

ՊԱՐԲԵՐՎԱԿԱՆ ՀԻՎԱՆԴՈՒԹՅԱՆ ԱՆՏՈՐՈՇՄԱՆ ՍՈՂԵԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Կ.Շահինյան

Ժամանակակից բժշկական գիտության զարգացումը նշվում է հազվագյուտ և դժվար ախտորոշվող հիվանդությունների նկատմամբ մեծացող հետաքրքրությամբ: Այդ հիվանդությունների թվին դասված է պարբերական հիվանդությունը (ՊՅ): Տարբեր հարակից հիվանդություններ (ՀՀ) նմանակում են ՊՅ-ի հիմնական ախտորոշիչ չափանիշը՝ միաժամանակյա նուպայածև գերջերմություն և շիճուկային խանգարումներ: Հաշվի առնելով ժամանակին հիվանդության բացահայտման կարևորությունը՝ արդարացված է ախտորոշման մաթեմատիկական մեթոդների կիրառումը: Բացարձակ ճիշտ ախտորոշում կատարելու հնարավորությունը դառնում է անհնար, երբ երկու կամ ավելի հիվանդությունների ախտանիշային համալիրները իրար մոտիկ են լինում: Այդ պատճառով ցանկացած հիվանդության ախտորոշումը, այդ թվում նաև ՊՅ-ի, կրում է հավանականային բնույթ: Ախտորոշման համար օգտագործված է դիսկրիմինատային անալիզի մեթոդը, որը հիմնված է Բայեսյան մոտեցման վրա [1,3]:

Յուրաքանչյուր հիվանդին համապատասխանում է դիտումների մի վեկտոր՝

$$\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_p) :$$

Պահանջվում է այդ վեկտորը վերագրել կամ W_1 համախմբությանը (ՊՅ), որն ունի $N_1(\vec{\mu}_1^{p \times 1}, \Sigma^{p \times p})$ բաշխում, կամ W_2 -ին (ՀՀ), որն ունի $N_2(\vec{\mu}_2^{p \times 1}, \Sigma^{p \times p})$ բաշխում: Ընդունում ենք, որ $\vec{\mu}_1, \vec{\mu}_2$ և Σ կովարիացիայի մատրիցան հայտնի չեն: Այդ դեպքում օգտվում ենք ընտրանքներից, և եթե n_1 և n_2 ընտրանքներն անկախ են, ապա $\vec{\mu}_1$ և $\vec{\mu}_2$ կարելի է գնահատել $\vec{x}_1 = (\bar{x}_{11}, \bar{x}_{12}, \dots, \bar{x}_{1p})$ և $\vec{x}_2 = (\bar{x}_{21}, \bar{x}_{22}, \dots, \bar{x}_{2p})$ վեկտորներով, իսկ Σ -ն՝ միացված $(n_1 + n_2)$ ընտրանքային կովարիացիոն մատրիցով՝ $S = (S_{jk})_{j=1, p; k=1, p}$:

Հիվանդի ցուցանիշների չափումների արդյունքում ստացված \vec{x} վեկտորը կվերագրվի W_1 -ին, եթե

$$z = \sum_{i=1}^p a_i x_i \geq \frac{\bar{z}_1 + \bar{z}_2}{2} = c \quad (1)$$

և W_2 -ին, եթե ստանում ենք (1) պայմանի հակառակը: a_i գործակիցները՝ \bar{z}_1 -ը և \bar{z}_2 -ը, որոշվում են հետևյալ առնչություններով՝

$$\sum_{j=1}^p a_j s_{ij} = \bar{x}_{1i} - \bar{x}_{2i}, \quad i = \overline{1, p} \quad (2)$$

$$\bar{z}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{l=1}^{n_i} z_{il}, \quad i = 1, 2; \quad (3)$$

Բայեսյան ընդհանրացված ընթացակարգի վրա հիմնված դիսկրիմինատային անալիզի ալգորիթմի կիրառման արդյունքում ստանում ենք հետևյալը՝

ա) դիսկրիմինատային ֆունկցիայի գործակիցների a_i գնահատականները;

բ) դիսկրիմինատային ֆունկցիայի Z_{il} արժեքները յուրաքանչյուր զրանցված դիտումային \vec{x}_{il} վեկտորի համար $(i = 1; 2, l = \overline{1, n_i})$;

գ) ընտրանքային \bar{z}_1 և \bar{z}_2 միջինները;

