

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Փիլիպոսյան Տիգրան Վարդանի

ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՇՈՒԿԱՆԵՐՈՒՄ ԳՈՐԾԱՐՔՆԵՐԻ
ԱՍԲՈՂՋԱԿԱՆ ՊԱՀԱՆՋՆԵՐԻ ՍՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄ

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ը.00.08 - «Մաթեմատիկական տնտեսագիտություն» մասնագիտությամբ
Ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման

Գիտական ղեկավար՝

Ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր

ՎԻԿՏՈՐ ԿԱՐՈՅԻ ՕՅԱՆՅԱՆ

ԵՐԵՎԱՆ 2018

Բովանդակություն

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ.....	3
ԳԼՈՒԽ I. ՕՊՏԻՄԱԼ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆԸ	
ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԻԱՆԵՐԻ ՇՈՒԿԱՆԵՐՈՒՄ	10
1.1. Խնդրի նկարագրությունը և կառուցվածքը.....	11
1.2. Հիմնական մոդելը.....	12
1.3. Խնդրի կիրառությունը ֆյուչերսների շուկաներում.....	16
ԳԼՈՒԽ II. ՆՄՈՒՇԻ ՄԱՔՍԻՄՈՒՄԻ, ՄԻՆԻՄՈՒՄԻ ԵՎ ԼԱՅՆՈՒՅԹԻ ԲԱՇԽՄԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԸ	21
2.1. Նմուշի մաքսիմումի և մինիմումի բաշխման ֆունկցիան.....	21
2.2. Նմուշի լայնոյթի բաշխման ֆունկցիան.....	29
ԳԼՈՒԽ III. ԸՆԹԱՑԻԿ ԵՎ ՕՐ-ԱՌԱՋ ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՇՈՒԿԱՆԵՐ	35
3.1. Ընթացիկ շուկաներ.....	36
3.2. Օր-առաջ շուկաներ.....	41
ԳԼՈՒԽ IV. ԳՈՐԾԱՐՔՆԵՐԻ ԱՄԲՈՂՋԱԿԱՆ ՊԱՀԱՆՋՆԵՐԻ ՄՈՂԵԼԸ.....	47
4.1. Էլեկտրաէներգիայի շուկաներում գործարքների ամբողջական պահանջների գների հաշվարկումը.....	48
4.2. Ամբողջական պահանջների գործարքների գնահատում և ռիսկերի կառավարում	55
ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ	60
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ.....	62
ՀԱՎԵԼՎԱԾՆԵՐ	68
ՆՇԱՆԱԿՈՒՄՆԵՐԻ ՑԱՆԿ.....	79

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը: Օպտիմալ կառավարման խնդիրները մեծ կարևորություն ունեն ֆինանսական մաթեմատիկայի և տնտեսագիտության ասպարեզում: Տարիների ընթացքում այս տիպի խնդիրները ստացել են մեծ զարգացում:

Օպտիմալ միացման ներկայացված խնդրի հիմքում ընկած պայմանագիրը էներգետիկային վերաբերող ածանցյալ պայմանագրերի մեջ ամենաբարդ ածանցյալ գործիքներից է համարվում: Սարքի միջոցով օգտագործվող վառելիքի վերածումը էլեկտրաէներգիայի՝ իրականացվում է որոշակի գործակցով, որը անվանում ենք փոխանակման միավոր: Այսինքն, այդ գործակիցը չափում է վառելիքի այն ծավալը, որն անհրաժեշտ կլինի 1 միավոր էլեկտրաէներգիա արտադրելու համար: Որքան ցածր լինի այդ գործակիցը, այնքան ավելի արդյունավետ կաշխատի էլեկտրակայանը:

Ատենախոսությունում ներկայացված է, թե ինչպես կարելի է լուծումներ փնտրել և գտնել այս տիպի խնդիրների առկայության դեպքում, և թե ինչպես կարելի է այս տիպի խնդիրները կիրառել ապրանքային ֆյուչերսների դեպքում, որոնց գինն ավելի արդյունավետ է հաշվարկել Մարկովյան մոդելների միջոցով:

Ֆյուչերսների շուկաներում տրված են առավելագույն, նվազագույն, բացման և փակման գների մասին ինֆորմացիա: Ատենախոսության մեջ վերցված են այդ գները, և ցուցադրված է, թե ինչ բաշխում ունեն մաքսիմումները, մինիմումները և լայնույթը:

ՓՋՄ-ը (Փենսիլվանիա - Նյու Ջերսի - Մերիլենդ) և ՍՓՓ-ն (Հարավ-արևմտյան էներգաբլոկ) Ամերիկայի Միացյալ Նահանգներում տարածաշրջանային փոխանցման կազմակերպություններ են: Ատենախոսությունում կհետազոտենք այդ խոշոր շուկաները:

Վիրտուալ գործարքները ՓԶՄ և ՍՓՓ շուկաներում հանդիսանում են աճուրդային գործարքներ: Գոյություն ունեն «ընթացիկ» և «օր-առաջ» շուկաներ, որոնց աճուրդին հնարավոր է մասնակցել և շահելու դեպքում՝ գնել էլեկտրաէներգիա՝ հաղթած արժեքով: Վիրտուալ գործարքները երկկողմանի շուկայի արժեքավոր բաղադրիչներն են:

Շուկայի բոլոր մասնակիցներն ունեն «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գները՝ ժամային հաճախականությամբ: Ատենախոսության մեջ վերցնում ենք «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գների մի մեծ նմուշ և փորձում տեսնել, թե ինչ բաշխում ունեն «ընթացիկ» գների եկամտաբերությունները: Այնուհետև կատարում ենք ռեգրեսիա «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գների միջև՝ տեսնելու, թե ինչպես են դրանք միմյանց հետ կապված:

Նաև ատենախոսությունում նկարագրվում է գործարքների ամբողջական պահանջների մոդելը էլեկտրաէներգիաների շուկաներում:

Ամբողջական պահանջի գործարքի պայմաններում էներգիայի վաճառողը ներառում է պայմանագրային պարտադիր պարտավորություն՝ հաճախորդի պահանջները բավարարելու համար, նախապես սահմանված սահմաններում: Վերին կամ ստորին սահմանները կարող են հեռացվել կամ կարող են այնքան լայն լինել, որ էլեկտրաէներգիա վաճառողը կարող է պարտավորվել ներգրավել ամբողջ սպառողական ռիսկը՝ կապված հաճախորդի էներգիայի օգտագործման տատանումների հետ:

Ամբողջական պահանջների գործարքները կարող են ներառել հաճախորդի էներգետիկ ակտիվների պորտֆելի կառավարումը (ֆիզիկական ակտիվության ակտիվներ, վառելիքի պահեստներ, վառելիքի ձեռքբերում և փոխադրման պայմանագրեր և այլն): Պայմանագրային պարտավորությունները նախատեսում են ֆիքսված (անընդհատ կամ փոփոխական) պայմանագրային

գներ, հանրային հասանելի ապրանքային ինդեքսների հիման վրա լողացող գներ, բանաձևի վրա հիմնված գներ, որոնք վերաբերում են այլ փոփոխականներին, ինչպիսիք են էներգիայի գները, օգտագործման ծավալները, շրջակա միջավայրի փոփոխականները, ինչպիսիք են ջերմաստիճանը կամ համադրությունը բոլոր վերոհիշյալ մոտեցումներից:

Այսպիսով՝ ներկայացվում են մոդելներ և մեթոդներ ամբողջական պահանջների գործարքների գների հաշվարկման և դրանց ռիսկերի կառավարման:

Հեղադրության նպատակը և խնդիրները: Աշխատանքի հիմնական նպատակն ու խնդիրներն են՝

1. էլեկտրաէներգիայի շուկաներում գտնել ավելի մատչելի տարբերակներ՝ էլեկտրաէներգիա ձեռք բերելու համար,
2. մոդելավորել օպտիմալ կառավարման խնդրի հիմքում ընկած ապրանքային ֆյուչերսների գները՝ դրանցից բախկացած նմուշի մաքսիմումի, մինիմումի և լայնույթի միջոցով,
3. ստանալ մեթոդ, որի միջոցով կարելի է՝ ունենալով նմուշի մաքսիմումի և մինիմումի բաշխումները, ստանալ նմուշի բաշխման ֆունկցիան:

Այս նպատակին հասնելու համար, աշխատանքում

1. դիտարկվել է ֆիքսված ռեժիմներով աշխատող էլեկտրաէներգիայի կայանների աշխատանքը՝ այնտեղ ավելացնելով Մարկովյան մոդելներ,
2. դիտարկվել է ֆյուչերսների շուկաներում տրված նմուշի մաքսիմումի, մինիմումի և լայնույթի բաշխման ֆունկցիաները,

3. հետազոտվել է Ամերիկայի Միացյալ Նահանգների խոշորագույն երկու շուկաների՝ «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գները,
4. դիտարկվել է էլեկտրաէներգիայի շուկաներում գործարքների ամբողջական պահանջների գների հաշվարկումն ու ռիսկերի կառավարումը:

Հետազոտության մեթոդաբանությունը: Հետազոտության հիմնական մեթոդները հիմնված են հավանականային տեսության մոդելների վրա, ուսումնասիրությունում կիրառվել են «Մաթլաբ» և «Առ» մաթեմատիկական և հավանականային տեսության ծրագրավորման փաթեթները, որոնց կոդերը և տված արդյունքները արտացոլված են աշխատանքում և հավելվածների բաժնում:

Աշխատանքում կիրառվում են

1. Մարկովյան մոդելներ ապրանքային ֆյուչերսների համար,
2. հավանականային տեսության բաշխումներ,
3. չափի տեսության հասկացություններ,
4. տնտեսաչափության և ստոխաստիկ մոդելավորման լայն գործիքակազմ:

Գիտական նորույթը: Ատենախոսության հիմնական արդյունքներն են՝

1. գազի ֆյուչերսների գների մաքսիմումներն ու մինիմումներն ունեն լոգ-լոգիստիկ բաշխման ֆունկցիա,
2. ունենալով ապրանքային ֆյուչերսների նմուշի մաքսիմումի և մինիմումի բաշխման ֆունկցիաները՝ տրվել է նմուշի բաշխման ֆունկցիան: Այս մեխանիզմի միջոցով կարելի է զգալիորեն քչացնել

դիտարկումների ծավալը, նմուշներից անցնելով միայն մաքսիմումների և մինիմումների:

3. էլեկտրաէներգիայի շուկաներում եկամտաբերություններն «ընթացիկ» գների դեպքում պատկանում են Պիրսոնի բաշխումների ընտանիքին, մասնավորապես, ՓԶՄ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերություններն ունեն Պիրսոնի 4-րդ դասի բաշխում, իսկ ՍՓՓ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերություններն ունեն Պիրսոնի 6-րդ դասի բաշխում և «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գները միմյանց հետ կոռելացված են:

Արեւնախոսության արդյունքների տեսական և կիրառական նշանակությունը: Աշխատանքի արդյունքները կրում են թե՛ տեսական, թե՛ գործնական բնույթ: Աշխատանքում ձևակերպված թեորեմները առաջին հերթին կարող են օգտագործվել էլեկտրաէներգիաների շուկաներին վերաբերող բազմաթիվ տեսական մոդելներում: Այդ թեորեմները վերաբերում են ֆյուչերսների շուկաներում գների մաքսիմումների, մինիմումների և լայնույթի բաշխման ֆունկցիաներին, ՍՓՓ և ՓԶՄ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերությունների բաշխման ֆունկցիաներին:

Արդյունքների մի մասը վերաբերվում է գործնական արդյունքներին, որոնք կիրառելով կարելի է ունենալ շահույթներ, մասնավորապես էլեկտրաէներգիաների շուկաներում կարելի է կիրառել աշխատանքում ստացված կանխատեսումները և ձեռք բերել հնարավորինս մատչելի էլեկտրաէներգիա՝ աճուրդներին ճիշտ հայտեր ներկայացնելով:

Հրատարակումները: Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրատարակված են հեղինակի չորս հոդվածներում, որոնց ցուցակը ներկայացված է ատենախոսության վերջում:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից՝ որոնք ամեն մեկն իր հերթին բաղկացած է ենթագլուխներից, եզրակացությունից, գրականության ցանկից՝ ընդհանուր 42 աղբյուրով և հեղինակի հոդվածների ցուցակով, հավելվածներից և նշանակումների ցանկից: Աշխատանքի ծավալն 82 էջ է:

Ատենախոսությունը շարադրված է հետևյալ հերթականությամբ՝

Առաջին գլուխը նվիրված է օպտիմալ կառավարման խնդրի կիրառությանը՝ էլեկտրաէներգիաների շուկաներում: Երկրորդ գլխում ներկայացված են էլեկտրաէներգիաների շուկաներում ֆյուչերսների տրված գների նմուշի մաքսիմումի, մինիմումի և լայնույթի բաշխման ֆունկցիայի մասին ենթադրություններ: Երկրորդ գլխում ներկայացված են ԱՄՆ-ում ամենախոշոր էլեկտրաէներգիայի շուկաների՝ ՓՋՄ և ՍՓՓ «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գների բաշխման ֆունկցիաները և դրանց միջև ռեգրեսիան: Չորրորդ գլուխը նվիրված է էլեկտրաէներգիայի շուկաներում գործարքների ամբողջական պահանջների մոդելին:

Եզրակացությունում ներկայացված են հիմնական արդյունքները: Գրականության ցանկում ներկայացված են բոլոր աղբյուրները, որոնք օգտագործվել են աշխատանքում: Հաջորդիվ տրված են հավելվածները և նշանակումների ցանկը:

Բոլոր գլուխները բաժանված են ենթագլուխների: Բոլոր գլուխների սկզբում նախապես համառոտ կերպով ներկայացված է գլխի

բովանդակությունը: Ենթագլուխներում նույնը կատարված է ըստ անհրաժեշտության:

Աշխատանքում կան երկու տիպի հղումներ՝ տեքստի ներսում և տողատակով: Առաջինը կիրառված է, երբ ուղղակի բերվում է օգտագործված աղբյուրը: Տողատակով հղումները կիրառված են, երբ տրվում է որոշակի լրացուցիչ պարզաբանում:

Բոլոր նշանակումները, անկախ նշանակումների ցանկում տեղ գտնելուց, առանձին սահմանված են բուն ատենախոսություն մեջ, կա՛մ օգտագործվելուց առաջ, կա՛մ անմիջապես հաջորդող տեքստում:

ԳԼՈՒԽ I. ՕՊՏԻՄԱԼ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆԸ ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԻԱՆԵՐԻ ՇՈՒԿԱՆԵՐՈՒՄ

Այս գլուխը նվիրված է օպտիմալ կառավարման խնդիրներին, դրանք շատ մեծ կարևորություն ունեն ֆինանսական մաթեմատիկայի և տնտեսագիտության ասպարեզում: Տարիների ընթացքում այս տիպի խնդիրները ստացել են մեծ զարգացում:

Օպտիմալ միացման ներկայացված խնդրի հիմքում ընկած պայմանագիրը էներգետիկային վերաբերող ածանցյալ պայմանագրերի մեջ ամենաբարդ ածանցյալ գործիքներից է համարվում: Սարքի միջոցով օգտագործվող վառելիքի վերածումը էլեկտրաէներգիայի՝ իրականացվում է որոշակի գործակցով, որը անվանում ենք փոխանակման միավոր: Այսինքն, այդ գործակիցը չափում է վառելիքի այն ծավալը, որն անհրաժեշտ կլինի 1 միավոր էլեկտրաէներգիա արտադրելու համար: Որքան ցածր լինի այդ գործակիցը, այնքան ավելի արդյունավետ կաշխատի էլեկտրակայանը: Կնքված է պայմանագիր, որի համաձայն անհրաժեշտ է գտնել վառելիքի օգտագործման ծավալների և սարքի աշխատանքային ռեժիմի միջև օպտիմալ բաշխումը (տես [1]):

Այս գլխում ներկայացված է, թե ինչպես կարելի է լուծումներ փնտրել և գտնել այս տիպի խնդիրների առկայության դեպքում, և թե ինչպես կարելի է այս տիպի խնդիրները կիրառել ապրանքային ֆյուչերսների դեպքում, որոնց գինն ավելի արդյունավետ է հաշվարկել Մարկովյան մոդելների միջոցով:

1.1. Խնդրի նկարագրությունը և կառուցվածքը

Դիցուք ունենք հետևյալ բաժինները (բլոկները)՝

[I]. 0:00-8:00 (երկուշաբթիից ուրբաթ),

[II]. 8:00-24:00 (երկուշաբթիից ուրբաթ),

[III]. 0:00-24:00 (շաբաթ և կիրակի):

Այսինքն՝ էլեկտրականության գները տարբեր են այս երեք ժամանակահատվածների համար:

Համարենք, որ $X_t = (P_t, G_t)$ -ն R^k չափանի շարժման պրոցես է, որտեղ G_t -ն վառելիքի գնի պրոցեսն է, իսկ P_t -ն՝ էլեկտրականության գնի $(k-1)$ -չափանի պրոցեսը: Ենթադրենք, որ էլեկտրաէներգիա մատուցելու պայմանագիրը կնքված է T տարով, և $[0, T]$ ժամանակահատվածը բաժանված է վերջավոր քանակությամբ միջակայքերի: Ենթադրենք, որ յուրաքանչյուր բլոկի համար t պահին ունենք աշխատանքային ռեժիմի M վիճակներ՝ $0, 1, \dots, M-1$: Դիցուք 0 ՝ սարքի անջատված վիճակ, $1 = C_{min}$, որը նշանակում է, որ սարքը աշխատում է մինիմալ հզորությամբ, և վերջինը՝ $M - 1 = C_{max}$, այսինքն սարքը աշխատում է մաքսիմալ հզորությամբ: Ավելացնենք նաև կառավարող գործընթաց՝ $\gamma = \gamma(t)$, որը կնկարագրի սարքի որոշակի վիճակում աշխատելը՝ ժամանակի ինչ-որ պահին:

Դիցուք $r(t)$ -ն $[t, T]$ միջակայքում սարքի բոլոր հնարավոր աշխատանքային վիճակների բազմությունն է: Խնդիրը կայանում է հետևյալ ֆունկցիայի արգումենտը գտնելու մեջ՝

$$\sup_{\gamma \in r(t)} \mathbf{E}[H(x, i, [t, T]; \gamma) | X_t = x, \gamma(t) = i],$$

