպառողները k պահանջարկի շուկայում կգնեն էլեկտրաէներգիա s մատակարարից, եթե մատակարարի կողմից առաջարկվող գինը գումարած տեղափոխման ծախսը չի գերազանցում այն գինը, որ սպառողը պատրաստ է վճարել էլեկտրաէներգիայի դիմաց: Եթե տեղափոխման ծախսերը հավասար են զրոյի, ապա սպառողին առաջարկվող էլեկտրաէներգիայի գինը հավասար է մատակարարի առաջարկած գնին:

(2) պայմանը մյուս կողմից ցույց է տալիս, որ եթե պահանջարկի շուկայում էլեկտրաէներգիայի գինը, որ սպառողը պատրաստ է վճարել դրական է, ապա էլեկտրաէներգիայի քանակը որ տեղափոխվում է մատակարարից դեպի պահանջարկի շուկա հավասար է էլեկտրաէներգիայի նկատմամբ պահանջարկին:

2003-2013 թթ. էլեկտրաէներգիայի սակագները փոփոխվել են¹: 1999 թ. հունվարի 1-ից սպառողներին առաքվող էլեկտրաէներգիայի միջին սակագինը բնակչության համար կազմել է 25 դրամ/կՎտժ, իսկ նույն թվականի մայիսի 31-ի որոշմամբ ընդունվել է ցածր լարման սպառողներին (ներառյալ՝ բնակչությանը) առաքվող էլեկտրական էներգիայի գիշերային սակագին՝ 15 դրամ/կՎտժ, հետևաբար միջին սակագինը կազմել է 20 դրամ/կՎտժ: Այլ սպառողների համար 1999 թ. գործում է 20 դրամ/կՎտժ սակագինը: 2009 թվականին Հանրային ծառայությունները կարգավորող մարմնի կողմից սահմանված սակագները բնակչության համար կազմել են 25 դրամ/կՎտժ, իսկ այլ սպառողների խմբի համար՝ 22,1 դրամ/կՎտժ: 2013 թ. սահմանվել են նոր սակագներ: Համաձայն դրանց բնակչության համար միջին սակագինը կազմել է 30 դրամ/կՎտժ, իսկ այլ սպառողների համար՝ 33 դրամ/կՎտժ: 2003-2013 թթ. ժամանակային միջակայքը բաժանել ենք 3 ժամանակային հատվածների՝ 2003-2009, 2009-2012 և 2013՝ հիմք ընդունելով սակագների փոփոխությունները: Եթե T -ով նշանակենք դիտարկված ժամանակները, ապա $T=1,2,3$, եթե k -ով նշանակենք սպառողների խմբերը, ապա մեր մոդելում $k=1,2$ (բնակչություն, այլ սպառողներ), իսկ p_3 –ով սպառողների համար սահմանված միջին սակագինը, հետևաբար $d_k(p_{3T}^*)$ –ն կստացվի յուրաքանչյուր k սպառողների խմբի սպառման մակարդակը T ժամանակահատվածի գնին համապատասխան: Էլեկտրաէներգիայի սպառման մակարդակը նշված ժամանակահատվածներում ՀՀ-ում ունի հետևյալ տեսքը

¹ Տես՝ <http://www.psrc.am/am/>

$$d_k(p_{3T}) = \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S q_{sk} \cdot p_k = p_{kT}$$

$$d(p_3) = \begin{cases} 9006,1 & p_{11} = 20 \\ 16322,2 & p_{21} = 20,3 \\ 6874,7 & p_{12} = 25 \\ 12001,1 & p_{22} = 22,1 \\ 2981,8 & p_{13} = 33 \\ 4873,6 & p_{23} = 30 \end{cases}$$

Ստացված համակարգը ցույց է տալիս, որ օրինակ՝ 2003-2009 թվականներին միջին գները բնակչության և այլ սպառողների համար կազմել են 20 և 20, 3 դրամ/կվտժ, այդ գների դեպքում էլեկտրաէներգիայի գումարային սպառումը կազմել է բնակչության համար՝ 9006,1 մլն կվտ, իսկ այլ սպառողների համար՝ 16322,2 մլն կվտ: 2013 թ. համար կատարված հաշվարկում ներառվել են միայն առաջին երեք եռամսակային տվյալները:

Հայաստանում արտադրված էլեկտրաէներգիայի մեծ մասը սպառվում է հենց ՀՀ-ում: Օրինակ 2010 և 2011 թվականներին Հայաստանի ներքին շուկայում սպառվել է համապատասխանաբար մոտ 5.3 և 5.8 մլրդ կվտժ էլեկտրաէներգիա: 2011 թ. ՀՀ-ում արտադրված 7.1 մլրդ կվտժ էլեկտրաէներգիայի մոտ 82 %-ը (5.8 մլրդ կվտժ) սպառվել է Հայաստանի ներքին շուկայում: ՀՀ-ում էլեկտրաէներգիայի նկատմամբ սակագները որոշվում են օրենքի սահմաններում, հետևաբար գնի տատանումների նկատմամբ պահանջարկի գնահատումը ոչ մի արդյունք չտվեց: Պահանջարկի գնահատումը կատարել ենք ավտոռեգրեսիոն վերլուծության միջոցով, այսինքն առաջ ենք քաշել այն վարկածը, որ սպառողների ներկայացրած էլեկտրաէներգիայի պահանջարկը տվյալ պահին կախված է իր նախորդ պահերի ընդունած արժեքներից: Սպառողների համար առանձնացրել ենք երկու խոշոր խումբ՝ բնակչություն և այլ սպառողներ, որոնց մեջ մտնում են բյուջետային կազմակերպությունները, արդյունաբերություն, տրանսպորտ և այլն:

Բնակչության կողմից էլեկտրաէներգիայի սպառման (D_p) աճի տեմպը կախված է իր նախորդ ժամանակահատվածի սպառման աճի տեմպից,

$$\ln(D_p)_i = 4,896 + 0,2343 * \ln(D_p)_{i-1}$$

Նման կախվածությունը բացատրում է այն փաստը, որ սպառման ֆունկցիան պարբերական ֆունկցիա է և ունի սեզոնային միտում: Գնահատված մոդելը նշանակալի է:

Այլ սպառողների էլեկտրաէներգիայի սպառումը (D_o) գնահատելիս որպես անկախ փոփոխական դիտարկել ենք հանրապետություն ներմուծած գազի ծավալը: Էլեկտրաէներգիայի արտադրությունում գազի ծախսերը գերակշիռ մաս են կազմում, հետևաբար ընտրված փոփոխականի ծավալային փոփոխությունը կունենա իր ազդեցությունը էլեկտրաէներգիայի սպառման վրա: Գնահատվել է ռեգրեսիոն մոդել, որպես մեթոդ ընտրվել է գծայինը, ստացված բանաձևը հետևյալն է.

$D_o = 188,296 + 0,321 \cdot Q_g$: Դետերմինացիայի գործակիցը 0,45 է, գործակիցները նշանակալի են:

Հավասարակշռության պայմանները էլեկտրաէներգիայի մատակարարման շղթայի համար

Մատակարարման շղթայի (ՄՇ-ի) հիմնական նպատակն է գործառնական արդյունավետության բարձրացումը, ֆիրմաների և մատակարարման շղթայի գործընկերների շուկայում շահութաբեր և մրցակցային դիրքի ապահովումը: Հավասարակշռություն ասելով հասկանում ենք էլեկտրաէներգիայի այն քանակը, որի դեպքում մատակարարման շղթայի հանգույցներից յուրաքանչյուրի վարքը օպտիմացվում է: Արտադրողներից դեպի մատակարարներ տեղափոխված էլեկտրաէներգիայի քանակը հավասարակշռության դեպքում պետք է համապատասխանի այն քանակին, որ մատակարարները ստանում են: Ինչպես նաև էլեկտրաէներգիայի քանակը, որ սպառողները ստանում են պետք է հավասար լինի այն քանակին, որ մատակարարները մատակարարում են: Այդ դեպքում միևնույն աղբյուրի վրա արտադրանքի հոսքը պետք է համապատասխանի մատակարարման շղթայի յուրաքանչյուր անդամի օպտիմալ պայմանների համախմբությանը:

ՀՀ էլեկտրաէներգետիկ շուկայի յուրաքանչյուր հանգույցի համար ստացել ենք օպտիմացման պայմանները: Եթե համադրենք հանգույցների օպտիմացման խնդիրները, ապա կարող ենք ստանալ նաև մատակարարման շղթայի հավասարակշռության պայմանը:

Գրականության ցանկ

1. **Hokey Min** and **Gengui Zhou**. Supply chain modeling: past, present and future // University of Louisville, July 2002, pp. 231–249.
2. **A. Nagurney** and **D. Matsypura**. A Supply Chain Network Perspective for Electric Power Generation, Supply, Transmission, and Consumption // University of Massachusetts, May, 2004; revised January 2005, pp. 3-27.
3. **Dominik MØst** and **Dogan Keles**. A survey of stochastic modelling approaches for liberalised electricity markets // Universität Karlsruhe, December 2010, pp. 543–556.

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Հոդվածում ուսումնասիրվում է ՀՀ էլեկտրաէներգետիկ շուկայի համար մատակարարման շղթայի ցանցային մոդելը, որտեղ որպես հանգույցներ դիտարկվում են էլեկտրաէներգիա արտադրող կայանները, մատակարարները և սպառողները: Կատարվում է էլեկտրաէներգետիկ շղթայի հանգույցների միջև էլեկտրաէներգիայի հավասարակշիռ հոսքի քանակական գնահատում:

АННОТАЦИЯ

МАРУХЯН В., КАКОСЯН А. – МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПИ ПОСТАВОК ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИИ В РА

В статье исследуется сетевая модель цепи поставок для рынка электроэнергии РА, где узлы - генераторы электроэнергии, поставщики и потребители. Описывается оптимальное поведение для лиц принимающих решения в цепи поставок и условия общего равновесия. Представляются качественные свойства шаблона равновесия.

SUMMARY**MARUKHYAN V. , KAKOSYAN A. – MODELLING OF ELECTRICITY SUPPLY CHAIN NETWORK IN RA**

The article states the supply chain network model for RA electricity market, where supply chain nodes are electric power generators, power suppliers and consumers it describes decision-makers' optimal behavior and equilibrium conditions as well as. Qualitative properties of the equilibrium pattern.