դ) Մահանաբոլիսի Δ^2 ընտրանքային հեռավորությունը:

Այս ինֆորմացիան բավական է բարձր հավաստիությամբ ՊՅ ախտորոշելու համար: Օգտվելով գրական աղբյուրներից և «Արաբկիր» մանկական կլինիկական հիվանդանոցի պրակտիկայից՝ ՊՅ-ի համար, որպես ինֆորմատիվ ցուցանիշներ ընտրված են հետևյալ մեծությունները՝ x_1 -ը՝ հեմոգլոբինն է, x_2 -ը՝ էրիտրոցիտները, x_3 -ը՝ լեյկոցիտները, x_4 -ը՝ էրիտրոցիտների նստման արագությունը, x_5 -ը՝ բիլիռուբինը, x_6 -ը՝ նետրոֆիլների քանակը, x_7 -ը՝ տրիպսինի քանակը, x_8 -ը՝ կրծքավանդակային ձևի տևողությունը, x_9 -ը՝ ստամոքսատիքային ձևի տևողությունը: Պասիվ էքսպերիմենտի միջոցով գրանցված են W_1 և W_2 երկու համախմբությունները: Ընտրանքների ծավալներն են $n_1 = n_2 = 20$: Վեկտորներ \vec{x}_1 և \vec{x}_2 -ի \bar{x}_{1j} և \bar{x}_{2j} բաղադրիչները բերված են աղյուսակներ 1-ում և 2-ում: Հավասարում (2)-ի աջ մասերի արժեքները բերված են աղյուսակ 3-ում: Հավասարում (2)-ի լուծումից ստացված արդյունքները բերված են աղյուսակ 4-ում: Որոշվել են նաև \bar{z}_1 և \bar{z}_2 միջինները՝

$$\bar{z}_1 = 0.38; \bar{z}_2 = 0.29,$$

հետևաբար $c = 0.335$: Իսկ $\Delta^2 = 0.36$:

W_1 համախմբության համար

դյուսակ 1

Ցուցանիշային միջինը	\bar{x}_{11}	\bar{x}_{12}	\bar{x}_{13}	\bar{x}_{14}	\bar{x}_{15}	\bar{x}_{16}	\bar{x}_{17}	\bar{x}_{18}	\bar{x}_{19}
Արժեքները	112.7	3.85	7.7	31.8	7.7	58.5	2.24	81.3	81.9

W_2 համախմբության համար.

Աղյուսակ 2

Ցուցանիշային միջինը	\bar{x}_{21}	\bar{x}_{22}	\bar{x}_{23}	\bar{x}_{24}	\bar{x}_{25}	\bar{x}_{26}	\bar{x}_{27}	\bar{x}_{28}	\bar{x}_{29}
Արժեքները	88.9	4.85	5.66	39.14	10.14	49.65	2.99	65.56	93.3

Աղյուսակ 3

Հաստատուններ	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9
Արժեքները	23.8	-1.0	2.04	-7.34	-2.44	8.85	-0.75	15.74	-11.4

Աղյուսակ 4

Այս աղյուսակում հաստատունները որոշված են հավասարում (2)-ի աջ մասով:

Հաստատուններ	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
Արժեքները	0.4	0.3	0.15	-0.1	0.03	-0.02	0.02	0.01	-0.01

Հիվանդի տվյալները

Աղյուսակ 5

Փոփոխականներ	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
Արժեքները	130	3.3	12	20	8.5	63	2.3	60	50

Հիվանդության սխալ ախտորոշման հավանականությունները, երբ ապրիորի հավանականությունները և սխալի գները ընդունում ենք հավասար, որոշվում են հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$\Pr(2/1) = \Pr(1/2) = \Phi(\Delta/2), \quad (4)$$

որտեղ $\Pr(2/1)$ -ը նշանակում է ՊՀ հիվանդության ախտորոշման հավանականությունը որպես ՀՀ հիվանդություն, իսկ $\Pr(1/2)$ -ը՝ հակառակ սխալ ախտորոշման հավանականությունը: Այս դեպքում սխալ ախտորոշման հավանականությունը կլինի՝ $\Phi(0.6) = 0.23$:

Այս հիվանդի տվյալները բերված են աղյուսակ 5-ում: Փոփոխականների արժեքները տեղադրելով (1) արտահայտության մեջ՝ ստանում ենք $z = 51.93$: Բանի որ $z > C$, հետևաբար հիվանդությունը 0.77 հավանականությամբ կարող է ախտորոշվել որպես ՊՀ և 0.23 հավանականությամբ՝ ՀՀ:

Գրականություն

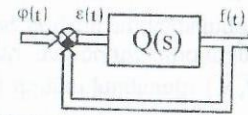
1. Аствацатурян В.А., Торосян Е.Х. Периодическая болезнь у детей. - Ереван: Айастан, 1989.
2. Иберла К.С. Факторный анализ. - М.: Статистика, 1980.
3. Афуфу А.Б., Эўзен С.Г. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. - М.: Мур, 1982.