որտեղ E -ն H ֆունկցիայի պայմանական մաթ-սպասումն է $X_t = x$, և $(t) = i$ պայմանների առկայության դեպքում, իսկ H -ը՝ աշխատանքային վիճակում գտնվելու դեպքում, $[t, T]$ միջակայքում աշխատելու արդյունքում ժամանակի T պահին վաստակած շահույթի ֆունկցիան է: Դիցուք X_t շարժման պրոցեսը k -չափանի դիֆուզիոն պրոցես է: Ենթադրենք (Ω, F, P) ֆիլտրված հավանականային տարածության մեջ սահմանված է $W = W(t)_{0 \leq t \leq T}$ Վիեներյան պրոցեսը, որտեղ $W_0 = 0$ համարյա հավաստի: Աշխատանքը նկարագրվում է հետևյալ ստոխաստիկ դիֆերենցիալ հավասարմամբ՝

$$dX_t = \mu(t, X_t)dt + \sigma(t, X_t)dW_t + J(t, X_t)[dN_t - \tau(t, X_t)dt],$$

որտեղ $(N_t)_{0 \leq t \leq T}$ -ն Պուասոնյան պրոցես է $\tau(t, X_t)$ ինտենսիվությամբ, իսկ $\mu(t, X_t)$ և $\sigma(t, X_t)$ -ն՝ համապատասխանաբար՝ շարժման պրոցեսի դրիֆտն ու վոլատիլությունը:

1.2. Հիմնական մոդելը

Այսպիսով՝ $X_t = (P_t, G_t) = (P_t([I]), P_t([II]), P_t([III]), G_t)$ -ն R^4 -ում շարժման պատահական ստոխաստիկ պրոցեսն է: Եթե պայմանագիրը կնքված է 5 տարով, ապա $t=1, 2, \dots, T(=2 \times 5 \times 365)=3650$, որտեղ յուրաքանչյուր օր բաժանված է երկու բլոկի:

Ենթադրենք, որ յուրաքանչյուր բլոկում ժամանակի t պահին ունենք $M \geq 3$ վիճակներ՝ $0, 1, 2, \dots, M-1$: Եթե սարքի աշխատելու հզորությունը տատանվում է C_{min} -ի և C_{max} -ի միջև, ապա այդ ինտերվալը բաժանելով $M - 2$ հավասար մասի՝ կստանանք $\frac{C_{max}-C_{min}}{M-2}$ երկարությամբ միջակայքեր և կունենանք սարքի աշխատանքային ռեժիմի M վիճակ, դրանք են՝

0-ական վիճակ, երբ սարքը անջատված է,
 առաջին վիճակ՝ C_{min} , սարքը աշխատում է մինիմալ հզորությամբ,
 երկրորդ վիճակ՝ $C_2 = C_{min} + \frac{C_{max}-C_{min}}{M-2}$ և այլն,
 m-րդ վիճակ՝ $C_m = C_{min} + (m - 1) \times \frac{C_{max}-C_{min}}{M-2}$, որտեղ $m=1,2,\dots,M-1$,
 և վերջին վիճակը՝ $C_{M-1} = C_{max}$, այս պարագայում սարքը աշխատում է
 մաքսիմալ հզորությամբ:

Ենթադրենք, որ $\varphi(P_t([I]), G_t, i)$ -ն վճարման ֆունկցիան է [I] բլոկի համար,
 երբ սարքը աշխատում է i-րդ վիճակում: Այսպիսով՝

$$\varphi(P_t([I]), G_t, 0) \equiv 0,$$

$$\varphi(P_t([I]), G_t, i) = C_i \times [P_t([I]) - v_i \times G_t - K_i]$$

$$= \left[C_{min} + (m - 1) \times \frac{C_{max} - C_{min}}{M - 2} \right] \times [P_t([I]) - v_i \times G_t - K_i],$$

որտեղ K_i -ն գործառնական ծախսերն են՝ i-րդ վիճակում աշխատելիս, v_i -ն
 էլեկտրակայանի աշխատանքի ընթացքում 1 միավոր էլեկտրականության ծավալ
 ապահովելու համար անհրաժեշտ վառելիքի չափն է՝ սարքի $i = 1, 2, \dots, M - 1$
 վիճակում աշխատելիս, $P_t([I])$ -ը [I]-ին բլոկում աշխատելու ընթացքում
 էլեկտրականության գինն է, և C_i -ն i-րդ վիճակում աշխատելիս՝ սարքի
 հզորությունն է: $P_t([I]) - v_i \times G_t - K_i$ արտահայտությունը [I] բլոկում սարքի i-րդ
 վիճակում աշխատելու դեպքում 1 միավորի համար եկամուտն է:
 Էլեկտրակայանի արտադրության ծավալի փոփոխումը մեկ ռեժիմից մյուսը,
 ծախսատար է և բերում է հավելյալ վառելիքի և հավելյալ ծախսերի
 առաջացման: Այդ պատճառով ներմուծենք i-ից j վիճակ փոփոխման ծախս՝

$$a_{ij}(t, X_t), \quad a_{ii} \equiv 0:$$

Իսկ սկզբնական միացման ծախսը ավելի մեծ է ցանկացած a_{ij} -ից, և բոլոր
 մնացած a_{ij} -երը ոչ բացասական են և բավարարում են հետևյալ պայմանին՝

$$a_{ij} \leq a_{ik} + a_{kj}, \quad \forall i, j, k:$$

Կարող ենք նաև ներմուծել կառավարման $\gamma = \gamma(t)$ պրոցեսը, որը դինամիկ ընտրված և ադապտացված է $\{X_s; 0 \leq s \leq t\}$ -ն պարունակող F_t^x մինիմալ σ -հանրահաշվում: Քանի որ կառավարման որոշումները կայացվում են դիսկրետ պահերին, կարող ենք ներմուծել կառավարման ֆունկցիա՝

$$\gamma = ((\varepsilon_1, \tau_1), (\varepsilon_2, \tau_2), \dots, (\varepsilon_T, \tau_T)),$$

որտեղ ε_k -երը ընդունում են արժեքներ $\{Off, C_{min}, \dots, C_{max}\}$ M էլեմենտների բազմությունից, և $0 \leq \tau_1 \leq \tau_2 \leq \dots \leq \tau_{k-1} \leq \tau_k \leq \dots \leq T$, τ_k -երը կանգառի կամ փոփոխման պահերն են (սարքի աշխատանքային ռեժիմի փոփոխման պահերը):

$$\gamma(t) = \sum_{\tau_k < T} \varepsilon_k I_{[\tau_k, \tau_{k+1}]}(t):$$

Այսպիսով, ժամանակի T պահին ամբողջ շահույթի ֆունկցիան կառավարման $\gamma(t)$ պրոցեսի և $\omega \in \Omega$ ելքի դեպքում կլինի՝

$$H(x, i, [0, T]; \gamma)(\omega) = \int_0^T \varphi(X_s, \gamma(s)) ds - \sum_{\tau_k < T} a_{\gamma(\tau_k - 0), \gamma(\tau_k)},$$

որտեղ $X_0 = x$ և $\gamma(0) = i$: Այս արտահայտության աջ մասի առաջին գումարելին $\gamma(t)$ -ին համապատասխան գումարային շահույթն է, իսկ երկրորդ գումարելին իրենից ներկայացնում է յուրաքանչյուր τ_k փոփոխման պահին մեկ ռեժիմից մյուսը անցման հետ կապված ծախսերի հանրագումարը: Դժվար չէ տեսնել, որ $\varphi(X_s, \gamma(s)) = \varphi(P_s([I]), G_s, i)$, եթե $\gamma(s) = i$ և $s \in [I]$ բլոկից են: Սահմանենք $r(t)$ -ն՝ որպես $[t, T]$ միջակայքում բոլոր հնարավոր կառավարման ֆունկցիաների բազմություն: Նաև՝

$$J(t, x, i; \gamma) = \mathbf{E}[H(x, i, [t, T]; \gamma) | X_t = x, \gamma(t) = i]:$$

Այսպիսով, խնդիրն այս ֆունկցիան մաքսիմալացնելն է՝ ըստ օպտիմալ կառավարման ֆունկցիայի, այսինքն, որոշել հետևյալ ֆունկցիան՝

$$J(t, x, i) = \sup_{\gamma \in r(t)} J(t, x, i; \gamma):$$

$J(t, x, i)$ թվային ֆունկցիան գնահատում է $[t, T]$ ժամանակահատվածում էլեկտրակայանը աշխատեցնելուց ստացվող եկամտի պայմանական սպասվող մեծագույն արժեքը՝ տրված $X_t = x, \gamma(t) = i$ սկզբնական արժեքների համար: Մեր նպատակն է՝ հաշվել $J(t, x, i)$ թվային ֆունկցիան և գտնել γ^* օպտիմալ կարգավորման ստրատեգիան. եթե այն գոյություն ունի: Այս պարագայում $J(t, x, i)$ -ն կհասնի իր սուպրեմումին այդ կետում:

Եթե ենթադրենք, որ գործ ունենք դիսկրետ ժամանակի հետ, և կառավարման պրոցեսը անփոփոխ է $[\tau_k, \tau_{k+1}]$ միջակայքում, այսինքն՝ վառելիքի G_t գնի փոփոխման բազմությունը վիճակի փոփոխման պահերի ենթաբազմություն է, ապա հետևյալ հավասարությունը ցույց կտա սպասվող եկամտի և լավագույն վիճակում կանգնեցված սպասվող եկամտի տարբերությունը (տես [2]):

$$J(t, x, i) - \max_{m=1,2,3} J(t, x, i) \mathbf{E} \left[\int_t^T \varphi_m(X_s, \gamma(s)) ds / X_t = x \right]:$$

1.3. Խնդրի կիրառությունը ֆյուչերսների շուկաներում

Նախ և առաջ, այս բաժնում տեսնենք, թե մեր խնդրում ինչպես է ավելի օպտիմալ տեղաշարժվել մի ռեժիմից մյուսը: Եթե τ պահին i ռեժիմից j ռեժիմ անցնելը օպտիմալ է, ապա ցանկացած k ռեժիմի դեպքում՝ այնպիսին, որ

$$a_{ij} = a_{ik} + a_{kj},$$

նույնպես օպտիմալ է ժամանակի τ պահին j -ին անցնելը: τ պահին i ռեժիմից j -ին անցնելը նշանակում է՝

$$-a_{ij} + J(\tau, X_\tau, j) > -a_{ik} + J(\tau, X_\tau, k),$$

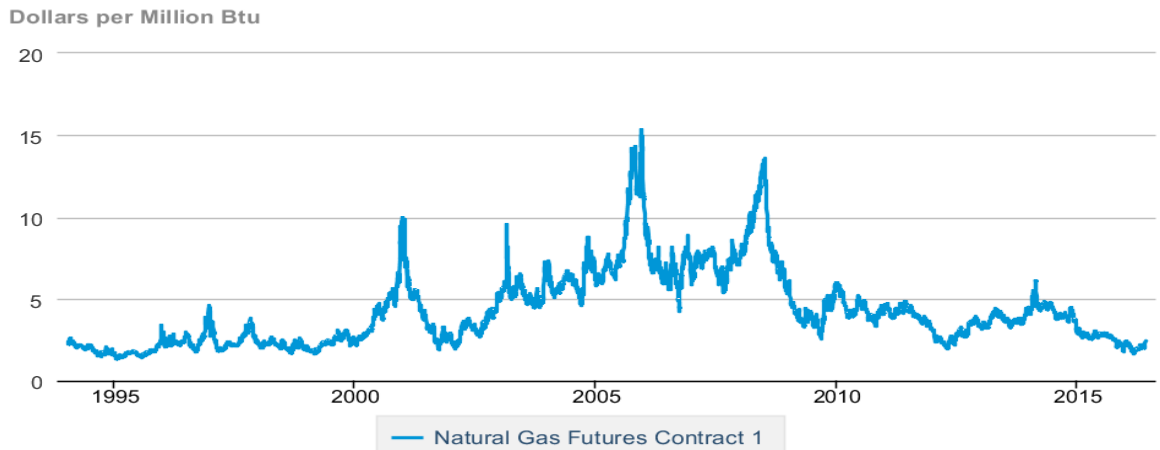
$$-a_{kj} + J(\tau, X_\tau, j) > J(\tau, X_\tau, k):$$


Սա ցույց է տալիս, որ τ պահին j ռեժիմին անցնելը ավելի լավ է, քան k ռեժիմում մնալը:

Դիտարկելով ապրանքային ֆյուչերսների ամենատարածվածներից մեկը՝ բնական գազի վրա գրված ֆյուչերսները՝ օգտվենք Նյու Յորքի Ապրանքային բորսայի՝ “NYMEX”-ի կողմից հրապարակվող՝ բնական գազի ֆյուչերսների վերաբերյալ օրեկան կտրվածքով պատմական տվյալներից:¹ Վերցնենք բավականին մեծ հատված, որպեսզի կատարվող դիտարկումները լինեն հնարավորինս իրատեսական: Դիցուք ունենք 1994 թվականի հունվարի 13-ից մինչ 2016 թվականի մայիսի 27-ի տվյալները: Եվ դիտարկենք, որ էլեկտրակայանի աշխատելու համար պահանջվող գազը ձեռք ենք բերում բնական գազի ֆյուչերսների միջոցով, որոնց համար կիրառում ենք վերը նշված մարկոլյան մոդելները:

¹ Բացառությամբ՝ ոչ աշխատանքային օրերի:

Natural Gas Futures Contract 1



 Source: U.S. Energy Information Administration

Գծապատկեր 1. դիտարկվող ժամանակահատվածում բնական գազի ֆյուչերսների պայմանագրերի գները (տես [3]):

Գծապատկեր 1-ի գները կկիրառենք $\varphi(P_t([I]), G_t, i)$ վճարման ֆունկցիայում, որպես $P_t([I])'$ [I]-ին բլոկում աշխատելու ընթացքում էլեկտրականության գին: Քանի որ ֆյուչերսային պայմանագրի հիմնական նպատակը դեֆոլտի ռիսկի կրճատումն է՝ այսպիսով կկարողանանք կրճատել այդ ռիսկը (տես [4]):

Դիտարկենք նաև մարկովյան ռեժիմների փոփոխմամբ GARCH մոդելներ: Այս տիպի մոդելների հիմնական առավելությունն այն է, որ նրանք թույլ են տալիս Մարկովյան պրոցեսի համաձայն փոփոխել մոդելում ներառված պարամետրերը՝ տարբեր ռեժիմներում դիտարկելով: Ենթադրենք, նաև, որ մեր պորտֆելի R_t եկամտաբերության պատահական պրոցեսը GARCH է:

Այդ մոդելը Eviews վիճակագրական փաթեթի աշխատեցնելու արդյունքում, ենթադրելով, որ ε_t աղմուկները ունեն Ստուդենտի t բաշխում, կստանանք Հավելված 1-ի արդյունքները, որոնցից հետևում է, որ իմաստ ունի կիրառել GARCH այս մոդելում (տես [5]):

Դիտարկենք հետևյալ խնդիրը՝ մաքսիմալացնել ստացվող շահույթը $[0, T]$ ժամանակահատվածում՝ ինչ-որ ֆինանսական կազմակերպության ֆյուչերսներում՝ մասնավորապես ապրանքային, զբաղեցրած դիրքը փոփոխելով: Այսինքն, օպտիմալ կերպով փոփոխելով ունեցած դիրքը այդ ապրանքային ֆյուչերսների պայուսակում, փորձել ստանալ առավելագույն եկամուտ՝ հաշվարկելով այդ ֆյուչերսների գները Մարկովյան մեթոդով:

Ենթադրենք, ունենք երեք տարբեր ռեժիմներ՝ $\rho_1 = -1, \rho_2 = 0, \rho_3 = 1$:

Առաջինն այն դեպքն է, երբ կազմակերպությունը գրավում է կարճ դիրք, երկրորդ դեպքում կազմակերպությունը անտարբեր է պորտֆելի եկամտաբերության փոփոխության նկատմամբ, իսկ երրորդ դեպքում կազմակերպությունը գրավում է երկար դիրք: $[0, T]$ ժամանակահատվածում շահույթը նշանակենք հետևյալ կերպ՝

$$\varphi_i(t, R_t) = \rho_i R_t - K_i, \quad i = 1, 2, 3,$$

որտեղ R_t -ն բաժնետոմսի եկամտաբերությունն է t պահին, իսկ K_i -ն գործառնական ծախսերի մեծությունն է:

$\gamma = ((\xi_1, \tau_1), (\xi_2, \tau_2), \dots)$ -ն ժամանակից կախված ստրատեգիան նկարագրող կարգավորման պրոցեսն է, որտեղ ξ_i -ն զբաղեցրած դիրքերին համապատասխան ռեժիմներն են, իսկ τ_2 -երը՝ այդ ռեժիմների փոփոխման պահերը:

Հաշվի առնելով վերին նշանակումները և ω սցենարի դեպքում՝ վաստակած շահույթը մինչև ֆիքսված T պահը կլինի՝

$$H(r, i, [0, T]; \gamma)(\omega) = \int_0^T \varphi_{\gamma_t}(t, R_t(\omega)) dt - \sum_{\tau_k < T} a_{\gamma_{\tau_k}, \gamma_{\tau_k}}, \quad (1)$$

ավելացնենք նաև $R_0 = r, \gamma_0 = i$ պայմանները, որը կնշանակի, որ ժամանակի 0 պահին երբ սկսում ենք տիրապետել տվյալ պորտֆելը, բաժնետոմսի եկամտաբերությունը r է, և այդ պորտֆելը պարունակում է որոշակի քանակությամբ ֆյուչերսներ. այն կարող ենք համարել սկզբնական զբաղեցրած դիրք: Արդյունքում մեր խնդիրը, տվյալ պորտֆելի տիրապետման ընթացքում օպտիմալ կառավարման ստրատեգիա ընտրելով, (1)-ի պայմանական մաթ-սպասման մաքսիմալացումն է:

Մեր մոդելում, որպես դիտարկվող պայուսակի եկամտաբերության պրոցեսի պայմանական բաշխում, հարմար է նայել $F(\cdot)$ բաշխումը՝ կախված (μ_t^i, h_t^i, v_t^i) պարամետրերից, որոնք բնութագրում են մեր երեք վիճակներում գտնվելու փաստը $P(s_t = i | \mathcal{F}_{t-1})$ հավանականություններով: \mathcal{F}_{t-1} -ը իրենից ներկայացնում է $t-1$ պահին հասանելի ինֆորմացիան: μ_t^i -ը պորտֆելի եկամտաբերության պայմանական մաթեմատիկական սպասումն է, h_t^i -ն պայմանական վարիացիան է, իսկ v_t^i -ն՝ բաժնետոմսի եկամտաբերության պրոցեսի պայմանական բաշխման տեսքի պարամետր է, երբ գտնվում ենք տվյալ i -րդ վիճակում:

Այսինքն, երբ ժամանակի t պահին տվյալ բաժնետոմսերում զբաղեցնում ենք որոշակի դիրք՝ գտնվում ենք i ռեժիմում, ապա այդ բաժնետոմսերի եկամտաբերության պրոցեսը բնութագրվում է այդ ռեժիմին համապատասխան (μ_t^i, h_t^i, v_t^i) պարամետրերով բաշխման ֆունկցիայի միջոցով՝ այդ ռեժիմին համապատասխան $P(s_t = i | \mathcal{F}_{t-1})$ հավանականությամբ: h_t^i պայմանական վարիացիայի համաձայն սահմանենք հետևյալ GARCH-ը՝

$$[h_t^{(i)}]^2 = a_0^{(i)} + a_1^{(i)} r_{t-1}^2 + \beta_1^{(i)} \mathbb{E}[(h_{t-1})^2 | s_t = i],$$

որտեղ $(h_{t-1})^2$ ներկա ռեժիմից անկախ՝ նախորդ ժամանակահատվածների պայմանական վարիացիաների միջինն է և $i = 1, 2, 3$ (տես [6]):

Այս գլխում դիտարկված մոդելները ավելի ճշգրիտ արդյունքներ են տալիս ապրանքային ֆյուչերսների եկամտաբերության պրոցեսի վերաբերյալ, քանի որ ավելի ճկուն են, քան ցանկացած այլ GARCH մոդելի տեսակ, և ֆյուչերսների գների կորը հաշվարկված է մարկովյան մոդելներով: Քանի որ այս գլխում դիտարկվող հիմնական խնդիրը իրենից ներկայացնում է օպտիմալ պահերին ռեժիմների օպտիմալ ընտրություն, այս մոդելը շատ հարմար գործիք է հիմքում ընկած պրոցեսի՝ տարբեր ռեժիմներում տարբեր պարամետրերով և բաշխումով հանդես գալու տեսանկյունից:

ԳԼՈՒԽ II. ՆՄՈՒՇԻ ՄԱՔՍԻՄՈՒՄԻ, ՄԻՆԻՄՈՒՄԻ ԵՎ ԼԱՅՆՈՒՅԹԻ ԲԱՇԽՄԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԸ

Նմուշի լայնույթը կսահմանենք այդ նմուշի մաքսիմումի և մինիմումի տարբերությունը (տես [7]): Մեկ այլ սահմանում՝ նմուշի լայնույթը այն ամենափոքր ինտերվալն է, որը պարունակում է նմուշի բոլոր արժեքները (տես [8]):

Ֆյուչերաների շուկաներում բոլոր մասնակիցները ունեն առավելագույն, նվազագույն, բացման և փակման գների մասին ինֆորմացիա:

Առաջին ենթազխում վերցված են այդ գները, և ցուցադրված է, թե ինչ բաշխում ունեն մաքսիմումները և մինիմումները:

Երկրորդ ենթազխում ցուցադրված է, թե ինչ բաշխում ունի այդ գների լայնույթը:

2.1. Նմուշի մաքսիմումի և մինիմումի բաշխման ֆունկցիան

Դիցուք (X_1, X_2, \dots, X_n) -ը n անկախ և միատեսակ բաշխված պատահական մեծություններն ունեն f խտության և F բաշխման ֆունկցիա: Սահմանենք մաքսիմումը՝ $U = \max(X_1, X_2, \dots, X_n)$, մինիմումը՝ $V = \min(X_1, X_2, \dots, X_n)$ և լայնույթը՝ $R = U - V$:

Նմուշի մաքսիմումի բաշխումը:

$$\begin{aligned} G_U(x) &= P(U \leq x) = P[(X_1 \leq x) \cap \dots \cap (X_n \leq x)] = P(X_1 \leq x) \dots P(X_n \leq x) \\ &= P(X \leq x)^n, \end{aligned}$$

որտեղ օգտագործել ենք u' անկախությունը, u' միատեսակ բաշխվածությունը: Այսպիսով $G_U(x)$ -ը՝ U -ի բաշխման ֆունկցիան, կլինի.

$$G_U(x) = [F(x)]^n: \quad (2)$$

Իսկ մաքսիմումի խտության ֆունկցիան՝ $g_U(x)$ -ը, կլինի.

$$g_U(x) = nF(x)^{n-1}f(x):$$

Նմուշի մինիմումի բաշխումը:

$$P(V > x) = P[(X_1 > x) \cap \dots \cap (X_n > x)] = P(X_1 > x) \dots P(X_n > x)$$

$$1 - P(V \leq x) = (1 - P(X \leq x))^n:$$

$G_V(x)$ -ը՝ V -ի բաշխման ֆունկցիան, կլինի.

$$G_V(x) = 1 - (1 - F(x))^n: \quad (3)$$

Իսկ մինիմումի խտության ֆունկցիան՝ $g_V(x)$ -ը, կլինի.

$$g_V(x) = n(1 - F(x))^{n-1}f(x):$$

U -ի և V -ի համատեղ բաշխման ֆունկցիան, երբ $u \geq v$, ունի հետևյալ տեսքը (տես [9],[10],[11]).

$$P[(U \leq u) \cap (V > v)] = P[(v \leq X_1 < u) \cap \dots \cap (v \leq X_n < u)]$$

$$= P(v \leq X_1 < u) \dots P(v \leq X_n < u) = \left(\int_v^u f(t)dt \right)^n = (F(u) - F(v))^n:$$

$$F_{U,V}(u, v) = P(U \leq u \cap V \leq v) = P(U \leq u) - P(U \leq u \cap V > v)$$

$$= F_U(u) - (F(u) - F(v))^n:$$

$$F_{U,V}(u, v) = P(U \leq u \cap V \leq v) = P(U \leq u) = (F_U(u))^n, \quad \text{եթե } u < v,$$

և միասնական խտության ֆունկցիան կլինի.

$$g(u, v) = \begin{cases} \frac{\partial^2 F(u, v)}{\partial u \partial v} = n(n-1)(F(u) - F(v))^{n-2} f(u)f(v), & \text{եթե } u \geq v, \\ 0, & \text{եթե } u < v: \end{cases}$$

Հետևաբար, լայնույթի բաշխման ֆունկցիան կլինի (տես [12],[13],[14]).

$$F_R(x) = \iint_{\substack{v \leq u \\ u-v \leq x}} g(u,v) du dv = n \int_{-\infty}^{+\infty} f(v) dv \int_v^{v+x} f(u) [F(u) - F(v)]^{n-2} du$$

$$= n \int_{-\infty}^{+\infty} f(v) dv \int_v^{v+x} d[[F(u) - F(v)]^{n-1}] = n \int_{-\infty}^{+\infty} f(v) [F(v+x) - F(v)]^{n-1} dv:$$

Այսպիսով՝

$$F_R(x) = \begin{cases} n \int_{-\infty}^{+\infty} f(y) [F(x+y) - F(y)]^{n-1} dy, & \text{եթե } x > 0, \\ 0, & \text{եթե } x \leq 0 \end{cases},$$

և լայնույթի խտության ֆունկցիան կլինի.

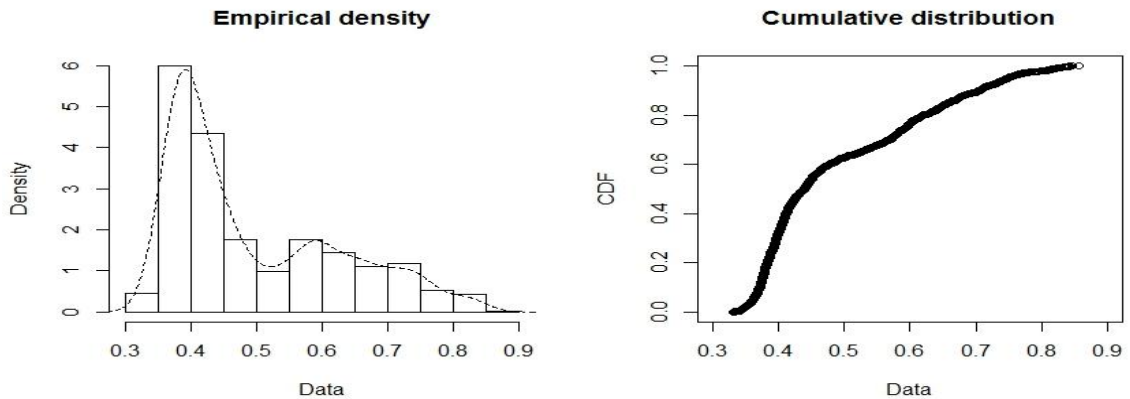
$$f_R(x) = \begin{cases} n(n-1) \int_{-\infty}^{+\infty} f(y) [F(x+y) - F(y)]^{n-2} f(x+y) dy, & \text{եթե } x > 0, \\ 0, & \text{եթե } x \leq 0 \end{cases}:$$

Ունենալով նմուշի բաշխման ֆունկցիան, շատ բարդ է ստանալ դրա լայնույթի բաշխման ֆունկցիայի տեսքը՝ վերը նշված ինտեգրալը միշտ չէ, որ կարելի է պարզեցնել: Հայտնի է մի քանի դեպք միայն, որոնցից մեկն էքսպոնենտական բաշխումն է: Այն դեպքում, երբ ենթադրենք, որ նմուշն ունի էքսպոնենտական բաշխում $r > 0$ պարամետրով, նմուշի լայնույթի բաշխման ֆունկցիան կունենա հետևյալ տեսքը (տես [15])՝

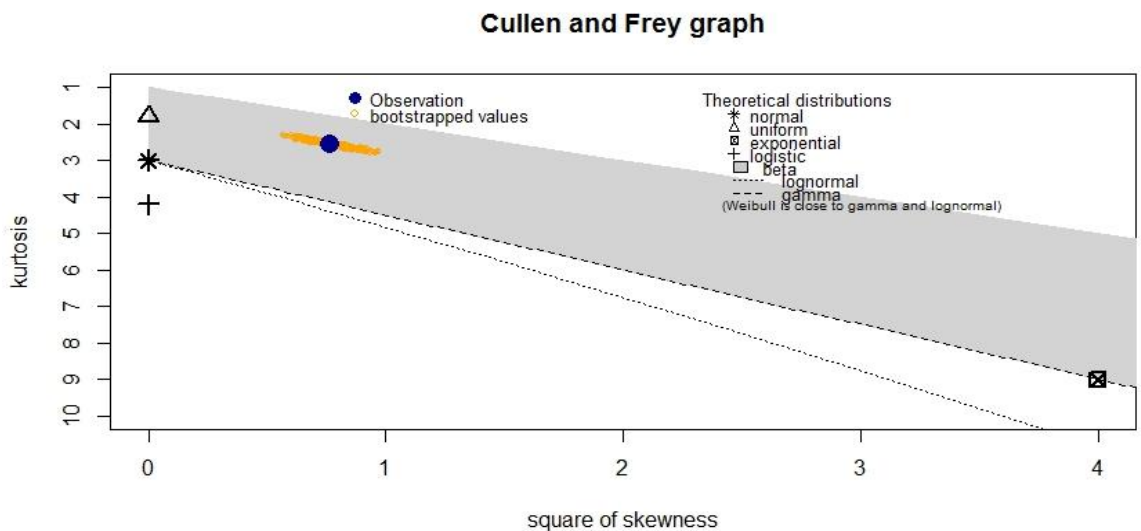
$$H(z) = \begin{cases} (1 - e^{-rz})^{n-1}, & \text{եթե } z > 0 \\ 0, & \text{եթե } z \leq 0 \end{cases}:$$

Վերցնենք գազի ֆյուչերսների մաքսիմում և մինիմում արժեքները 10 տարվա հորիզոնով (տես Հավելված 2), և «Առ» (R) ծրագրավորման համակարգով մոտարկենք բաշխումների ընտանիք (տես Հավելված 3) և ընտրենք, այն բաշխման ֆունկցիան, որն ամենամոտը կլինի մեր տվյալներին:

Նախ՝ վերցնենք ֆյուչերսների առավելագույն արժեքները և գծենք Քուլենի և Ֆրեյի գրաֆը՝ տեսնելու համար՝ արդյոք մեր նմուշը կհետևի որևէ բաշխման:

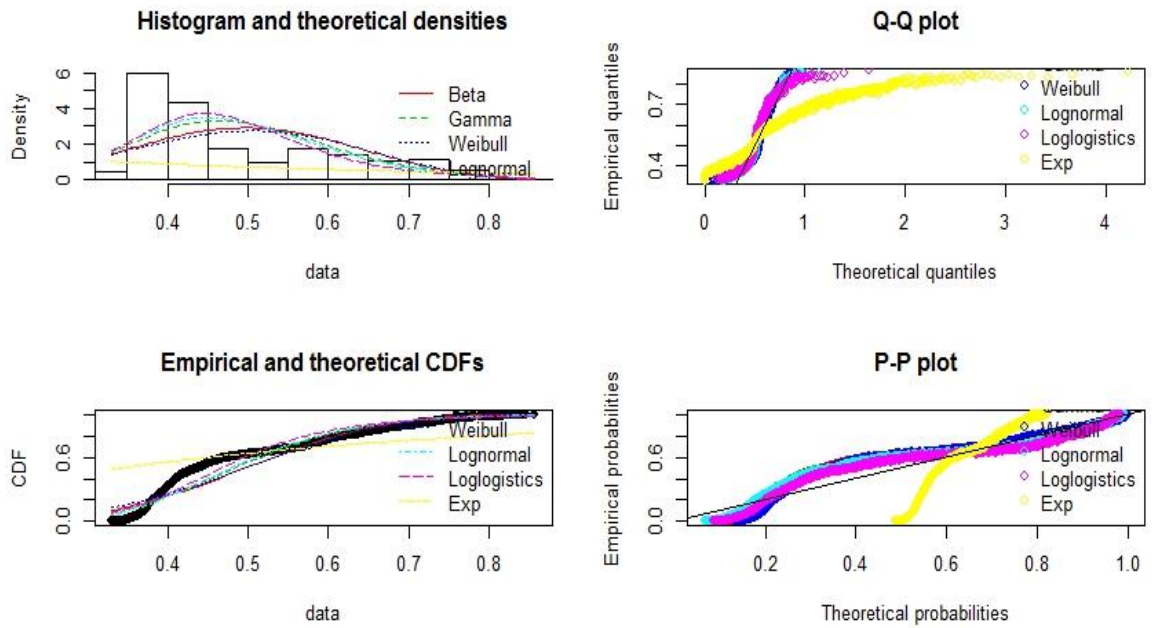


Գծապատկեր 2. նմուշի էմպիրիկ խտությունը և միասնական բաշխումը:



Գծապատկեր 3. Քուլենի և Ֆրեյի գրաֆ:

Գծապատկեր 3-ը ցույց է տալիս, որ մեր դիտարկումն ընկնում է բետա բաշխման ֆունկցիայի տիրույթում: Ավելի պրակտիկ արդյունք ստանալու համար նույնը կատարել ենք բուտստրապ արժեքների հետ, և երևում է, որ այդ արժեքները խիտ են:



Գծապատկեր 4. Քյու-քյու և Փի-փի պլոտ:

Գծապատկեր 4-ից երևում է, որ մեր նմուշի բաշխման ֆունկցիան հեռու է էքսպոնենտական բաշխումից: Ավելի ընդլայնենք փորձարկվող բաշխումները և մոտարկենք հայտնի Կոլմոգորով-Սմիրնովի մեթոդով:

-	Beta	Gamma	Weibull	Lognormal	Loglogistics	Exp
Kolmogorov-Smirnov	0.1798181	0.1558913	0.1693798	0.1487336	0.1190105	0.4951641
Cramer-von Mises	23.1175159	19.0298032	21.5541780	17.2426294	14.0474620	144.0261041
Anderson-Darling	127.5552646	106.2417870	121.5746142	96.8110308	91.0866123	683.5985406

Աղյուսակ 1. մոտարկման 3 ամենահայտնի մեթոդների արդյունքները մաքսիմումի համար:²

² Հավելված 7-ում տրված են աշխատանքում առկա աղյուսակներն այն տեսքով, ինչպես արտացոլվում է «Առ» ծրագրավորման համակարգում:

Աղյուսակ 1-ում օգտագործել ենք հետևյալ 3 մեթոդները.

Կոլմոգորով-Սմիրնովի մեթոդ՝ $\sup_{x \in R} |F_n(x) - F(x)|$:

Կրամեր Ֆոն Միսեսի մեթոդ՝ $\int (F_n(x) - F(x))^2 dF(x)$:

Անդերսոն-Դարլինգի մեթոդ՝ $\int \frac{(F_n(x) - F(x))^2}{F(x)(1-F(x))} dF(x)$:

Որտեղ $F_n(x)$ -ը էմպիրիկ բաշխման ֆունկցիան է: Դիցուք (X_1, X_2, \dots, X_n) -ը n անկախ և միատեսակ բաշխված պատահական մեծությունների նմուշն է և ունի $F(x)$ բաշխման ֆունկցիա: Այսպիսով էմպիրիկ բաշխման ֆունկցիան կլինի (տես [16])՝

$$F_n(x) = \frac{\text{նմուշի տարրերի քանակը } \leq x}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbf{1}_{\{x_i \leq x\}},$$

որտեղ $\mathbf{1}_A$ -ն A պատահույթի ինդիկատորն է, որն ընդունում է 0 և 1 արժեքները:

Քանի որ վերը նշված բոլոր մեթոդները հիմնված են տեսական և էմպիրիկ բաշխումների տարբերության վրա, Աղյուսակ 1-ում ավելի փոքր արժեքները վկայում են ավելի լավ արդյունքի մասին: Ամենափոքր թիվը բոլոր 3 մեթոդներով լոգ-լոգիստիկ բաշխման դեպքում է: Այն չկար Քուլենի և Ֆրեյի գրաֆում, սակայն Աղյուսակ 1-ը ցույց է տալիս, որ լոգ-լոգիստիկ բաշխումը ավելի է համապատասխանում մեր նմուշին, քան բետա բաշխումը, որը ցույց էր տվել Քուլենի և Ֆրեյի գրաֆը:

-	Beta	Gamma	Weibull	Lognormal	Loglogistics	Exp
Kolmogorov-Smirnov	0.1765114	0.1644889	0.1673121	0.1582347	0.1287868	0.4927992
Cramer-von Mises	23.0733049	19.1864928	21.7812334	17.4005739	14.1937448	144.3591075
Anderson-Darling	127.7583822	107.4684683	123.0546500	97.5811306	91.7193518	684.8924226

Աղյուսակ 2. մոտարկման 3 ամենահայտնի մեթոդների արդյունքները մինիմումի համար:

Աղյուսակ 2-ը ևս ցույց է տալիս լոգ-լոգիստիկ բաշխումը, այսինքն մինիմումների համար ևս ամենալավ մոտարկումը դա է:

Այսպիսով, կենթադրենք, որ նմուշի մաքսիմումները և մինիմումները ունեն լոգ-լոգիստիկ բաշխման ֆունկցիա: Լոգ-լոգիստիկ բաշխումը ոչ բացասական պատահական մեծությունների անընդհատ հավանականային բաշխում է:

Լոգ-լոգիստիկ բաշխումը պատահական մեծությունների բաշխման ֆունկցիա է, որոնց լոգարիթմը ունի լոգիստիկ բաշխում: Այն շատ մոտ է լոգնորմալ բաշխմանը, սակայն ունի ավելի ծանր պոչեր:

$\alpha > 0$ մասշտաբային պարամետրն է, նաև բաշխման մեդիանն է, իսկ $\beta > 0$ ուրվագծային պարամետրն է (տես [17], [18]):

Լոգ-լոգիստիկ բաշխման ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը՝

$$F(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} 0, & \text{էթե } x \leq 0 \\ \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{-\beta}}, & \text{էթե } x > 0 \end{cases}, \quad (4)$$

որտեղ $\alpha > 0, \beta > 0$.