ԲԱԿՅ-ԵՐԻ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ՃՇՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՀԱՄԵՍԱՏԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Չիլինգարյան

Գործնականում մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում բազմաչափ ավտոմատ կառավարման համակարգերի (ԲԱԿՅ) անալիզի և սինթեզի մեթոդները, երբ վերջիններս գտնվում են պատահական ազդեցությունների ներքո: Պատահական կառավարման տեսության համապատասխան մեթոդների ուղղակի ընդհանրացումը ԲԱԿՅ-ի համար իր հետ բերում է մեծ դժվարություններ: Այդ պատճառով, ԲԱԿՅ-ի վերլուծության դեպքում անհրաժեշտ են նոր մոտեցումներ, որոնք հաշվի

կառնեն վերջիններիս առանձնահատկությունները և միևնույն ժամանակ սերտ կապի մեջ կլինեն դասական ճարտարագիտական մեթոդների հետ: Դիտարկենք ընդհանուր տեսքի N մուտքերով և N ելքերով գծային կայուն ԲԱԿՅ (Նկ.1).



Նկ.1 Գծային ԲԱԿՅ-ի մատրիցային կառուցվածքային սխեմա

Հայտնի է, որ այս համակարգի ելքային $f(t)$ վեկտորի P_f կովարիացիաների մատրիցը $\Phi(t)$ մուտքային վեկտորի տրված $S_\Phi(j\omega)$ սպեկտրալ խտությունների մատրիցի դեպքում որոշվում է հետևյալ ձևով [3].

$$P_f = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_f(\omega) d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(j\omega) S_\Phi(\omega) \Phi^T(j\omega) d\omega, \quad (1)$$

որտեղ $\Phi(j\omega)$ -ն և $\Phi^T(j\omega)$ -ն, համապատասխանաբար, փակ ԲԱԿՅ-ի ըստ ելքի փոխանցման մատրիցի կոմպլեքս համալուծ և տրանսպոնացված մատրիցներն են:

Ընդունենք, որ $\Phi(t)$ -ն պատահական վրդովմունքների վեկտոր է: Այս դեպքում P_f կովարիացիաների մատրիցի միջոցով կարելի է գաղափար կազմել ԲԱԿՅ-ի վիճակագրական ճշտության մասին: Սակայն, եթե հաշվի առնենք, որ (1) արտահայտության մեջ ինտեգրալի նշանի տակ գտնվում են $N \times N$ չափողականությամբ ֆունկցիոնալ մատրիցներ, ապա մեծ N -երի համար և բարձր կարգի համակարգերի դեպքում (1) բանաձևով P_f -ի հաշվարկը կապված է մեծ դժվարությունների հետ: Այդ դժվարությունները որոշ չափով կարելի է շրջանցել, եթե օգտվենք գաուսյան մարկովյան պատահական գործընթացների տեսության վրա հիմնված P_f -ի հաշվարկի մեթոդից [1]: Այս մեթոդի կիրառման ժամանակ ԲԱԿՅ-ն անհրաժեշտ է ներկայացնել վիճակի փոփոխականների տարածությունում.

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bw \\ f = Cx \end{cases}, \quad (2)$$

որտեղ x -ը վիճակի փոփոխականների վեկտորն է, w -ն՝ ԲԱԿՅ-ի մուտքին կիրառված սպիտակ աղմուկի ինտենսիվությունը, f -ը՝ ելքային վեկտորը, A -ն՝ համակարգի մատրիցը, B -ն՝ կառավարող ազդանշանների մատրիցը, իսկ C -ն՝ չափումների բաղադրակազմի մատրիցը:

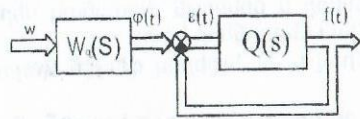
Այս դեպքում x վիճակի փոփոխականների վեկտորի համար P_x կովարիացիաների մատրիցը կարելի է որոշել Լյապունովի հետևյալ հավասարումով.

$$AP_x + P_x A^T + BwB^T = 0: \quad (3)$$

Այնուհետև ելքային վեկտորի համար կունենանք՝

$$P_f = CP_x C^T: \quad (4)$$

Եթե համակարգի մուտքի ՎՈՒ ազդում է $S_w(j\omega)$ սպեկտրալ խտությունների մատրիցով բնութագրվող պատահական ազդանշան, ապա համակարգի մուտքին անհրաժեշտ է ավելացնել ձևավորող գտիչ (Նկ. 2): Այդ դեպքում (2) հավասարումը պետք է նկարագրի ԲԱԿՅ-ը՝ գտիչի հետ միասին.



ևկ 2 զԲԿ-ն գտիչի հետ միասին

քում անհրաժեշտ է նկատի ունենալ N հատ $P_{f_{ii}} (i = \overline{1, N})$ դիսպերսիաները (P_f մատրիցի անկյունագծային էլեմենտները) և ԲԱԿ-ի ելքային փոփոխականների $N(N-1)/2$ հատ ($P_{f_{ik}} = P_{f_{ki}}; i, k = \overline{1, N}$) փոխադարձ կոռելյացիոն մոմենտները: Որպես որակի գնահատական P_f մատրիցի անհարմարությունն ի հայտ է գալիս հատկապես մի քանի ԲԱԿ-երը կամ միևնույն նախագծվող համակարգի առանձին տարբերակներն ըստ վիճակագրական ճշտության համեմատման դեպքում: Դա բացատրվում է նրանով, որ P_f -ի տեսքով միշտ չէ հնարավոր ԲԱԿ-ի վիճակագրական ճշտության վերաբերյալ տալ միարժեք գնահատական: Այդ պատճառով հողվածում [2] առաջարկվել է ԲԱԿ-երի վիճակագրական ճշտությունը գնահատել սկալյար գնահատականով: Որպես այդպիսին ընդունվել է ելքային վեկտորի մոդուլի դիսպերսիան σ^2 (կամ σ միջին քառակուսային շեղումը):

$$\sigma^2 = M \left[\sum_{i=1}^n f_i^2(t) \right] = \sum_{i=1}^n M [f_i^2(t)] = \text{tr} \{ P_f \}, \quad (5)$$

որտեղ M -ը մաթսպասման սիմվոլն է, իսկ $\text{tr} \{ P_f \}$ -ը՝ P_f մատրիցի հետքը:

Այդ գնահատականի համար դուրս է բերվել հետևյալ անհավասարությունը.

$$\sigma^2 \leq \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \|\Phi(j\omega)\|_{\infty}^2 \|S_{\varphi}(j\omega)\|_{\infty}^2 d\omega, \quad (6)$$

որտեղ $\|\Phi(j\omega)\|_{\infty}$ -ը և $\|S_{\varphi}(j\omega)\|_{\infty}$ -ը, համապատասխանաբար, փակ համակարգի ըստ ելքի փոխանցման մատրիցի և մուտքային ազդանշանի սպեկտրալ խտությունների մատրիցի Շմիդտի նորմաներն են: Ստացված բանաձևը բավականին պարզ է և հնարավորություն է տալիս հաշվարկել σ^2 -ն առանց գտնելու P_f մատրիցը: Ընդ որում, հողվածում ցույց է տրվել, որ $S_{\varphi}(\omega) = S_{\varphi}(\omega)I$ -ի դեպքում (6) անհավասարությունը դառնում է խիստ հավասարություն, որի դեպքում որոշվում է σ^2 -ի ճշգրիտ արժեքը: Նշենք նաև, որ $N=1$ -ի դեպքում ստացված արտահայտությունը համընկնում է դասական տեսությունից հայտնի բանաձևին.

$$\sigma^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |\Phi(j\omega)|^2 S_{\varphi}(\omega) d\omega: \quad (7)$$

Դիտարկենք երկու հենակետային աստղերի միջոցով աստղադիտակի դիրքորոշման երկչափ համակարգը: Այդ համակարգի մատրիցային կառուցվածքային սխեմայում (նկ. 1) $Q(S)$ -ն ունի հետևյալ տեսքը.