Իսկ խտության ֆունկցիան՝

$$f(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} 0, & \text{էթե } x \leq 0 \\ \frac{(\beta/\alpha)(x/\alpha)^{\beta-1}}{(1 + (x/\alpha)^\beta)^2}, & \text{էթե } x > 0 \end{cases}:$$

Ունենք հավասարումներ (2) և (3)՝ համապատասխանաբար մաքսիմումի և մինիմումի բաշխման ֆունկցիաները, և քանի որ դրանք տարբեր են, սակայն ունեն նույն լոգ-լոգիստիկ բաշխման ֆունկցիան, հետևաբար դրանք ունեն տարբեր մասշտաբային և ուրվագծային պարամետրեր: Ստուգենք դա «Աո» ծրագրավորման համակարգով՝ ճշմարտանմանության մաքսիմումի (*maximum*

likelihood estimation method) մեթոդով: Արդյունքները տրված են ստորև՝ Աղյուսակ 3 և 4-ում:

-	estimate	Std. Error
shape	6.7978763	0.109397359
scale	0.4673385	0.002423145

Աղյուսակ 3. լոգ-լոգիստիկ բաշխման պարամետրերը մաքսիմումի համար:

-	estimate	Std. Error
shape	6.8233459	0.109891183
scale	0.4558791	0.002354103

Աղյուսակ 4. լոգ-լոգիստիկ բաշխման պարամետրերը մինիմումի համար:

Ձևակերպենք թեորեմ ֆյուչերսների շուկաներում գների մաքսիմումների և մինիմումների բաշխման ֆունկցիաների վերաբերյալ:

Թեորեմ 2.1: Եթե (X_1, X_2, \dots, X_n) -ը n անկախ և միատեսակ բաշխված պատահական մեծություններից կազմված նմուշ է և $U = \max(X_1, X_2, \dots, X_n)$, $V = \min(X_1, X_2, \dots, X_n)$, ապա ամենալավ ենթադրությունը U -ի և V -ի համար լոգ-լոգիստիկ բաշխման ֆունկցիան է՝ α մասշտաբային և β ուրվագծային պարամետրերով, և որ U -ի և V -ի համար այդ պարամետրերը հետևյալն են՝ $\alpha_U = 0.47$, $\alpha_V = 0.46$, $\beta_U = 6.8$, $\beta_V = 6.82$:

2.2. Նմուշի լայնույթի բաշխման ֆունկցիան

Այս ենթագլխում կտեսնենք, թե ինչ բաշխում ունի նմուշի լայնույթը: Արդյունքները պատկերված են ստորև՝ Աղյուսակ 5-ում: Այս դեպքում ամենալավ մոտարկումը լոգնորմալ բաշխումն է՝ բոլոր 3 մեթոդներով, իսկ լոգ-լոգիստիկը երկրորդն է և շատ մոտ է լոգնորմալին:

-	Beta	Gamma	Weibull	Lognormal	Loglogistics	Exp
Kolmogorov-Smirnov	0.48837020	0.04807411	0.06677015	0.01569214	0.02946668	0.2342263
Cramer-von Mises	2.05374717	1.96358401	4.19960715	0.12950634	0.55041628	40.5841613
Anderson_Darling	12.19328307	11.69045892	27.87877365	0.93553270	3.87484185	224.0618437

Աղյուսակ 5. մոտարկման 3 ամենահայտնի մեթոդների արդյունքները լայնույթի համար:

Լոգնորմալ բաշխումը պատահական մեծությունների բաշխման ֆունկցիա է, որոնց լոգարիթմը ունի նորմալ բաշխում: Այն նույնպես ունի 2 պարամետր, որոնք են՝ այդ մեծությունների բնական լոգարիթմի միջինը և ստանդարտ շեղումը

Լոգնորմալ բաշխման խտության ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը (տես [19])՝

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{եթե } x \leq 0 \\ \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}, & \text{եթե } x > 0 \end{cases} :$$

Ստորև ներկայացված Աղյուսակ 6-ում՝ ներկայացված են լոգնորմալ բաշխման պարամետրերը նմուշի լայնույթի համար, դրանք են՝ $\mu = -4.5, \sigma = 0.59$.

-	estimate	Std. Error
meanlog	-4.5883944	0.011707233
sdlog	0.5936156	0.008278158

Աղյուսակ 6. լրգնորմալ բաշխման պարամետրերը նմուշի լայնույթի համար:

Այսպիսով, կարող ենք ձևակերպել թեորեմ՝ նմուշի լայնույթի բաշխման ֆունկցիայի վերաբերյալ:

Թեորեմ 2.2: Եթե (X_1, X_2, \dots, X_n) -ը n անկախ և միատեսակ բաշխված պատահական մեծություններից կազմված նմուշ է և $U = \max(X_1, X_2, \dots, X_n)$, $V = \min(X_1, X_2, \dots, X_n)$ և $R = U - V$ նմուշի լայնույթն է, ապա ամենալավ ենթադրությունը R -ի բաշխման ֆունկցիայի մասին՝ լրգնորմալ բաշխումն է $\mu = -4.5, \sigma = 0.59$ պարամետրերով:

Դիտարկենք մի այսպիսի հակադարձ խնդիր՝ ստանանք նմուշի բաշխման ֆունկցիան այն դեպքում, երբ ունենք նմուշի մաքսիմումների և մինիմումների բաշխման ֆունկցիաները և պարամետրերը: Այս մոտեցումը նոր է, բոլոր գրականություններում դիտարկվում է խնդիր՝ ունենալով նմուշի բաշխման ֆունկցիան, գտնել դրա մաքսիմումների և մինիմումների բաշխումը, սակայն մեր առաջարկած մոտեցումը հնարավորություն է տալիս կրճատել դիտարկվող նմուշի ծավալները՝ դիտարկումները կատարելով միայն դրանց մաքսիմումներով և մինիմումներով:

Մաքսիմումի դեպքում՝ օգտագործելով (2) և (4) հավասարությունները՝ կստանանք նմուշի բաշխման ֆունկցիայի տեսքը.

$$F(x) = \sqrt[n]{G_U(x; \alpha, \beta)} = \sqrt[n]{\frac{1}{1 + \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{-\beta}}},$$

որտեղ $x > 0, \alpha > 0, \beta > 0$:

Այս պարագայում եկեք դիտարկենք Դագումի բաշխումը (տես [20],[21]): Այն անվանվել է Կամիլո Դագումի անունով, ունի 3 պարամետր, և երբ որ այդ պարամետրերից մեկը հավասար է 1, այս դեպքում ստացվում է լրիվ նույն լոգ-լոգիստիկ բաշխումը (տես [22],[23],[24],[25]):

Դագումի բաշխման ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը՝

$$F(x; \alpha, \beta, p) = \begin{cases} 0, & \text{եթե } x \leq 0 \\ \left(1 + \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{-\beta}\right)^{-p}, & \text{եթե } x > 0 \end{cases},$$

որտեղ $\alpha > 0, \beta > 0, p > 0$:

Հետևաբար, n-րդ աստիճանի արմատը բաշխման ֆունկցիայից, նույն բաշխումն է, սակայն այլ պարամետրով.

$$\sqrt[n]{F(x; \alpha, \beta, p)} = \left(1 + \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{-\beta}\right)^{\frac{-p}{n}} = F(x; \alpha, \beta, p/n):$$

Այսպիսով՝ կարող ենք պնդել, որ նմուշի մաքսիմումի ֆունկցիան ունի Դագումի բաշխում $\alpha = 0.47, \beta = 6.8, p = 1/n$ պարամետրերով, համապատասխանաբար նմուշը ևս կունենա Դագումի բաշխում, սակայն $\alpha = 0.47, \beta = 6.8, p = 1$ պարամետրերով:

$$\begin{aligned} F(x) &= \sqrt[n]{G_U(x; \alpha, \beta, p)} = G_U(x; \alpha, \beta, p/n) = \left(1 + \left(\frac{x}{0.47}\right)^{-6.8}\right)^{-\frac{1}{n}} \\ &= \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{x}{0.47}\right)^{-6.8}\right)^{\frac{1}{n}}}: \end{aligned} \tag{5}$$

Ստանանք նմուշի բաշխումն՝ ունենալով մինիմումի բաշխման ֆունկցիան և պարամետրերը: Օգտագործելով (3) և (4) հավասարությունները՝ կստանանք նմուշի բաշխման ֆունկցիայի տեսքը.

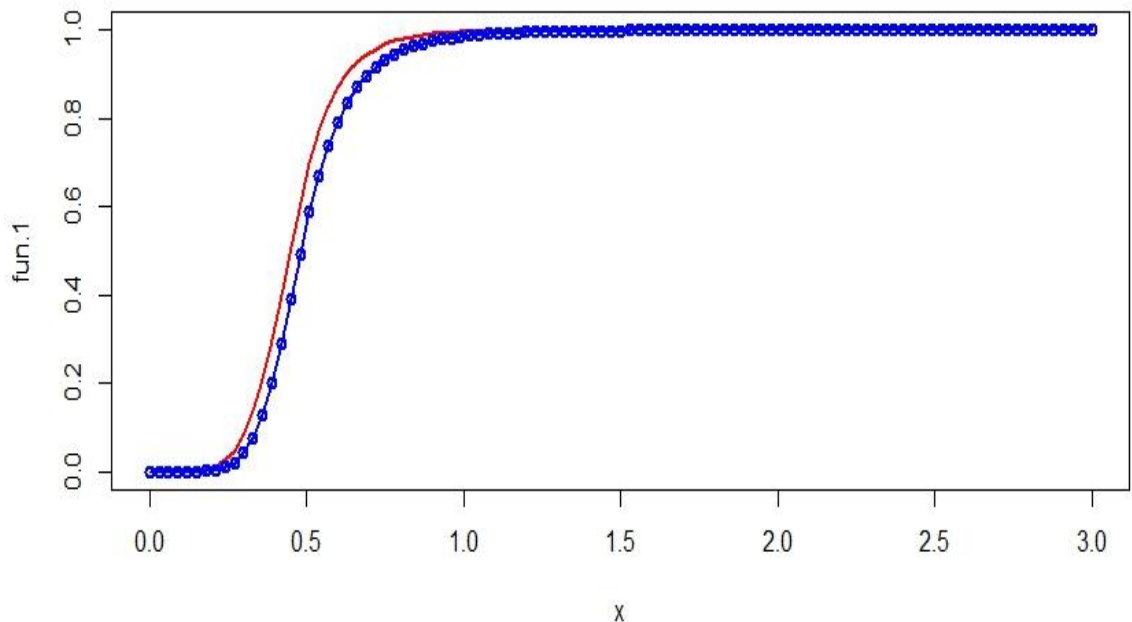
$$F(x) = 1 - \sqrt[n]{1 - G_V(x; \alpha, \beta)} = 1 - \sqrt[n]{1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{-\beta}}} :$$

Ունենալով, որ $\alpha = 0.46$, $\beta = 6.82$ ՝ բաշխման ֆունկցիան կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$F(x) = 1 - \left(1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{0.46}\right)^{-6.82}}\right)^{\frac{1}{n}} : \quad (6)$$

Հասկանալու համար, թե որքան լավն է մեր ստացված արդյունքը՝ պետք է համեմատել (5) և (6) և տեսնել արդյո՞ք մոտ են դրանք, թե ոչ:

Գծապատկեր 5-ը ցույց է տալիս, որ տարբերությունը չնչին է:



Գծապատկեր 5. Երկու մեթոդներով ստացված նմուշի բաշխման ֆունկցիաների տարբերությունը:

Ստացված արդյունքները ստուգելու համար կարող ենք տեսնել, արդյոք նմուշի լայնույթի մաթեմատիկական սպասումը հավասար է նմուշի մաքսիմումի և մինիմումի տարբերության մաթեմատիկական ֆունկցիային.

$$R = U - V \Rightarrow E(R) = E(U - V) = E(U) - E(V):$$

Նմուշի մաքսիմումը և մինիմումը ունեն լոգ-լոգիստիկ բաշխման ֆունկցիա, հետևաբար դրանց մաթեմատիկական սպասումները կլինեն (տես [26],[27])՝

$$E(U) = \alpha_U B(1 - 1/\beta_U, 1 + 1/\beta_U) = \alpha_U \frac{\pi/\beta_U}{\sin(\pi/\beta_U)} = 0.47 \frac{0.461}{0.445} = 0.49,$$

$$E(V) = \alpha_V B(1 - 1/\beta_V, 1 + 1/\beta_V) = \alpha_V \frac{\pi/\beta_V}{\sin(\pi/\beta_V)} = 0.46 \frac{0.460}{0.444} = 0.48,$$

$$E(U) - E(V) = 0.49 - 0.48 = 0.01:$$

Ունենք, որ մաքսիմումի և մինիմումի տարբերության մաթեմատիկական սպասումը, որը նույնն է ինչ դրանց մաթեմատիկական սպասումների տարբերությունը հավասար է 0,01:

Հաջորդիվ, դիտարկենք նմուշի լայնույթը, այն ունի լոգնորմալ բաշխում, հետևաբար դրա մաթեմատիկական սպասումը կլինի (տես [28],[29],[30],[31])՝

$$E(R) = e^{\mu + \sigma^2/2} = e^{-4.5 + 0.59^2/2} = e^{-4.33} = 0.013 \sim 0.01:$$

Տեսանք, որ նմուշի լայնույթի մաթեմատիկական բաշխումը ևս հավասար է 0,01:

Այս գլխում մեր նպատակն էր տեսնել, թե ինչ բաշխում ունեն ֆյուչերսների գների մաքսիմումները, մինիմումները և լայնույթը: Մենք վերցրեցինք գազի ֆյուչերսների գների մեծ նմուշ 10 տարվա հորիզոնով, և մոտարկեցինք որոշ բաշխումներ՝ տեսնելու համար թե որն է ավելի մոտ տվյալներին:

Արդյունքում՝ ստացանք, որ.

- գազի ֆյուչերսների գների մաքսիմումների և մինիմումների նմուշերն ունեն լոգ-լոգիստիկ բաշխման ֆունկցիա այն գործակիցներով, որոնք տրված են Թեորեմ 2.1-ում,
- գազի ֆյուչերսների գների լայնույթն ունի լոգնորմալ բաշխում այն գործակիցներով, որոնք տրված են Թեորեմ 2.2-ում:
- ունենալով նմուշի միայն մաքսիմումների և մինիմումների բաշխման ֆունկցիաները՝ կարող ենք ստանալ հենց նմուշի բաշխման ֆունկցիան:

ԳԼՈՒԽ III. ԸՆԹԱՑԻԿ ԵՎ ՕՐ-ԱՌԱՋ ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՇՈՒԿԱՆԵՐ

ՓԶՄ-ը (Փենսիլվանիա - Նյու Ջերսի - Մերիլենդ) և ՍՓՓ-ն (Հարավ-արևմտյան Էներգաբլոկ) Ամերիկայի Միացյալ Նահանգներում տարածաշրջանային փոխանցման կազմակերպություններ են: Այս գլխում կհետազոտենք այդ խոշոր շուկաները:

ՓԶՄ-ի գլխամասը գտնվում է Փենսիլվանիայում, այն աշխարհի ամենամեծ էլեկտրաէներգիայի շուկաներից է (տես [32]):

2004 թվականից ՍՓՓ-ն ստացել է լիցենզիա և դարձել է շատ մեծ և հզոր էլեկտրաէներգիայի շուկա: ՍՓՓ-ն մատակարարում է էլեկտրաէներգիա 14 նահանգներում, դրանք են՝ Արկանզասը, Լովան, Կանզասը, Լուիզիանան, Մինեսոտան, Միսուրին, Մոնտանան, Նեբրասկան, Նոր Մեքսիկոն, Հյուսիսային Դակոտան, Օկլահոման: Հարավային Դակոտան, Տեխասը և Յոմինգը (տես [33]):

Վիրտուալ գործարքները ՓԶՄ և ՍՓՓ շուկաներում հանդիսանում են աճուրդային գործարքներ: Գոյություն ունեն «ընթացիկ» և «օր-առաջ» շուկաներ, որոնց աճուրդին հնարավոր է մասնակցել և շահելու դեպքում՝ գնել էլեկտրաէներգիա՝ հաղթած արժեքով: Վիրտուալ գործարքները երկկողմանի շուկայի արժեքավոր բաղադրիչներն են: Նրանք ունակ են մեղմացնել ինչպես մատակարարի, այնպես էլ պահանջարկի շուկայական հզորությունը՝ շուկայական մասնակիցներին թույլ տալով, առանց ֆիզիկական ակտիվների, մրցակցել ակտիվների սեփականատերերի շուկայում (տես [34]):

Շուկայի բոլոր մասնակիցներն ունեն «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գները՝ ժամային հաճախականությամբ: Այս գլխում վերցնում ենք «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գների մի մեծ նմուշ և փորձում տեսնել, թե ինչ բաշխում ունեն

«ընթացիկ» գների եկամտաբերությունները: Այնուհետև կատարում ենք ռեգրեսիա «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գների միջև՝ տեսնելու, թե ինչպես են դրանք կապված միմյանց հետ:

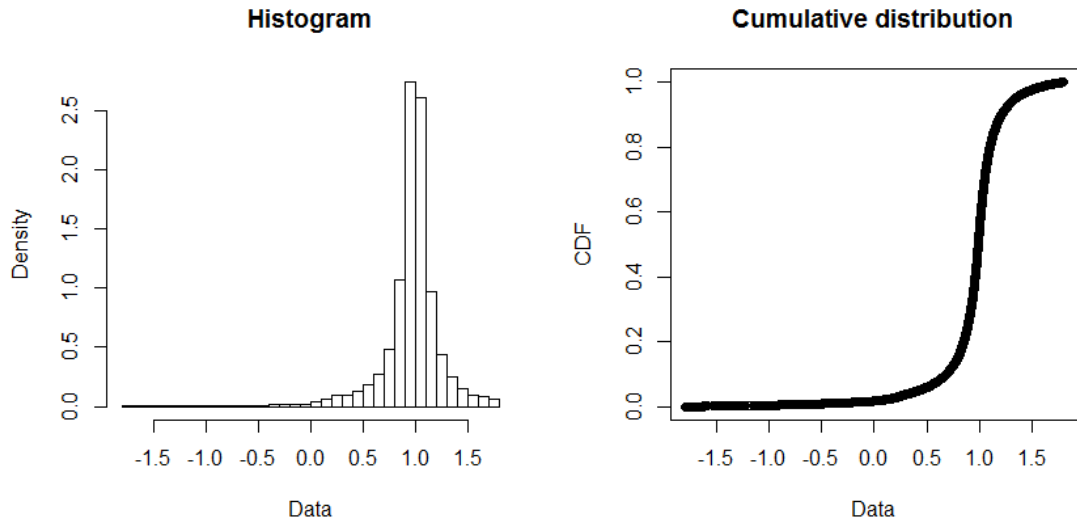
Որից հետո վերցնում ենք «ընթացիկ» գների մի մասը և օգտագործելով մեր ռեգրեսիոն գործակիցները՝ կանխատեսում ենք «ընթացիկ» գների մյուս մասը և համեմատում տրված գների հետ՝ տեսնելու, արդյոք մոտ ենք կանխատեսել գները և կարող ենք մասնակցել աճուրդին՝ ճիշտ գին առաջարկելով:

3.1. Ընթացիկ շուկաներ

Որպեսզի հետազոտենք «ընթացիկ» շուկան, վերցրել ենք ՍՓՓ շուկայում տրված «ընթացիկ» գները՝ ժամանակային հաճախականությամբ, ստեղծել ենք այդ գների միջիններից ինդեքս: Ընդհանուր առմամբ վերցրել ենք 34983 գին, որոնք այդ շուկայի ամենախոշոր էլեկտրաէներգիա վաճառող կետերն են, դրանք են՝ “COFFEYVILLE”, “BUFFALO DUNES WIND”, “CANADIAN HILLS”, “CANEY RIVER WINDPOWER” և “BLUE CANYON” կազմակերպությունները (տես Հավելված 4):

Ինդեքսի գներից հանենք էքստրեմալ արժեքները, որոնք շատ քիչ են, սակայն կարող են շեղել մեզ շուկայի իրական պատկերից, քանի որ վերցրել ենք 4 տարվա տվյալներ և այդ տարիների ընթացքում հնարավոր է լինեն ինչ-որ պահին էքստրեմալ արժեքներ, որոնք չունեն կրկնվող բնույթ և մոդելում կարելի է դրանց հաշվի չառնել: Հեռացվել է մոտ 1000 արժեք:

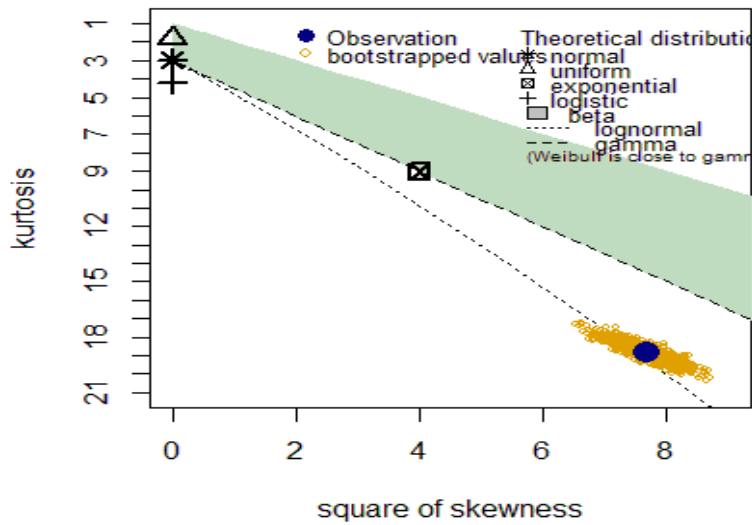
Հիմա վերցնենք այդ ինդեքսի գների եկամտաբերությունները և «Առ» ծրագրավորման փաթեթով տեսնենք, թե ինչ բաշխման ֆունկցիա կարելի է մոտարկել այդ եկամտաբերությունների նմուշին (տես Հավելված 5):



Գծապատկեր 6. ինդեքսի գների եկամտաբերությունների խտության և բաշխման ֆունկցիաները:

Գծապատկեր 6-ում պատկերված են մեր ստեղծած ինդեքսի գների եկամտաբերությունների խտության ֆունկցիայի հիստոգրամը և բաշխման ֆունկցիայի գրաֆիկը: Քուլենի և Ֆրեյի գրաֆի միջոցով տեսնենք, թե որ բաշխման ֆունկցիային է պատկանում մեր կողմից դիտարկվող նմուշը: Ստորև՝ Գծապատկեր 7-ում, երևում է, որ մեր տվյալների բաշխման ֆունկցիան ընկնում է շատ մոտ լոգնորմալ բաշխմանը, նաև բուտստրապ արժեքներն են բավականին խիտ տեղաբաշխված, հետևաբար արդյունքը արժեքավոր է: Մեր տվյալներում կան նաև բացասական արժեքներ, սակայն նրանց կշիռը այնքան փոքր է ամբողջի մեջ, որ չի հեռացնում ֆունկցիայի բաշխումը լոգնորմալից:

Cullen and Frey graph



Գծապատկեր 7. Քուլենի և Ֆրեյի գրաֆ:

Եկեք մեր տվյալներին մոտարկենք ավելի լայն բաշխումների ընտանիք՝ Պիրսոնի բաշխումը և «Առ» ծրագրավորման փաթեթով տեսնենք, արդյոք մեր տվյալները պատկանում են այդ ընտանիքին թե ոչ (տես [35],[36]):

\$type
[1] 6
\$a
[1] 1.427691
\$b
[1] 8.054372
\$location
[1] 1.276112
\$scale
[1] -1.599713

Աղյուսակ 7. Պիրսոնի բաշխման մոտարկման արդյունքները:

Աղյուսակ 7-ից երևում է, որ մեր տվյալները պատկանում են Պիրսոնի բաշխման 6-րդ դասին հետևյալ պարամետրերով՝ $\alpha_1 = 1.43, \alpha_2 = 8.05, \gamma = 1.28, \beta = -1.60$:

Պիրսոնի բաշխման 6-րդ դասի բաշխման ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը՝

$$F(x) = I_{(x-\gamma)/(x-\gamma+\beta)}(\alpha_1, \alpha_2), \quad (7)$$

Իսկ խտության ֆունկցիան՝

$$f(x) = \frac{((x - \gamma)/\beta)^{\alpha_1 - 1}}{\beta B(\alpha_1, \alpha_2)(1 + (x - \gamma)/\beta)^{\alpha_1 + \alpha_2}}, \quad (8)$$

որտեղ B -ն Բետա ֆունկցիան է, և I_z -ը՝ կանոնակարգված թերի Բետա ֆունկցիան: Եվ ունենք հետևյալ պարամետրերը՝

$\alpha_1 > 0, \alpha_2 > 0$ – շարունակական ուրվագծային պարամետրեր,

β – շարունակական մասշտաբային պարամետր,

γ – շարունակական տեղորոշման պարամետր:

Օգտագործենք ստացված պարամետրերը (8)-րդ հավասարման մեջ և արդյունքում կստանանք այսպիսի խտության ֆունկցիայի տեսք, ՍՓՓ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերությունների համար՝

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{((x - 1.28)/(-1.60))^{1.43-1}}{(-1.60) B(1.43, 8.05)(1 + (x - 1.28)/(-1.60))^{1.43+8.05}} \\ &= \frac{62.5(x - 1.28)^{0.43}}{B(1.43, 8.05)(x - 2.88)^{9.48}} : \end{aligned} \quad (9)$$

Եվ օգտագործելով ստացված պարամետրերը (7)-րդ հավասարման մեջ՝ կստանանք այսպիսի բաշխման ֆունկցիայի տեսք, ՍՓՓ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերությունների համար՝

$$F(x) = I_{(x-1.28)/(x-1.28-1.60)}(1.43,8.05) = \frac{B_{(x-1.28)/(x-2.88)}(1.43,8.05)}{B(1.43,8.05)} : \quad (10)$$

Այսպիսով՝ կարող ենք ձևակերպել թեորեմ ՍՓՓ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերությունների վերաբերյալ:

Թեորեմ 3.1.1: ՍՓՓ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերություններն ունեն Պիրսոնի 6-րդ դասի բաշխում $\alpha_1 = 1.43, \alpha_2 = 8.05, \gamma = 1.28, \beta = -1.60$ պարամետրերով: Եվ դրանց խտության ֆունկցիան և բաշխման ֆունկցիան ունեն համապատասխանաբար (9) և (10) տեսքը:

Կատարենք վերը նշված գործողությունները ՓԶՄ շուկաների դեպքում: Այստեղ վերցրել ենք 45000 տվյալ, նույն նախորդի տրամաբանությամբ ձևավորել ենք ինդեքս և «Առ» ծրագրավորման համակարգով մոտարկենք Պիրսոնի բաշխումը:

\$type
[1] 4
\$m
[1] 2.808495
\$nu
[1] 0.6873922
\$location
[1] 1.05739
\$scale
[1] 0.3300014

Աղյուսակ 8. Պիրսոնի բաշխման մոտարկման արդյունքները:

Աղյուսակ 8-ից երևում է, որ մեր տվյալները պատկանում են Պիրսոնի բաշխման 4-րդ դասին հետևյալ պարամետրերով՝ $m = 4, v = 2.81, a = 1.06, \lambda = 0.33$:

Պիրսոնի բաշխման 4-րդ դասի խտության ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը՝

$$f(x)dx = k \left[1 + \left(\frac{x - \lambda}{a} \right)^2 \right]^{-m} \exp \left[-v \tan^{-1} \left(\frac{x - \lambda}{a} \right) \right] dx,$$

որտեղ m, v, a և λ իրական-արժեք պարամետրեր են $-\infty < x < +\infty$ (k -ն նորմալիզացիայի հաստատունն է, որը կախված է m, v և a -ից) (տես [37]):

Ձևակերպենք հաջորդ թեորեմը ՓԶՄ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերությունների վերաբերյալ:

Թեորեմ 3.1.2: ՓԶՄ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերություններն ունեն Պիրսոնի 4-րդ դասի բաշխում $m = 4, v = 2.81, a = 1.06, \lambda = 0.33$ պարամետրերով:

3.2. Օր-առաջ շուկաներ

Այս ենթազվիում կտեսնենք թե ինչպես են միմյանց հետ փոխկապակցված «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գները ՓԶՄ և ՍՓՓ էլեկտրաէներգիաների շուկաներում և կկատարենք «ընթացիկ» գների կանխատեսում՝ ունենալով շուկայի «օր-առաջ» գները: Այդ կանխատեսումը կատարելու համար կվերցնենք «ընթացիկ» գների մի մասը, կկատարենք ռեգրեսիա այդ գների և «օր-առաջ» գների միջև, հետո օգտվելով ռեգրեսիայի արդյունքներից կկանխատեսենք

«ընթացիկ» գների մյուս մասը: Այնուհետև կհամեմատենք ստացված կանխատեսումները մեր ունեցած տվյալների հետ, ստուգելու համար արդյունքի արժեքավորությունը (տես Հավելված 6):

Նախ՝ կատարենք որոշ նշանակումներ.

a - 2/3-րդ մասը «օր-առաջ» գների,

b - 2/3-րդ մասը «ընթացիկ» գների,

a_0 - մյուս 1/3-րդ մասը «օր-առաջ» գների,

b_0 - մյուս 1/3-րդ մասը «ընթացիկ» գների:

Կատարենք ռեգրեսիա b -ի և a -ի միջև ($b = \alpha + \beta a + \varepsilon$) և՛ ՍՓՓ, և՛ ՓԶՄ շուկաների դեպքում:

Residuals				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-371.8	-4.79	-1.27	1.02	1231.15
Coefficients				
Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	-
2.3567	0.4056	5.81	6.33E-09	***
0.86172	0.01346	64.04	< 2e-16	***
Residual standard error: 24.51 on 19998 degrees of freedom				
Multiple R-squared		Adjusted R-squared		
0.1702		0.1701		
F-statistic: 4101 on 1 and 19998 DF.			p-value	< 2.2e-16

Աղյուսակ 9. ՍՓՓ շուկաների դեպքում կատարված ռեգրեսիայի ամփոփում:

Residuals				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-623.68	-5.34	-2.97	-0.27	1561.71
Coefficients				
Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	-
7.504663	0.282956	26.52	< 2e-16	***
0.786027	0.005795	135.63	< 2e-16	***
Residual standard error: 30.82 on 29998 degrees of freedom				
Multiple R-squared		Adjusted R-squared		
0.3801		0.3801		
F-statistic: 1.839e+04 on 1 and 29998 DF.			p-value	< 2.2e-16

Աղյուսակ 10. ՓՋՄ շուկաների դեպքում կատարված ռեգրեսիայի ամփոփում:

Աղյուսակ 9-ում և 10-ում պատկերված են ռեգրեսիաների ամփոփումները, այդտեղից վերցնենք ռեգրեսիաների գործակիցները և ուշադրություն դարձնենք, որ «p-value»-ն շատ ավելի փոքր է քան 0.05, հետևաբար կարող ենք հակադարձել զրո հիպոթեզը՝ $\beta = 0$ ։ Այսպիսով կարող ենք պնդել, որ նշանակալի կապ կա մեր 2 փոփոխականների միջև:

Օգտագործելով ռեգրեսիաներից ստացված, վերը նշված գործակիցները՝ կանխատեսենք «ընթացիկ» գների մյուս 1/3-րդ մասը:

Նշանակենք՝

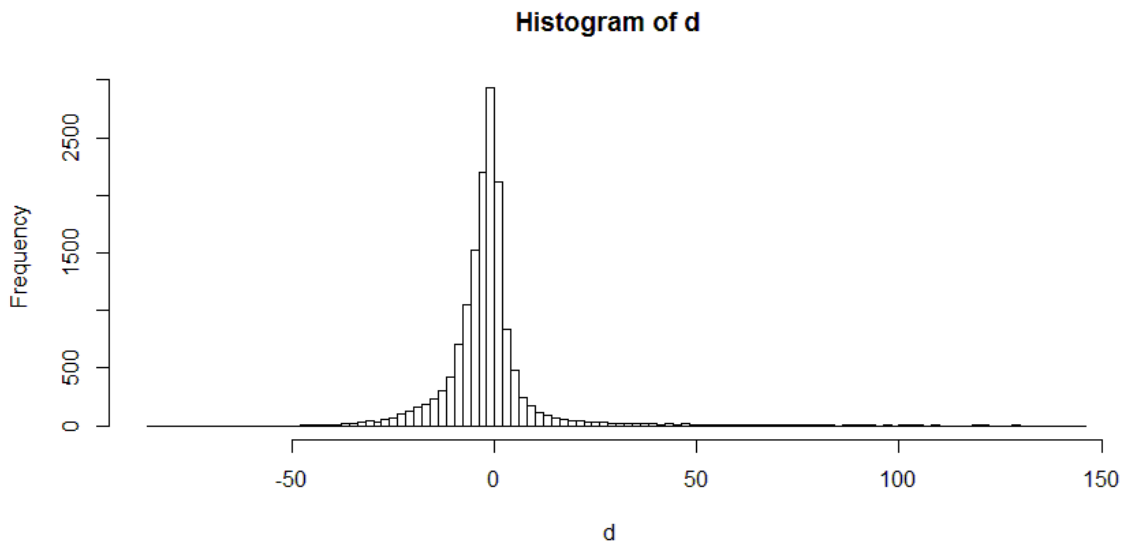
p – «ընթացիկ» գների կանխատեսված 1/3-րդ մասը,

d – կանխատեսված և իրական գների տարբերությունը ՍՓՓ շուկաներում,

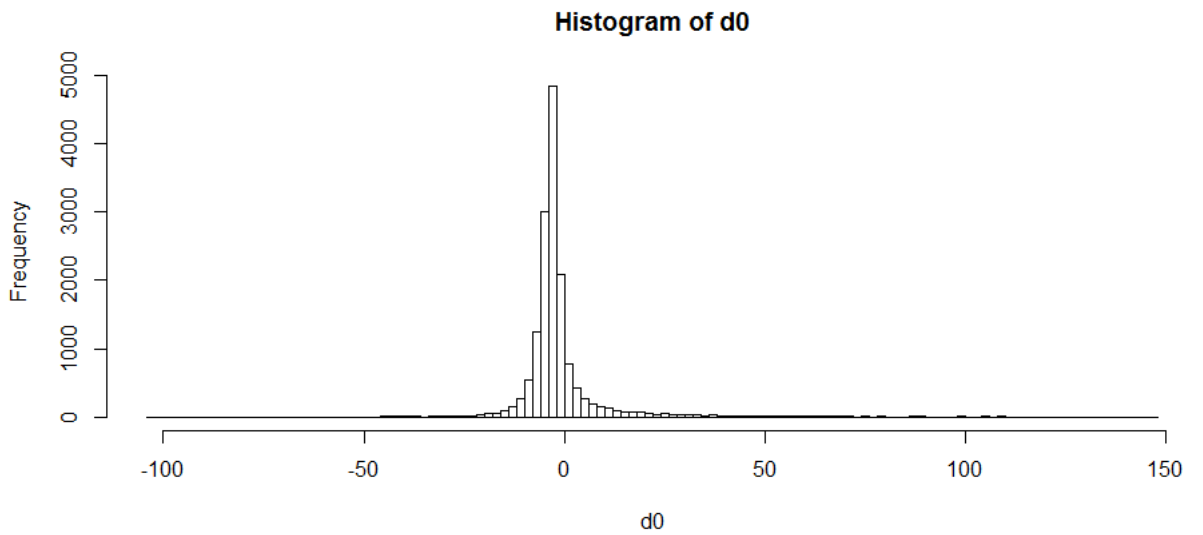
d_0 – կանխատեսված և իրական գների տարբերությունը ՓՋՄ շուկաներում:

$$p = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \cdot a_0,$$

$$d = b_0 - p .$$



Գծապատկեր 8. կանխատեսված և իրական գների տարբերության հիստոգրամը ՍՓՓ շուկաներում:



Գծապատկեր 9. կանխատեսված և իրական գների տարբերության հիստոգրամը ՓԶՄ շուկաներում

Գծապատկեր 8-ում և 9-ում պատկերված հիստոգրամներից երևում է, որ կանխատեսված և իրական գների տարբերությունը և՛ ՍՓՓ, և՛ ՓԶՄ շուկաներում ունեն նորմալ բաշխում: Համապատասխանաբար ստորև՝ Աղյուսակ 11-ում և 12-ում, պատկերված են այդ տարբերությունների նորմալ բաշխման գործակիցները:

-	estimate	Std. Error
mean	-1.098458	0.1483830
sd	18.162835	0.1049227

Աղյուսակ 11. ՍՓՓ շուկաներում կանխատեսված և իրական գների տարբերության բաշխման գործակիցները:

-	estimate	Std. Error
mean	-1.283515	0.09668075
sd	11.978273	0.06836361

Աղյուսակ 12. ՓԶՄ շուկաներում կանխատեսված և իրական գների տարբերության բաշխման գործակիցները:

Տարբերությունների միջինները՝ ՍՓՓ շուկաներում -1,0985 է, իսկ ՓԶՄ շուկաներում՝ -1,1235, այսինքն՝ ստացված արդյունքները լավն են, մեր կանխատեսումների նմուշը շատ մոտ է իրական գների նմուշին՝ մոտ 1 միավորի չափով փոքր լինելով, և այդ կանխատեսված նմուշը կարելի է կիրառել աճուրդներին մասնակցելու ժամանակ:

Քանի որ շուկայի բոլոր մասնակիցները տիրապետում են այս բոլոր տվյալներին, ապա էլեկտրաէներգիա գնողն այս մեթոդի շնորհիվ կարող է մեկ օր առաջ՝ ունենալով «օր-առաջ» գինը և օգտվելով մեր ստացած գործակիցները՝ կանխատեսել հաջորդ օրվա համար գին՝ «ընթացիկ» գին, և մասնակցել աճուրդին, հաշվի առնելով այդ կանխատեսումը, որպեսզի կարողանա հնարավորինս էժան ձեռք բերել էլեկտրաէներգիա:

ԳԼՈՒԽ IV. ԳՈՐԾԱՐՔՆԵՐԻ ԱՄԲՈՂՋԱԿԱՆ ՊԱՀԱՆՋՆԵՐԻ ՄՈԴԵԼԸ

Այս գլխում նկարագրվում է գործարքների ամբողջական պահանջների մոդելը էլեկտրաէներգիաների շուկաներում:

Ամբողջական պահանջի գործարքի պայմաններում էներգիայի վաճառողը ներառում է պայմանագրային պարտադիր պարտավորություն՝ հաճախորդի պահանջները բավարարելու համար (սովորաբար կապված էներգիայի սպառման հետ), նախապես սահմանված սահմաններում: Վերին կամ ստորին սահմանները կարող են հեռացվել կամ կարող են այնքան լայն լինել, որ էլեկտրաէներգիա վաճառողը կարող է պարտավորվել ներգրավել ամբողջ սպառողական ռիսկը՝ կապված հաճախորդի էներգիայի օգտագործման տատանումների հետ:

Ամբողջական պահանջների գործարքները կարող են ներառել հաճախորդի էներգետիկ ակտիվների պորտֆելի կառավարումը (ֆիզիկական ակտիվության ակտիվներ, վառելիքի պահեստներ, վառելիքի ձեռքբերում և փոխադրման պայմանագրեր և այլն): Պայմանագրային պարտավորությունները նախատեսում են ֆիքսված (անընդհատ կամ փոփոխական) պայմանագրային գներ, հանրային հասանելի ապրանքային ինդեքսների հիման վրա լողացող գներ, բանաձևի վրա հիմնված գներ, որոնք վերաբերում են այլ փոփոխականներին, ինչպիսիք են էներգիայի գները, օգտագործման ծավալները, շրջակա միջավայրի փոփոխականները, ինչպիսիք են ջերմաստիճանը կամ համադրությունը բոլոր վերոհիշյալ մոտեցումներից:

4.1. Էլեկտրաէներգիայի շուկաներում գործարքների ամբողջական պահանջների գների հաշվարկումը

Ամբողջական պահանջների գործարքների գների հաշվարկումը շատ բարդ է: Կան մի քանի պատճառներ, թե ինչու է դա այդպես:

1. Նման գործարքների գնահատման համար ընդունված արդյունաբերական ստանդարտներ չկան և ակադեմիական հետազոտությունների հստակ ուղեցույցներ ևս չկան:
2. Ամբողջական պահանջների գործարքների մեծ մասը «ծնծաղիկներ» են. յուրաքանչյուր գործարքը ձգտում է լինել յուրովի և նույնիսկ, եթե կան որոշակի կրկնվող գործարքներ, գների հաշվարկները տեղի են ունենում տարբեր, կանոնակարգային և շուկայական պայմաններում: Սա նշանակում է, որ շատ դժվար է զարգացնել ծրագրային համակարգերը, որոնք կարող են տեղաբաշխել գործարքների բոլոր տեսակները:
3. Ամբողջական պահանջների գործարքների գների հաշվարկումը չի կարող ենթադրել հեջավորման կոնկրետ ռազմավարություն, իսկ վերջինս, իր հերթին, կախված է էներգիայի մարքեթինգի միավորի ետևում առևտրային գործողության հմտությունների և ծավալների վրա: Միևնույն պայմանագրի համար մրցակցող երկու ընկերությունները կարող են տարբեր կերպով գին վճարել, քանի որ նրանք ունեն անհավասար մրցակցային շուկա և տարբեր հմտությունների մակարդակով առևտրականներ: Նման պայմանագրեր առաջարկող շատ էներգիայի շուկաներ, երբեմն, որոշակի պահից հետո չեն հեջավորում վնասները կամ անում են

կեղտոտ հեջեր, ինչպիսիք են, օրինակ, բնական գազի դիրքում փոխարժեքի փոխանակումը (շուկայական գներով) կամ օգտագործում են ՓԶՄ շուկան որպես դիրքերի փոխհատուցում: Լրացուցիչ բարդություն ծագում է այն հանգամանքից, որ երկու ընկերությունները կարող են ունենալ ֆորային գների մակարդակի տարբեր ընկալումներ, հաշվի առնելով էներգետիկ շուկաների անփառունակ բնույթը, հատկապես ավելի երկար ժամկետների համար: Ի վերջո, հաշվի առնելով էներգետիկ շուկաների զարգացման ներկա մակարդակը, այդպիսի գործարքի գնման ներկայիս մոտեցումները չեն բերում եզակի գնահատումներ:

Գործարքների գնահատման երկու պարադիգմեր: Ակադեմիական հետազոտությունները և արդյունաբերական պրակտիկան մշակվել են բարդ պայմանագրերի գնահատման մեջ օգտագործվող երկու հիմնական պարադիգմերը: Ֆինանսական մոտեցումը օգտագործում է գնի գնանշման տեխնոլոգիա՝ ելնելով այսպես կոչված ռիսկի չեզոք գնահատման վրա: Այս մոտեցման հիմքում ընկած ամենակարևոր ենթադրությունն այն է, որ շտկող պորտֆելի ստեղծելու ունակությունը կարճ ժամանակում վերացնում է ածանցյալի հետ կապված շուկայական ռիսկը: Այս մոտեցումը, որը ստեղծվել է Բլեք Շոուլզի կողմից և պահանջում է ամբողջական շուկաների գոյություն: Ամբողջական շուկան ունի հետևյալ երկու հատկանիշները.

1. պայմանագիրը կարող է ներկայացվել որպես կառուցվող բլոկների (այլ վաճառվող արժեթղթերի) գծային համադրություն,
2. որոնք շուկայում ունեն յուրահատուկ գներ:

Եթե դա այդպես է, կարելի է բարդ պայմանագրի յուրահատուկ գին ունենալ: Եթե շուկաները թերի են, չի կարող որոշվել բարդ ակտիվի յուրահատուկ գին, առանց որոշումների կայացնողների նախասիրությունների մասին լրացուցիչ տեղեկություններ ստանալու:

Երկրորդ մոտեցումը կարելի է անվանել ապահովագրական պարադիգմ: Համապարփակ պայմանագրերի գնահատման ապահովագրական մոտեցմամբ, անավարտ շուկաների պայմաններում, չկա եզակի գին: Գինը բավականին բարձր է, որպեսզի վաճառողներին ներգրավեն և բավականաչափ ցածր՝ գնորդներ գայթակղելու համար: X պայմանագրի գինը տրվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Price(X) = E(X) + \delta \times R,$$

որտեղ E -ն նշանակում է պայմանագրի ակնկալվող արժեքն ըստ փորձագիտական (ակտուարական) հավանականության չափման, R -ը ռիսկի գնահատականն է, δ -ն պայմանագրի ստեղծողի կողմից պահանջվող ռիսկի ընդունման համար գանձումն է: Քվանտի դերը բաղկացած է գործարքների ակնկալվող արժեքի վերաբերյալ հայտարարություններով և ռիսկի գնահատմամբ: δ -ն նկարագրում է որոշում կայացնողների նախապատվությունները, նրանց ռիսկային ախորժակը կամ ռիսկի խառնաշփոթությունը: Այս գործակիցը արտացոլում է կազմակերպության կողմից պահանջվող լրացուցիչ մարժա՝ անկանխատեսելի ռիսկն ընդունելու: Ռիսկի գանձումը գործնականում որոշվում է որոշում կայացնողների տարբեր խմբերի միջև դիմակայության միջոցով և լավ կարող է օգնել նրանց գնահատել ռիսկի մեծության կարգը:

Էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի գործարքները ներկայացնում են հիբրիդային գործ: Գործող շուկաները թույլ են տալիս ներկա փուլում որոշակի

պայմանագրային ռիսկեր փոխանցել շուկայական գներով մյուս կողմին, բայց միևնույն ժամանակ շատ ռիսկեր պետք է պահվեն, ինչը նշանակում է, որ դրանք պետք է գնահատվեն և արտացոլվեն պայմանագրի գնի մեջ, որպես հավելավճարը սպասվող արժեքին: Ամենակարևոր ռիսկը կապված է օրական կամ օրական կտրվածքով հաճախորդի կողմից օգտագործվող էլեկտրաէներգիայի կամ բնական գազի ծավալների անորոշության հետ: Եթե շուկայի մասնակիցը գերակշռում է հեջը, այսինքն հաճախորդի կողմից պահանջվող փաստացի ծավալները ցածր են հեջի գումարից, որը հիմնվում է հաճախորդի բեռի ակնկալիքների վրա, ապա ավելցուկը պետք է դուրս գա շուկայում: Դա, ամենայն հավանականությամբ, տեղի կունենա, երբ շուկայի այլ մասնակիցների սպառումը նվազում է, և շուկայական գնի վրա կա ճնշում: Հակառակը տեղի է ունենում, երբ վաճառողը թերագնահատում է կարճաժամկետ հաճախորդի պահանջարկը: Այլ կերպ ասած, վաճառողը ժամանակի մեծ մասը գտնվում է շուկայի սխալ կողմում՝ վաճառելով, երբ բոլորը վաճառում են, գնելով, երբ բոլորը գնում են: Այս ռիսկը ուժեղացնում է այն ժամանակ, երբ հեջերը սովորաբար դրվում են «օր-առաջ» շուկաներում և ճշգրտումներ կատարվում են «ընթացիկ» շուկայում, որը բնութագրվում է գների աճի ավելի մեծ հակումով, քան «օր-առաջ» շուկայում: Այս յուրահատուկ ռիսկը գործարքների համեմատաբար կարճ պատմության մեջ մեծ աղետների հիմնական պատճառն է:

ՊԵՊԿՈ գործարքների գնահատում: ՊԵՊԿՈ (Potomac Electric Power Company)-ի գործարքը գնահատելու համար օգտագործվող մոտեցումը հիմնված է այն ենթադրության վրա, որ և՛ «օր-առաջ» գները, և բեռնվածությունը ունեն

լոգնորմալ բաշխում: Սա նշանակում է, որ գների և բեռնվածության բնական լոգարիթմները ժամանակի T պահին ունեն նորմալ բաշխում:

$$\ln P_T \sim N\left(\ln P_0 + \left(\mu_P - \frac{\sigma_P^2}{2}\right)T, \sigma_P\sqrt{T}\right),$$

$$\ln L_T \sim N\left(\ln L_0 + \left(\mu_L - \frac{\sigma_L^2}{2}\right)T, \sigma_L\sqrt{T}\right),$$

որտեղ P_T -ն և L_T -ը, համապատասխանաբար, նշանակում են գները և բեռնվածությունը ժամանակի T պահին, μ -ն և σ -ն նշանակում են ակնթարթային դրիֆտ և տատանողականություն: Ապրանքի գների և բեռնվածության բնական լոգարիթմը հավասար է լոգարիթմների գումարին: Երկու նորմալ բաշխված պատահական մեծությունների գումարը ունի նորմալ բաշխում հետևյալ պարամետրերով՝

$$\ln(P_T \times L_T) = \ln P_T + \ln L_T \sim N\left(\begin{array}{c} \ln P_0 + \ln L_0 + \left(\mu_P - \frac{\sigma_P^2}{2}\right)T \\ + \left(\mu_L - \frac{\sigma_L^2}{2}\right)T, \sqrt{\sigma_P^2 T + 2\rho\sigma_P\sigma_L T + \sigma_L^2 T} \end{array}\right):$$

Լոգնորմալ բաշխման մաթեմատիկական սպասումը ունի հետևյալ տեսքը՝

$$E(X) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} :$$

Այս հավասարումը, նաև ենթադրելով, որ μ -ն հավասար է զրո (ստանդարտ ենթադրություն, ֆորվարդային պայմանագրերի համար), մեզ կտա գների և բեռնվածության սպասված արժեքը:

$$E(P_T \times L_T) = \exp \left\{ \ln(P_0 L_0) - \left(\frac{\sigma_P^2}{2} + \frac{\sigma_L^2}{2} \right) T + \frac{\sigma_P^2}{2} T + \rho \sigma_P \sigma_L T + \frac{\sigma_L^2}{2} \right\}$$

$$E(P_T \times L_T) = P_0 L_0 \exp\{\rho \sigma_P \sigma_L T\} : \quad (11)$$

Բանաձև (11)-ը օգտագործվում է արտահայտելու համար բեռնվածության սպասված գինը դրամային արտահայտությամբ (տես [38],[39]):

Սակայն այս մոդելը ունի մի քանի բացթողումներ:

1. Հիմնական ենթադրությունն այն է, որ կա միատարր ապրանք (այսինքն, էլեկտրականություն), որի շուկայական գները լավ են եղել և կարող են նկարագրվել ստանդարտ ստոխաստիկ գործընթացի միջոցով: Տիպիկ ամբողջական պահանջների գործարքով պահանջվում է ապահովել հետևյալ մասնագիտացված արտադրանքները՝ իրենց կոնկրետ շուկայական գներով, որոնք իրականացնում են վերջնական պայմանագրի արժեքը՝

- էներգիա,
- օժանդակ ծառայություններ,
- խցանվածություն,
- հզորություն,
- կորուստներ:

Այս մասնագիտացված ապրանքներից յուրաքանչյուրն ունի յուրահատուկ գների դինամիկա և պետք է կառավարվի յուրովի: Այս տարբեր տարրական գնային բաղադրիչները բաժանելով, օգնում են հետևել առանձին տարբեր պայմանագրերի կատարման վրա ազդող տարբեր վարորդներին և օգնում արդյունավետ ռիսկերի կառավարման: Բացի այդ, այս տարբեր ապրանքների սահմանումը

և գնումները տարբերվում են ըստ էներգիայի ավազանների: Ամբողջական պահանջների պայմանագրի ֆինանսական կատարումը մեծապես կախված է որքանով է լավը տարբեր ռիսկերի վերահսկելիության և հեջերի կատարման արդյունավետությունը: Հեջի բաղադրիչներից յուրաքանչյուրն ունի իր գների դինամիկան և դժվար է որոշել, թե որ բաղադրիչներն են ազդում գործարքի կատարման վրա, եթե այդ մասերը մանրամասն չեն բացահայտվում:

2. Գների և բեռնվածության ստաբիլացումը պետք է հետագայում ուսումնասիրվի: Գազաթնակետային գների փոփոխականությունը տարբերվում է ոչ գազաթնակետային գների փոփոխականությունից:
3. Դժվար է ֆիքսել տարբեր ծավալային վերին և ստորին սահմանների պայմանագրային դրույթները: Պայմանագրային գինը սովորական ամբողջական պահանջների գործարքով կիրառվում է միայն կանխատեսված ծավալային սահմաններում (սովորաբար մոտավորապես +/- 10% սպասվող ծավալից):
4. Գնահատումը պետք է իրականացվի երբեմն բազմակի գտնվելու վայրի մակարդակում, որտեղ հաճախորդը ստանում է էլեկտրաէներգիայի առաքում: Տարբեր ստացման կետերը կարող են տեղակայվել տարբեր գոտիներում և բեռի սպասարկման արժեքը կարող է տարբեր լինել գտնվելու վայրից կախված:

Այս բոլոր մեկնաբանությունները ցույց են տալիս, որ կա անհրաժեշտություն ավելի լավ ձև՝ բեռնվածության սպասարկման ծախսերը հաշվարկելու:

4.2. Ամբողջական պահանջների գործարքների գնահատում և ռիսկերի կառավարում

Այս ենթագլուխը սահմանում է ամբողջական ծառայությունների պահանջների (Full Service Requirement: FSR) պայմանագրերի ամրագրման և ռիսկերի կառավարման հետևողական մեթոդաբանությունը, ինչպես նաև բիզնեսի հաշվարկը (ֆիքսված էներգիայի գանձումը): Այն կառուցում է ինչպես անցյալում նմանատիպ պայմանագրերի նկատմամբ կիրառվող ամրագրման մոտեցման (կարճ շեղումների միջոցով ծավալային ռիսկի), այնպես էլ Ջոն Գավինի հոդվածի հիման վրա ներկայացված տեխնիկան՝ օգտագործելով դիտարկված գնային բեռնվածության փոխհարաբերությունը:

1. Ընդհանուր դիպարկումներ:

Դիտարկենք մի պորտֆել, որը բաղկացած է հետևյալ գործիքներով՝

- երկար ֆորվարդ պայմանագիր՝ ժամում H մեգավատ հոսանք մատակարարելու F ֆորվարդ գնով;
- երկար ստրիպ՝ n հատ քոլ օպցիոններից կազմված՝ $\{X_1, X_2\}$ սթրայքերով, որոնցից յուրաքանչյուրը տալիս է v մեգավատ էներգիա;
- երկար ստրիպ՝ m հատ փութ օպցիոններից կազմված՝ $\{Y_1, Y_2\}$ սթրայքերով, որոնցից յուրաքանչյուրը տալիս է u մեգավատ էներգիա;
- կարճ R դոլարային պարտատոմս (այսինքն՝ երկար R դոլարային կանխիկ):

Ենթագլխում ցույց կտանք, որ համապատասխան պարամետրեր ընտրելու դեպքում, որոշակի ենթադրությունների շնորհիվ դիտարկվող պորտֆելը սերտորեն արտացոլում է FSR պայմանագիրը: Հետևաբար, FSR պայմանագիրը կարող է նկարագրվել վերը թվարկված (ստանդարտ) գործիքներով, որի շնորհիվ դիսկերի կառավարումը դառնում է ուղղակի առաջադրանք: Ֆիքսված էներգիայի գանձումը կարող է որոշվել պորտֆելի արժեքը բաժանելով էներգախնայողության որոշ պահպանողական գնահատականների վրա:

2. Ենթադրություններ:

- Էլեկտրաէներգիայի պահանջարկը՝ ΔL -ը, և էներգիայի շուկայական սփոթ գինը՝ ΔP -ն, միմյանց հետ կոռելացված են՝

$$\Delta P = \beta \Delta L:$$

- Բեռնվածություն-գին կովարիացիան՝

$$Cov(L_i, P_i) \cong Cov(\langle L_i \rangle, \langle P_i \rangle):$$

- Բացառենք դիսկոնտ գործոնները:
- Անտեսենք գազաթնակետային և ոչ-գազաթնակետային ֆորվարդ գների տարբերությունները:

3. Մոդելը:

Դիտարկենք մեկ օրվա «շահույթ և կորուստը» (P&L) FSR պայմանագրի վաճառքի և պորտֆելի գնման կոմբինացիայից (տես [40],[41],[42]):

$$P\&L = \sum_{t=1}^N L_t(T - P_t) + \sum_{t=1}^N H_t(P_t - F_t) + v \sum_{i=1}^n (\bar{P} - X_i) + u \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{P}) + R, \quad (12)$$

որտեղ՝

L_t -ն էներգիայի պահանջարկն է ժամանակի t պահին,

T -ն էներգիայի ֆիքսված գանձումն է,

P_t -ն էներգիայի շուկայական արժեքն է ժամանակի t պահին,

F_t -ն էներգիայի ֆորվարդ գինն է ժամանակի t պահին,

H_t -ն էներգիայի այն քանակն է, որը ձեռք է բերվել այդ էներգիայի մատակարարման համար ժամանակի t պահին,

\bar{P} -ը էներգիայի օրական միջին գինն է,

$N = 24$:

Հավասարում (12)-ը կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ՝

$$\begin{aligned} P\&L &= N\overline{L(T - P)} + N\overline{H(P - F)} + v \sum_{i=1}^n (\bar{P} - X_i) + u \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{P}) + R \\ &= N\bar{L}T - N\bar{L}\bar{P} - NCov(L, P) + N\bar{H}(\bar{P} - \bar{F}) + NCov(H, P - F) \\ &\quad + v \sum_{i=1}^n (\bar{P} - X_i) + u \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{P}) + R, \end{aligned} \quad (13)$$

հաշվի առնելով, որ վերևի գծիկը նշանակում է օրական միջինը:

Կատարենք նաև հետևյալ նշանակումները՝

$$T = \bar{F} \equiv F,$$

$\bar{L} = \hat{L} + \Delta L$, որտեղ \hat{L} -ը նորմալ (սպասվելի) բեռնվածությունն է,

$$H \equiv \bar{H} = \hat{L},$$

$$\bar{P} = \bar{F} + \Delta P,$$

$$\Delta P = \beta \Delta L, \quad (14)$$

$$X_i = \bar{F} + \left(i - \frac{1}{2}\right) \Delta p_0,$$

$$\Delta p_0 = \beta e,$$

$$v = 2Ne,$$

և հստակության համար նշենք, որ $\Delta L > 0$, իսկ e -ն էներգաբլոկ է:

Օգտագործելով (14)-ը և սույն ենթազվիսի երկրորդ բաժնում կատարված ենթադրությունները՝ (13)-ը կլինի

$$P\&L = N(\hat{L} + \Delta L)F - N(\hat{L} + \Delta L)(F + \Delta P) - NCov(\langle L_i \rangle, \langle P_i \rangle) + N\hat{L}\Delta P + 2Ne\Delta p_0 \sum_{i=1}^K \left(i - \frac{1}{2}\right) + R: \quad (15)$$

Այստեղ $K = \frac{\Delta L}{e}$ և հետևաբար $\Delta P = \beta \Delta L = K \Delta p_0$:

Նշելով, որ $\sum_{i=1}^K \left(i - \frac{1}{2}\right) = \frac{K^2}{2}$ և ընտրելով, որ R -ը հավասար է բեռնվածություն-գին կովարիացիային՝ $NCov(\langle L_i \rangle, \langle P_i \rangle)$, կարող ենք ցույց տալ, որ (15) արտահայտությունը հավասար է զրո, ΔL և ΔP պատահական մեծությունների ցանկացած ռեալիզացիայի դեպքում, քանի դեռ դրանց միջև կա ռեգրեսիոն կապ: Վերոնշյալներից երևում է, որ իրոք դիտարկվող պորտֆելը համընկնում է FSR պայմանագրի հետ:

Այսպիսով, FSR պայմանագրի վաճառքի իրական գինը կլինի՝

$$\sum_{j=1}^J \left(\sum_{i=1}^n C_i(X_i, t_j) + \sum_{i=1}^m U_i(Y_i, t_j) + R_j \right) \quad (16)$$

կամ այլ կերպ՝ “break even”, ըստ մեկ մեզավատ էլեկտրաէներգիայի ֆիքսված գանձման,

$$T = \bar{F} + \frac{\sum_{j=1}^J (\sum_{i=1}^n C_i(X_i, t_j) + \sum_{i=1}^m U_i(Y_i, t_j) + R_j)}{L^t}, \quad (17)$$

որտեղ

J -ն պայմանագրում ամիսների քանակն է,

C_i -ն քոլ օպցիոնի j -րդ ամսվա արժեքն է՝ X_i ստրայքով,

U_i -ն փուլ օպցիոնի j -րդ ամսվա արժեքն է՝ Y_i ստրայքով,

\bar{F} -ը ֆորվարդ գինն է՝ ըստ ամիսների միջինացված,

R_j -ն j -րդ ամսվա ժամային բեռնվածություն-գին կովարիացիան է,

L^t -ն պայմանագրի ժամկետի ընթացքում կազմված ընդհանուր էներգիայի պահպանողական գնահատական է,

$L^t < \bar{L}$:

Նշենք, որ քանի որ L^t -ն (17)-ում ստոխաստիկ է, չկա ոչ մի տարբերակ՝ ամբողջովին վերացնելու պայմանագրի արժեքի՝ (16), վերականգնման անորոշության հետ կապված ռիսկը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները կապված են ապրանքային ֆյուչերսների եկամտաբերության պրոցեսին, էլեկտրաէներգիաների շուկաներում հոսանքի «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գների բաշխումներին, դրանց մաքսիմումների, մինիմումների և լայնույթի բաշխման ֆունկցիաներին և էլեկտրաէներգիաների շուկաներում գործարքների ամբողջական պահանջների գների հաշվարկմանը և ռիսկերի կառավարմանը:

Հիմնական արդյունքները թվարկված են ստորև:

- Առաջին գլխում դիտարկված մոդելները ավելի ճշգրիտ արդյունքներ են տալիս ապրանքային ֆյուչերսների եկամտաբերության պրոցեսի վերաբերյալ, քանի որ ավելի ճկուն են, քան ցանկացած այլ GARCH մոդելի տեսակ, և ֆյուչերսների գների կորը հաշվարկված է մարկովյան մոդելներով:
- Ցույց է տրվել, որ գազի ֆյուչերսների գների մաքսիմումների և մինիմումների նմուշներն ունեն լոգ-լոգիստիկ բաշխման ֆունկցիա, որոնց գործակիցները ներկայացված են երկրորդ գլխում:
- Գազի ֆյուչերսների գների լայնույթն ունի լոգնորմալ բաշխման ֆունկցիա, որոնց գործակիցները ներկայացված են երկրորդ գլխում:
- ՍՓՓ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերություններն ունեն Պիրսոնի 6-րդ դասի բաշխում, որոնց գործակիցները ներկայացված են երրորդ գլխում:
- ՓԶՄ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի «ընթացիկ» գների եկամտաբերություններն ունեն Պիրսոնի 4-րդ դասի բաշխում, որոնց գործակիցները ներկայացված են երրորդ գլխում:

- Կատարելով ռեգրեսիա ՓԶՄ և ՍՓՓ շուկաներում «օր-առաջ» և «ընթացիկ» գների միջև՝ ստացվել է, որ դրանք կոռելացված են, և կարելի է, օգտվելով այդ ռեգրեսիայից ստացված գործակիցներից, մասնակցել այդ շուկաներում էլեկտրաէներգիայի վաճառքի աճուրդներին:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- [1] Andreasen J.; “Back to the future”; RISK; September; pp. 104-109; 2005.
- [2] Ohanyan V., Kechejian H.; “Tolling contracts”; Reliability and Optimization of Structural Systems; pp. 231-236; 2012.
- [3] Independent Statistics & Analysis; U.S. Energy Information Administration:
<http://www.eia.gov/dnav/ng/hist/rngc1d.htm>
- [4] Andersen L.; “Markov Models for Commodity Futures: Theory and Practice”.
Journal of Finance; pp. 1–45; 2008.
- [5] Klaassen F.; “Improving GARCH Volatility Forecasts with Regime – Switching GARCH”; pp. 3-6; 2002.
- [6] Marcucci J.; “Forecasting Stock Market Volatility with Regime – Switching GARCH Models”; Department of Economics; University of California; San Diego, USA; pp. 5-9; 2005.
- [7] George W.; “An Introduction to Statistics”; Cengage Learning; p. 74; 2001.
- [8] Carin V.; “Elementary Statistics: Vol 2”; Pearson South Africa; pp. 7–27; 2000.
- [9] Evans D. L., Leemis L. M., Drew J. H.; "The Distribution of Order Statistics for Discrete Random Variables with Applications to Bootstrapping".
INFORMS Journal on Computing. 18; p. 19; 2006.

- [10] Irving W. Burr; "Calculation of Exact Sampling Distribution of Ranges from a Discrete Population"; *The Annals of Mathematical Statistics*. 26 (3); pp. 530–532; 1955.
- [11] Siotani M.; "Order statistics for discrete case with a numerical application to the binomial distribution"; *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*. 8; pp. 95–96; 1956.
- [12] Gumbel E. J.; "The Distribution of the Range"; *The Annals of Mathematical Statistics*; 18 (3); pp. 384–412; 1947.
- [13] Tsimashenka I., Knottenbelt W., Harrison P.; "Controlling Variability in Split-Merge Systems"; *Analytical and Stochastic Modeling Techniques and Applications. Lecture Notes in Computer Science*. 7314; p. 165; 2012.
- [14] Paul R. Rider; "The Distribution of the Range in Samples from a Discrete Rectangular Population"; *Journal of the American Statistical Association*. 46 (255); pp. 375–378; 1951.
- [15] Steve P.; "On the distribution of the range of a sample"; Santa Monica College; pp. 1-4; 2015.
- [16] Van der Vaart A.W.; "Asymptotic statistics"; Cambridge University Press; p. 265; 1998.

- [17] Shoukri M. M., Mian I. U. M., Tracy D. S.; “Sampling Properties of Estimators of the Log-Logistic Distribution with Application to Canadian Precipitation Data”; the Canadian Journal of Statistics; pp. 223-236; 1988.
- [18] Torabi H., Montazari N.H.; “The logistic-uniform distribution and its application”; Communications in Statistics–Simulation and Computation 43; pp. 2551–2569; 2014.
- [19] Norman L., Johnson Samuel K., Balakrishnan W.; “Continuous univariate distributions Vol. 1”; Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics: Applied Probability and Statistics (second ed.); New York; pp. 207-259; 1994.
- [20] Dagum C.; “A model of income distribution and the conditions of existence of moments of finite order”; Bulletin of the International Statistical Institute, 46 (Proceedings of the 40th Session of the ISI, Contributed Paper); pp. 199-205; 1975.
- [21] Dagum C.; “A new model of personal income distribution: Specification and estimation”; *Economie Appliquée*, 30; pp. 413-437; 1977.
- [22] Dagum C.; “Generation and properties of income distribution functions”; In: Dagum C., Zenga M. (Eds.) *Studies in Contemporary Economics, Income and Wealth Distribution, Inequality and Poverty*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 1–17; 1990.

- [23] Dagum C.; “A systematic approach to the generation of income distribution models”; *Journal of Income Inequality* 6; pp. 105–126; 1996.
- [24] Domma F.; “Asymptotic distribution of the maximum likelihood estimators of the parameters of the right-truncated Dagum distribution”; *Communications in Statistics–Simulation and Computation* 36; pp. 1187–1199; 2007.
- [25] Monroy B.S., Huerta H.V., Arnold B.C.; “Use of the Dagum distribution for modeling tropospheric Ozone levels”; *Journal of Environmental Statistics* 5; pp. 1–11; 2013.
- [26] Tadikamalla, Pandu R., Johnson, Norman L.; “Systems of Frequency Curves Generated by Transformations of Logistic Variables”; *Biometrika*, 69 (2); pp. 461-465; 1982.
- [27] Tadikamalla, Pandu R.; “A Look at the Burr and Related Distributions”; *International Statistical Review*, 48 (3); pp. 337-344; 1980.
- [28] Holgate P.; “The lognormal characteristic function”; *Communications in Statistical – Theory and Methods*, vol. 18; pp. 4539-4548; 1989.
- [29] Barakat R.; “sums of independent lognormally distributed random variables”; *Journal of the Optical Society of America*, 66 (3); pp. 211-216; 1976.
- [30] Barouch E., Kaufman GM., Glasser ML.; “On sums of lognormal random variables”; *Studies in Applied Mathematics*, 75 (1); pp. 37-55; 1986.

- [31] Leipnik, Roy B.; “On Lognormal Random Variables: I – The Characteristic Function”; Journal of the Australian Mathematical Society Series B., 32 (3); pp. 327-347; January 1991.
- [32] PJM 2016 Annual report; Revolutionary thinking; pp.11-13; 2016.
- [33] Federal Energy Regulatory Commission, Electric Power Markets: Southwest Power Pool (SPP): <https://www.ferc.gov/market-oversight/mkt-lectric/spp.asp>
- [34] Virtual Transactions in the PJM Energy Markets; PJM Interconnection; pp.1-5; 2015.
- [35] Mathwave; Fit distribution; Pearson Type 6 distribution: <http://www.mathwave.com/help/easyfit/html/analyses/distributions/pearson6.html>
- [36] Chen G., Balakrishnan N.; “A general purpose approximate goodness-of-fit test”; Journal of Quality Technology 27; pp. 154–161; 1995.
- [37] Heinrich J.; “A Guide to the Pearson Type IV Distribution”; University of Pennsylvania; December 21; pp. 1-2; 2004.
- [38] Kaminski V.; “Full requirements transactions in the power markets”; November 14, pp. 1-6, 2004.
- [39] Kaminski V.; “Full Requirements Deals”, Model 2; December 2, pp. 1-7, 2004.

[40] Dvortsov V.; “Full Service Requirements: Pricing, Marking and Risk Managing”; QRC; pp. 1-4, 2006.

[41] Roger LeRoy M., Gaylord A. Jentz; “Business Law Today”; The Essentials; p. 336; 2005.

[42] James G., “The Enforceability of Promises in European Contract Law”, p. 193-197; 2001.

Հեղինակի՝ ատենախոսության թեմային համապատասխանող հոդվածները

- I. Փիլիպոսյան Տ. Վ.; "Օպտիմալ կառավարման խնդրի կիրառությունը ֆյուչերսների շուկաներում"; Ֆինանսներ և էկոնոմիկա, 11-12(207-208), ՀՏԴ 336,76; էջ 98-101, 2017.
- II. Piliposyan T. V.; “The Distribution of the Maximum, Minimum and Range of a Sample”; Journal of Contemporary Mathematical Analysis (American Academy of Sciences); Vol. 53, N 3, pp. 121-127, 2018.
- III. Piliposyan T. V.; "SPP Real-Time and Day-Ahead Energy Markets"; Proceedings of Yerevan State University, Mathematics, 52 (1), pp. 64-67, 2018.
- IV. Piliposyan T. V.; "Real-Time and Day-Ahead Energy Markets"; Fineco, 1-2(209-210), UDC 330:621.31; pp. 115-121, 2018.

ՀԱՎԵԼՎԱԾՆԵՐ

Հավելված 7-ում տրված են աշխատանքում առկա բոլոր աղյուսակները, ըստ հերթականության, հենց այն տեսքով, որը ստացվում է «Առ» ծրագրավորման համակարգը աշխատեցնելուց հետո:

Հավելված 1.

Dependent Variable: FUTURES	
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution	
Date: 14/10/16 Time: 13:37	
Sample (adjusted): 1/13/1994 5/27/2016	
Included observations: 5609 after adjustments	
Failure to improve Likelihood after 5 iterations	
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)	
GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)	
.....	
R-squared	0.140019
Mean dependent var	0.014952
Adjusted R-squared	129501
S.D. dependent var	5.090173
S.E. of regression	5.005908
Akaike info criterion	5.975001
Sum squared resid	50027.33
Schwarz criterion	6.104296
Log likelihood	-7005.2
Hannan-Quinn criter.	6.018647
Durbin-Watson stat	2.001824

Հավելված 2.