$$Q(S) = W_{\text{comp}}(S) R W_{\text{plant}}(S),$$

որտեղ $R = \begin{bmatrix} 0.8660 & 0.5000 \\ 0.3420 & 0.9397 \end{bmatrix}$ -ը փոխադարձ կապերի մատրիցն է, $W_{\text{plant}}(S) = \frac{75000000}{s(s+25)(s+400)(s+500)}$

ը՝ օբյեկտի ուղիղ կապերի փոխանցման ֆունկցիան, $W_{\text{comp}}(S) = \frac{0.8(s+3)(s+25)}{(s+0.33)(s+400)}$ -ը՝

համակարգի յուրաքանչյուր կանալում տեղադրված կոմպենսատորների փոխանցման ֆունկցիան: Ընդունենք, որ համակարգի մուտքում գործում է միավոր ինտենսիվությամբ սպիտակ աղմուկ, և որոշենք σ^2 -ն՝ կիրառելով Covar ֆունկցիան, և այն համեմատենք (6) արտահայտությամբ հաշվարկված նույն գնահատականի հետ: Այդ նպատակով MATLAB-ի միջավայրում մշակվել է ծրագիր:

Առաջին դեպքում P_f -ի համար ստացվել է հետևյալ արդյունքը.

$$P_f = \begin{bmatrix} 4.9291 & 1.7238 \\ 1.7238 & 4.7722 \end{bmatrix}, \quad \text{որտեղից՝ } \sigma^2 = \text{tr} \{ P_f \} = 9.7014,$$

իսկ երկրորդ դեպքում ստացվել է՝ $\sigma^2 = 9.7023$:

Ստացված արդյունքները բավականին մեծ ճշտությամբ համընկնում են և կարելի է ասել, որ դրանք մոտավորապես հավասար են, ինչը և պետք է տեղի ունենա:

Եզրակացություն: Այսպիսով, առաջարկված (6) արտահայտության հիման վրա մշակված ծրագիրով հնարավոր է բավականին ճշգրիտ գնահատել ԲԱԿ-ի վիճակագրական ճշտությունը և այն կարելի է օգտագործել պատահական ազդեցությունների տակ գտնվող ԲԱԿ-երի անալիզի և սինթեզի ժամանակ: Անհրաժեշտ է նշել նաև, որ հաշվարկի տեսանկյունից առաջարկված մեթոդը առավելություն ունի MATLAB-ում օգտագործվող մեթոդի նկատմամբ: Առաջին դեպքում մենք ունենք ԲԱԿ-ի $N \times N$ չափողականությամբ փոխանցման մատրիցների նորմաներով արտահայտված սկալյար գնահատականներ, իսկ երկրորդ դեպքում փաստորեն օգտվում ենք վիճակների տարածությունից, որտեղ վիճակի փոփոխականների քանակը կարող է շատ անգամ գերազանցել N -ը, և հնարավոր է առաջանալ հաշվարկային բարդություններ:

Գրականություն

1. Брайсон А., Хо Ю-Шу. Прикладная теория оптимального управления.-М.: Мир, 1972. - 544с.
2. Гаспарян О.Н., Чилингарян А.Р. Об одной скалярной оценке статистической точности линейных многомерных систем автоматического регулирования // Моделирование, оптимизация, управление (В печати)
3. Лившиц Н.А., Виноградов В.Н., Голубев Г.А. Корреляционная теория оптимального управления многомерными процессами. -М.: Советское радио, 1974. - 328 с.

ԲԱՆԱԽՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ԸՆԴՀԱՆՐԱՅՎԱԾ ՄՈԴԵԼ

Ս. Արզարյան, Է. Հակոբյան, Ս. Փափազյան

Կենսաբանության բնագավառում մինչև այժմ էլ կատարվում են փորձեր տարբեր տիպի պայմանական ռեֆլեքսների մշակման ու ամրապնդման համար: Փորձերը կատարվում են մարդկանց ու տարբեր կենդանիների նկատմամբ, որոնք շատ ժամանակ ու նյութական միջոցներ են պահանջում: Այդ երևույթների մաթեմատիկական մոդելավորումը և դրանց նմանակային (իմիտացիոն) մոդելների

ստեղծումը հնարավորություն են տալիս փորձարարներին ԷՅՍ-ի միջոցով վերարտադրել այդ փորձերը, ինչը տնտեսում է նրանց ժամանակը և նյութական միջոցները: Սողելների վրա կարելի է փորձարկել ցանկացած իրավիճակներ և պարամետրերի փոփոխություններ, մի բան, որ ոչ միշտ է հնարավոր իրականացնել կենդանի օրգանիզմների նկատմամբ:

Փորձարարական հոգեբանության կարևոր ոլորտներից է բառաուսուցումը: Շնորհիվ հիշողության՝ մարդն արտահայտում է նախկինում ընկալած երևույթները, որոնք տվյալ պահին նրա վրա չեն ազդում: Վերարտադրումը կարող է ծագել արդեն հայտնի առարկայի կամ երևույթի կրկնվող ազդեցությամբ, այս դեպքում տեղի ունի ճանաչում: Հաջորդաբար, ֆիքսված հաջորդականությամբ ուսուցման փորձերում քանակական մոդելավորման հարցերը բավականին բարդ են: Առավել պարզ էմպիրիկ պրոբլեմներ են առաջանում, երբ բառերի հաջորդականությունը ցուցակում պատահական ձևով փոխվում է: Այդ դեպքում հաջորդական էֆեկտները բացառվում են, կամ համեմայն դեպս հասցվում են միմիմունի, բայց ուսուցման բնույթը մնում է նույնը: Այդպիսի շատ փորձեր են կատարվել: Առաջարկվող մոդելը կառուցված է հենց այդ բնույթի տվյալների վերլուծության հիման վրա:

Փորձերը կատարվում են հետևյալ կերպ. փորձարկվողին բարձրաձայն կարդացվում է N միևնույն բարդությամբ չկրկնվող բառերից կազմված ցուցակ: Այնուհետև նրան առաջարկվում է գրել բոլոր բառերը, որոնք նա հիշել է: Փորձարկողը չի տալիս նրան ոչ մի ցուցում, արդյոք նա առաջադրանքը լավ է կատարել, թե՛ ոչ: Այնուհետև բառերի հաջորդականությունը պատահական ձևով փոխվում է, և ամբողջ գործընթացը կրկնվում է: Փորձը շարունակվում է նման ձևով բազմաթիվ փորձարկումների ընթացքում, մինչև հիշված բառերի քանակը համարյա հասնում է ասինպտոտային արժեքին: Այդպիսի փորձ կատարվել է 32 միևնույն բարդության բառերի հետ: Փորձը տալիս է 32 բառից յուրաքանչյուրի համար մտապահումների չիիշելու հաջորդականություն [1]:

Հիմնական ենթադրությունը, որ արվել են ստացված արդյունքների վերլուծության ժամանակ այն է, որ ցուցակի N բառերը կախված չեն մեկը մյուսից: Դա նշանակում է, որ փորձարկվողի՝ առանձին բառը հիշելու ունակությունը կախված չէ նախորդ բառերը հիշելուց կամ չհիշելուց: Գոյություն ունի ուսուցողական փորձերի մեծ բազմազանությունը հավանականային օպերատորներով նկարագրող մաթեմատիկական ապարատ, որտեղ շեշտը հիմնականում դրվում է փորձերում կենդանի օրգանիզմի վարքի առանձնահատկությունների մաթեմատիկական նկարագրման հնարավորությունների վրա:

Մաթեմատիկական մոդելն ունի հետևյալ տեսքը.

$$Q_i p = \alpha_i p + (1 - \alpha_i) \lambda_i; \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

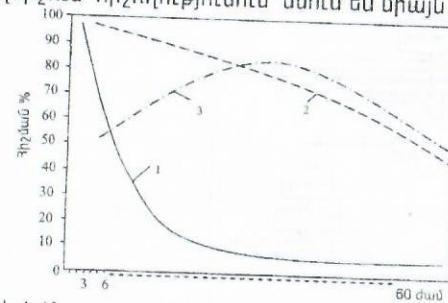
Գնահատվող մեծություններն են p_0 սկզբնական հավանականությունը և α_i և λ_i պարամետրերը: λ_i -ն կոչվում է Q_i օպերատորի անշարժ կետ այն նկատառումով, որ եթե $p = \lambda_i$, ապա Q_i օպերատորը այնևս p հավանականությունը չի փոխում: α_i և $(1 - \alpha_i)$ - գործակիցներ են: Եթե $0 < \alpha_i < 1$, ապա $p < Q_i p < \lambda_i$, այսինքն $Q_i p$ -ն p և λ_i մեծությունների կշռյալ միջինն է:

Ընդունում ենք, որ i - ուր բառի չիիշվելը չի փոխում նրա մշտապահման հավանականությունը հաջորդ փորձարկման ժամանակ, այսինքն՝ $\alpha_2 = 1$: Այս վարկածը հաստատվում է χ^2 չափանիշով՝ $\chi_{հաշվ}^2 = 0.72 < \chi_{տր}^2 = 2.87$: Քանի որ որոշակի փորձերից հետո բոլոր բառերը հիշվում են փորձարկվողների կողմից, ապա $\lambda_1 = 1$: Վերջնական տեսքով (1) համակարգը կունենա հետևյալ տեսքը.

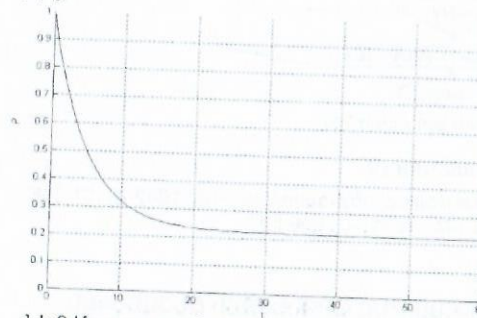
$$\left. \begin{aligned} Q_1 p &= \alpha_1 p + (1 - \alpha_1) \lambda_1 \\ Q_2 p &= p \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

որտեղ՝ $\alpha_1 = 0.856$, $\lambda_1 = 1$, $p_0 = 0.222$:

Այս փորձերում հիշողությունը "կամայական" է, ոչ իմաստային: Այսպիսի դեպքերում սովորած նյութը շատ արագ մոռացվում է, և լատենտային պարբերության վերջում հիշողությունում մնում են միայն առանձին բառեր [2]:



Նկ.1. Մոռացության կորերը (1 - էքսինհաուզի կորը)



Նկ.2. Մոռացության ապրոքսիմացված կորը

Եթե կրկին բառերը սովորելու փորձ արվի, ապա ուսուցումն ավելի արագ կընթանա, քան առաջին անգամ: Այսինքն՝ այդ դեպքում p_0 սկզբնական հիշման հավանականությունը կլինի ավելի մեծ: Այդ փաստը (2) մոդելում հաշվի առնելու համար փորձնական ճանապարհով ստացված էքսինհաուզի հիշողության կորը [2] (տես նկ.1) ապրոքսիմացնում ենք մոդելի տվյալներով հետևյալ բանաձևով.

$$p = (1 - p_0) e^{-\beta t} + p_0, \quad \beta = 0.2043 \frac{1}{\sigma} \quad (3)$$

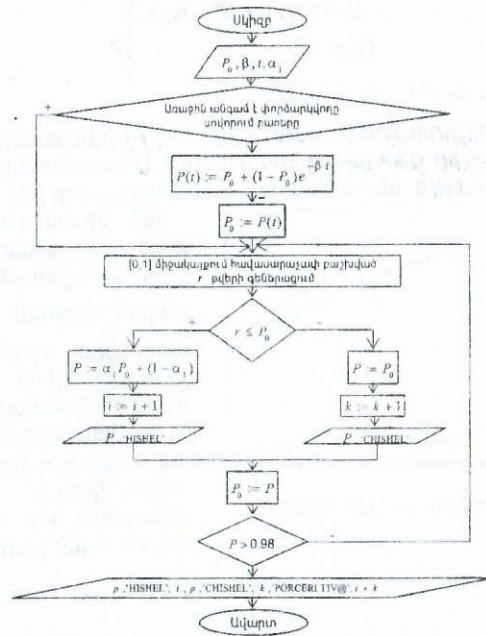
Եթե փորձարկվողը նախկինում արդեն սովորել էր բառերը, ապա կրկին փորձ իրականացնելու դեպքում գրոյական փորձում բառերի հիշման հավանականությունը կորոշվի (3) արտահայտությամբ, կախված նրանից, թե որքան t ժամանակ է անցել բառերը սովորելուց հետո:

Այսպիսով, ստացված մոդելի օգնությամբ հնարավոր է վերարտադրել մարդկանց հետ կապված բառաուսուցման փորձերը, հաշվի առնելով մոռացության գործոնը ուսուցման գործընթացի վրա: Կարող ենք բազմաթիվ անգամ փոփոխել մոդելի պարամետրերը՝ առանց փորձարկվողի ներկայության, և պարզել, թե որ պարամետրերի դեպքում է ուսուցումն ավելի էֆեկտիվ և, որոնց դեպքում՝ ոչ այնքան էֆեկտիվ: Կարող ենք պարզել պա-