Dates	HIGH	LOW	OPEN	CLOSE	OPEN INT	VOLUME
05/06/2017	375.5	372	373.75	373	641997	196484
02/06/2017	374.75	369.5	370.5	372.75	665083	131232
01/06/2017	373.75	367.5	371.5	370.5	675785	177074
31/05/2017	376.5	369	370.25	372	684554	263402
30/05/2017	373.75	366.25	373.5	367	699581	208777
26/05/2017	374.75	368.75	369.25	374.25	696337	130479
25/05/2017	373	368.75	371	369.25	716797	110606
24/05/2017	371.5	368.75	370	371.25	716807	108549
23/05/2017	375.75	369	374.75	369.5	719678	178136
22/05/2017	377.5	371.75	372.75	375	718167	170819
19/05/2017	373	366	366	372.5	722361	201665
18/05/2017	371.5	364.25	371.5	366	738461	194694
17/05/2017	372.25	366.25	367	371.5	725209	140847
16/05/2017	368.75	365.25	367.25	367.75	735987	115028
15/05/2017	371.75	367.25	370.5	367.75	731454	116961
12/05/2017	371.5	368	369.25	371	733856	92519
11/05/2017	373.75	368.75	373	369.25	732645	132707
10/05/2017	374	366	366.5	373.75	730382	251580
09/05/2017	369.5	365.75	366	366.5	734400	139423
08/05/2017	371.25	365	369.25	366	736221	156532
05/05/2017	373.75	366.75	367.5	370.75	723242	185809
04/05/2017	376	366	374.25	366.5	737554	223621
03/05/2017	375.75	370	372	374.75	726524	160950
02/05/2017	378.25	370.25	376.75	372.25	732658	213540
01/05/2017	379	369.5	371.5	377.5	731288	315785
28/04/2017	369	363.5	367.75	366.5	746911	197958
27/04/2017	371.25	366	366.5	369.25	741373	239075
26/04/2017	374.5	366	371.75	366.75	742047	292659
25/04/2017	374.75	362.5	365.5	371.75	732994	343896
24/04/2017	367	362.5	364	365.5	723336	206756

և այլն³:

³ Ամբողջական տվյալները տես հետևյալ հղումով՝
https://drive.google.com/open?id=1RokXSZwQ8_djEclFzW_b9X9D5NSOygiF

Հավելված 3.

```
library("readxl")
library("fitdistrplus")
library("actuar")
FD <- read_excel("C:/Users/Tigran.Piliposyan/Desktop/Futures_Data.xlsx")
FD_high<-FD$HIGH/1000
FD_high<-FD_high[FD_high!=0]
FD_low<-FD$LOW/1000
FD_low<-FD_low[FD_low!=0]
FD_range<-FD$range/1000
FD_range<-FD_range[FD_range!=0]
  high_emp<-plotdist(FD_high, histo = TRUE, demp = TRUE)
  low_emp<-plotdist(FD_low, histo = TRUE, demp = TRUE)
  range_emp<-plotdist(FD_range, histo = TRUE, demp = TRUE)
CulFrey1<-descdist(FD_high, boot = 1000)
CulFrey2<-descdist(FD_low, boot = 1000)
CulFrey3<-descdist(FD_range, boot = 1000)
fb1 <- fitdist(FD_high, "beta")
fb2 <- fitdist(FD_low, "beta")
fb3 <- fitdist(FD_range, "beta")
fg1 <- fitdist(FD_high, "gamma")
fg2 <- fitdist(FD_low, "gamma")
fg3 <- fitdist(FD_range, "gamma")
fw1 <- fitdist(FD_high, "weibull")
fw2 <- fitdist(FD_low, "weibull")
fw3 <- fitdist(FD_range, "weibull")
fln1 <- fitdist(FD_high, "lnorm")
fln2 <- fitdist(FD_low, "lnorm")
fln3 <- fitdist(FD_range, "lnorm")
fllg1 <- fitdist(FD_high, "llogis")
fllg2 <- fitdist(FD_low, "llogis")
fllg3 <- fitdist(FD_range, "llogis")
fe1<-fitdist(FD_high, "exp")
fe2<-fitdist(FD_low, "exp")
fe3<-fitdist(FD_range, "exp")
par(mfrow = c(2, 2))
plot.legend <- c("Beta", "Gamma", "Weibull", "Lognormal", "Loglogistics", "Exp")
```

```
denscomp(list(fb1, fg1, fw1,fln1,fllg1,fe1), legendtext = plot.legend)
qqcomp(list(fb1, fg1, fw1,fln1,fllg1,fe1), legendtext = plot.legend)
cdfcomp(list(fb1, fg1, fw1,fln1,fllg1,fe1), legendtext = plot.legend)
ppcomp(list(fb1, fg1, fw1,fln1,fllg1,fe1), legendtext = plot.legend)
denscomp(list(fb2, fg2, fw2,fln2,fllg2,fe2), legendtext = plot.legend)
qqcomp(list(fb2, fg2, fw2,fln2,fllg2,fe2), legendtext = plot.legend)
cdfcomp(list(fb2, fg2, fw2,fln2,fllg2,fe2), legendtext = plot.legend)
ppcomp(list(fb2, fg2, fw2,fln2,fllg2,fe2), legendtext = plot.legend)
denscomp(list(fb3, fg3, fw3,fln3,fllg3,fe3), legendtext = plot.legend)
qqcomp(list(fb3, fg3, fw3,fln3,fllg3,fe3), legendtext = plot.legend)
cdfcomp(list(fb3, fg3, fw3,fln3,fllg3,fe3), legendtext = plot.legend)
ppcomp(list(fb3, fg3, fw3,fln3,fllg3,fe3), legendtext = plot.legend)
gofstat(list(fb1,fg1,fw1,fln1,fllg1,fe1),fitnames = c("Beta", "Gamma", "Weibull",
"Lognormal", "Loglogistics","Exp"))
  bflg1 <- bootdist(fllg1, niter = 1001)
  plot(bflg1)
  bfb1 <- bootdist(fb1, niter = 1001)
  plot(bfb1)
  gofstat(list(fb2,fg2,fw2,fln2,fllg2,fe2),fitnames = c("Beta", "Gamma", "Weibull",
"Lognormal", "Loglogistics","Exp"))
  bflg2 <- bootdist(fllg2, niter = 1001)
  plot(bflg2)
  bfb2 <- bootdist(fb2, niter = 1001)
  plot(bfb2)
  gofstat(list(fb3, fg3, fw3,fln3,fllg3,fe3),fitnames = c("Beta", "Gamma", "Weibull",
"Lognormal", "Loglogistics","Exp"))
  bflg3 <- bootdist(fllg3, niter = 1001)
  plot(bflg3)
  bfb3 <- bootdist(fb3, niter = 1001)
  plot(bfb3)
```

Հավելված 4.

DATE	DALMP	RTLMP
12/1/2013 1:00	28.248	-18.8895
12/1/2013 2:00	26.056	-27.636
12/1/2013 3:00	25.356	-67.9513
12/1/2013 4:00	26.042	16.09486
12/1/2013 5:00	26.426	17.2365
12/1/2013 6:00	26.538	16.9873
12/1/2013 7:00	26.162	11.48516
12/1/2013 8:00	29.866	18.62148
12/1/2013 9:00	36.016	-32.4172
12/1/2013 10:00	35.2	13.55402
12/1/2013 11:00	30.22	16.05234
12/1/2013 12:00	28.312	-102.993
12/1/2013 13:00	25.808	15.22316
12/1/2013 14:00	25.082	-163.917
12/1/2013 15:00	24.214	-348.576
12/1/2013 16:00	24.214	16.0535
12/1/2013 17:00	28.57	20.81952
12/1/2013 18:00	38.14	102.2505
12/1/2013 19:00	57.048	24.22464
12/1/2013 20:00	41.288	26.48666
12/1/2013 21:00	37.564	22.51534
12/1/2013 22:00	32.2	17.26068
12/1/2013 23:00	35.532	-39.4567
12/2/2013 0:00	26.27	6.37716
12/2/2013 1:00	23.704	7.81382
12/2/2013 2:00	21.694	13.95952
12/2/2013 3:00	21.372	14.76116
12/2/2013 4:00	22.23	16.51936
12/2/2013 5:00	23.402	17.29866
12/2/2013 6:00	27.26	19.85416
12/2/2013 7:00	32.5	54.09266
12/2/2013 8:00	35.514	25.38682
12/2/2013 9:00	35.342	21.396

և այլն⁴:

⁴ Ամբողջական տվյալները տես հետևյալ հղումով՝
https://drive.google.com/open?id=1RokXSZwQ8_djEclFzW_b9X9D5NSOygiF

Հավելված 5.

```
library("readxl")
library("fitdistrplus")
library("actuar")
library("PearsonDS")
aaa<- read_excel("C:/Users/Tigran.Piliposyan/Desktop/2.xlsx")
fff<-c()
ggg<-c()
for( i in 1:34983){
  fff[i]<-aaa[[i,2]]
  ggg[i]<-aaa[[i,3]]
}
ggg<-ggg[-which(ggg==0)]

bbb<-1:34981
for(i in 1:34981){
  bbb[i]<-ggg[i+1]/ggg[i]
}
ccc<-bbb[-which(bbb>mean(bbb)+3*sd(bbb))]
ddd<-ccc[-which(ccc< mean(bbb)-3*sd(bbb))]
ccc1<-bbb[-which(bbb>1.8)]
ddd1<-ccc1[-which(ccc1< -1.8)]

hist<-plotdist(ddd1, histo = TRUE,breaks=50)
CulFrey1<-descdist(ddd1,boot=1000)

hist<-plotdist(fff, histo = TRUE,breaks=50)
CulFrey2<-descdist(fff,boot=1000)

pearsonDiagram(max.skewness = 26, max.kurtosis = 24,
               squared.skewness = TRUE, lwd = 2, legend = TRUE,
               n = 301)
x<-empMoments(ddd1)
xx<-pearsonFitM(x[[1]],x[[2]],x[[3]],x[[4]])
```

Հավելված 6.

```
library(readxl)
X2 <- read_excel("C:/Users/Tigran.Piliposyan/Desktop/works/Tigran/2.xlsx")
a<-c()
a0<-c()
b<-c()
b0<-c()
for(j in 1:20000){
  a[j]=X2[[j,2]]
  b[j]=X2[[j,3]]
}
for(j in 20001:34983){
  a0[j-20000]=X2[[j,2]]
  b0[j-20000]=X2[[j,3]]
}
x<-lm(b~a)
y<-x$coefficients
p<-c()
for( j in 1:14983){
  p[j]<-y[[1]]+y[[2]]*a0[j]
}
d<-b0-p
hist(d,breaks=100)
```

Հավելված 7.

Goodness-of-fit statistics

	Beta	Gamma	Weibull	Lognormal	Loglogistics	Exp
Kolmogorov-Smirnov statistic	0.1798181	0.1558913	0.1693798	0.1487336	0.1190105	0.4951641
Cramer-von Mises statistic	23.1175159	19.0298032	21.5541780	17.2426294	14.0474620	144.0261041
Anderson-Darling statistic	127.5552646	106.2417870	121.5746142	96.8110308	91.0866123	683.5985406

Աղյուսակ 1. մոտարկման 3 ամենահայտնի մեթոդների արդյունքները մաքսիմումի համար:

Goodness-of-fit statistics

	Beta	Gamma	weibull	Lognormal	Loglogistics	Exp
Kolmogorov-Smirnov statistic	0.1765114	0.1644889	0.1673121	0.1582347	0.1287868	0.4927992
Cramer-von Mises statistic	23.0733049	19.1864928	21.7812334	17.4005739	14.1937448	144.3591075
Anderson-Darling statistic	127.7583822	107.1684683	123.0546500	97.5811306	91.7193518	684.8924226

Աղյուսակ 2. մոտարկման 3 ամենահայտնի մեթոդների արդյունքները մինիմումի համար:

Fitting of the distribution ' llogis ' by maximum likelihood

Parameters:

	estimate	Std. Error
shape	6.7978763	0.109397359
scale	0.4673385	0.002423145

Աղյուսակ 3. լոգ-լոգիստիկ բաշխման պարամետրերը մաքսիմումի համար:

Fitting of the distribution ' llogis ' by maximum likelihood

Parameters:

	estimate	Std. Error
shape	6.8233459	0.109891183
scale	0.4558791	0.002354103

Աղյուսակ 4. լոգ-լոգիստիկ բաշխման պարամետրերը մինիմումի համար:

Goodness-of-fit statistics

	Beta	Gamma	weibull	Lognormal	Loglogistics	Exp
Kolmogorov-Smirnov statistic	0.04883702	0.04807411	0.06677015	0.01569214	0.02946668	0.2342263
Cramer-von Mises statistic	2.05374717	1.96358401	4.19960715	0.12950634	0.55041628	40.5841613
Anderson-Darling statistic	12.19328307	11.69045892	27.87877365	0.93553270	3.87484185	224.0618437

Աղյուսակ 5. մոտարկման 3 ամենահայտնի մեթոդների արդյունքները լայնույթի համար:

Fitting of the distribution 'lnorm' by maximum likelihood
Parameters:

	estimate	Std. Error
meanlog	-4.5883944	0.011707233
sdlog	0.5936156	0.008278158

Աղյուսակ 6. լոգնորմալ բաշխման պարամետրերը նմուշի լայնույթի համար:

\$type
[1] 6

\$a
[1] 1.427691

\$b
[1] 8.054372

\$location
[1] 1.276112

\$scale
[1] -1.599713

Աղյուսակ 7. Պիրսոնի բաշխման մոտարկման արդյունքները:

\$type
[1] 4

\$m
[1] 2.808495

\$nu
[1] 0.6873922

\$location
[1] 1.05739

\$scale
[1] 0.3300014

Աղյուսակ 8. Պիրսոնի բաշխման մոտարկման արդյունքները:

```

Call:
lm(formula = b ~ a)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-371.80   -4.79    -1.27     1.02  1231.15

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.35670    0.40560     5.81 6.33e-09 ***
a            0.86172    0.01346    64.04 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 24.51 on 19998 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1702,    Adjusted R-squared:  0.1701
F-statistic: 4101 on 1 and 19998 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Աղյուսակ 9. ՍՓՓ շուկաների դեպքում կատարված ռեգրեսիայի ամփոփում:

```

Call:
lm(formula = b ~ a)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-623.68   -5.34    -2.97    -0.27  1561.71

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  7.504663    0.282956    26.52 <2e-16 ***
a            0.786027    0.005795   135.63 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 30.82 on 29998 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3801,    Adjusted R-squared:  0.3801
F-statistic: 1.839e+04 on 1 and 29998 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Աղյուսակ 10. ՓՋՄ շուկաների դեպքում կատարված ռեգրեսիայի ամփոփում:

```
Fitting of the distribution ' norm ' by maximum likelihood
Parameters:
      estimate Std. Error
mean -1.098458  0.1483830
sd   18.162835  0.1049227
```

Աղյուսակ 11. ՍՓՓ շուկաներում կանխատեսված և իրական գների տարբերության բաշխման գործակիցները:

```
Fitting of the distribution ' norm ' by maximum likelihood
Parameters:
      estimate Std. Error
mean -1.283515  0.09668075
sd   11.978273  0.06836361
```

Աղյուսակ 12. ՓՋՄ շուկաներում կանխատեսված և իրական գների տարբերության բաշխման գործակիցները:

ՆՇԱՆԱԿՈՒՄՆԵՐԻ ՑԱՆԿ

Նշանակումների ցանկում պահպանված է ատենախոսությունում հանդիպման հերթականությունը և տրված է ըստ գլուխների:

ԳԼՈՒԽ I.

X_t - R^k չափանի շարժման պրոցես

G_t - վառելիքի գնի պրոցես

P_t - էլեկտրականության գնի $(k-1)$ -չափանի պրոցես

E - H ֆունկցիայի պայմանական մաթ-սպասում

H – աշխատանքային վիճակում գտնվելու դեպքում, $[t, T]$ միջակայքում աշխատելու արդյունքում ժամանակի T պահին վաստակած շահույթի ֆունկցիան

$(N_t)_{0 \leq t \leq T}$ - Պուասոնյան պրոցես $\tau(t, X_t)$ ինտենսիվությամբ

$\mu(t, X_t)$ - շարժման պրոցեսի դրիֆտ

$\sigma(t, X_t)$ - շարժման պրոցեսի վոլատիլությունը

K_i - գործառնական ծախսեր՝ i -րդ վիճակում աշխատելիս

v_i - էլեկտրակայանի աշխատանքի ընթացքում 1 միավոր էլեկտրականության ծավալ ապահովելու համար անհրաժեշտ վառելիքի չափ՝ սարքի $i = 1, 2, \dots, M - 1$ վիճակում աշխատելիս

C - սարքի հզորություն

a_{ij} - i -ից j վիճակ փոփոխման ծախս

φ – վճարման ֆունկցիա

R_t - բաժնետոմսի եկամտաբերություն է t պահին

K_i - գործառնական ծախսերի մեծություն

ԳԼՈՒԽ II.

U – նմուշի մաքսիմում

V – նմուշի մինիմում

R – նմուշի լայնույթ

f - խտության ֆունկցիա

F - բաշխման ֆունկցիա

F_n - էմպիրիկ բաշխման ֆունկցիա

α - մասշտաբային պարամետր

β - ուրվագծային պարամետր

ԳԼՈՒԽ III.

B – Բետա ֆունկցիա

I_z – կանոնակարգված թերի Բետա ֆունկցիա

α_1 – շարունակական ուրվագծային պարամետր

α_2 – շարունակական ուրվագծային պարամետր

β – շարունակական մասշտաբային պարամետր

γ – շարունակական տեղորոշման պարամետր

ԳԼՈՒԽ IV.

E - պայմանագրի ակնկալվող արժեք՝ ըստ փորձագիտական (ակտուարական) հավանականության չափման

R - ռիսկի գնահատական

δ - պայմանագրի ստեղծողի կողմից պահանջվող ռիսկի ընդունման համար գանձում

P - էլեկտրաէներգիայի գներ

L - էլեկտրաէներգիայի բեռնվածություն

P_T - էլեկտրաէներգիայի գին ժամանակի T պահին

L_T - էլեկտրաէներգիայի բեռնվածություն ժամանակի T պահին

μ - ակնթարթային դրիֆտ

σ - տատանողականություն

T - էներգիայի ֆիքսված գանձում

F_t - էլեկտրաէներգիայի ֆորվարդ գին ժամանակի t պահին

H_t - էլեկտրաէներգիայի այն քանակը, որը ձեռք է բերվել այդ էլեկտրաէներգիայի մատակարարման համար ժամանակի t պահին

\bar{P} - էներգիայի օրական միջին գին

\hat{L} -ը նորմալ (սպասվելի) բեռնվածություն

e - էներգաբյուր

J - պայմանագրում ամիսների քանակը

C_i - քոլ օպցիոնի j -րդ ամսվա արժեքը՝ X_i ստրայքով

U_i - փութ օպցիոնի j -րդ ամսվա արժեքը՝ Y_i ստրայքով

\bar{F} - ֆորվարդ գին՝ ըստ ամիսների միջինացված

R_j - j -րդ ամսվա ժամային բեռնվածություն-գին կովարիացիա

L^t - պայմանագրի ժամկետի ընթացքում կազմված ընդհանուր էներգիայի

պահպանողական գնահատական