րամետրերի կրիտիկական արժեքները, որոնցից մեծի կամ փոքրի դեպքում ուսուցումն այլևս հնարավոր չէ:

Մոդելը կարող է հուշել նաև, թե որքան ժամանակ անց փորձարկվողը պետք է կրկնի սովորած նյութը (բառերը), որպիսի այն ամրապնդվի, վերհիշվի, եթե մոռացվել է, և ավելի լավ յուրացվի:

Մեքենայական փորձերն իրականացվում են Մոնտե-Կառլոյի մեթոդով: Ծրագիրը գրված է PASCAL – ով, որի բլոկ-սխեման այսպիսին է.



Նկ.3. Ծրագրի բլոկ-սխեման
Գրականություն

1. Буш Р. и Мостеллер Ф. Стохастические модели обучаемости. - М.: 1962 -С. 21-308.
2. Люблинская А. А. Детская психология. -М., 1971. -С. 200-233.

ՄՐՏԻ ՐՈՊԵԱԿԱՆ ԾԱՎԱԼԻ ՀԱՇՎԱՌՈՒՄԸ ՕՐԳԱՆԻԶՄԻ ՇՆՁԱՌԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՈՂԵԼՈՒՄ

Ա. Մխիթարյան, Տ. Պետրոսյան, Ա. Կյուրեղյան

Շնչառական համակարգում տեղի ունեցող գործընթացները, որոշակի սահմանափակումներով և ընդունելություններով, նկարագրվում են մաթեմատիկական մոդելի օգնությամբ:

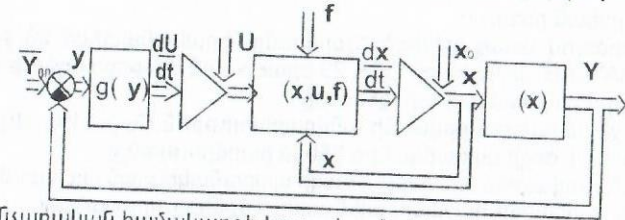
Շնչառական համակարգի արտաքին և ներքին վրդովմունքների ազդեցության դեպքում մեկ հաստատված վիճակից մեկ այլ վիճակի անցման ժամանակ, ֆունկցիոնալ վիճակի փոփոխման դինամիկայի գնահատականի համար, անհրաժեշտ

է տալիս է առաջացել մշակել օրգանիզմում գազափոխանակման պրոցեսի դինամիկ մոդելը:

Առաջարկված մոդելի հիմքում ընկած են գազափոխանակման դինամիկայի նյութական բաղաձայնի հավասարումները [1-4]:

Օրգանիզմի շնչառության մոդելը նկարագրված է վիճակի տարածության մեջ՝ օգտագործելով շնչառական համակարգի մոդելավորման վերաբերյալ կուտակված փորձն ու արդյունքները [3,4]:

Շնչառական համակարգի մոդելը կարելի է ներկայացնել որպես ելքային ազդեցություններով ավտոմատ կառավարման փակ համակարգ նկ. 1՝



Նկ.1. Շնչառական համակարգի կառավարման կառուցվածքային սխեման արտահայտված հետևյալ ոչ գծային հավասարումներով [1,2]

$$\frac{dx}{dt} = \phi(x, u, f); \quad y = \psi(x), \quad (1)$$

որտեղ $x = \{x_j\} = [P_{O_2}^A, P_{CO_2}^A, C_{CO_2}^V, C_{CO_2}^T]^T$ -ը համակարգի օբյեկտի վիճակի վեկտորն է, $(j=1-4)$; $(k=1-3)$; $y = \{y_k\} = [P_{O_2}^a, P_{CO_2}^a, C_{H^+}^T]^T$ -ը՝ ելքի վեկտորը; $f = \{f_j\} = [C_{O_2}^i, C_{CO_2}^i, W]^T$ -ը՝ արտաքին վրդովմունքների վեկտորը, $(j=1-3)$. Կարգավորիչի համակարգը ս կառավարման վեկտորի համար գրենք հետևյալ մատրիցի տեսքով:

$$\frac{du}{dt} = g(\Delta y), \quad (2)$$

$$\Delta y = y_0 - y, \quad (3)$$

որտեղ $u = \{u_j\} = [F_1, F_2, F_3]^T$; $y_0 = \{y_{k0}\}$ - դրվածքների վեկտոր:

Որպես վիճակի վեկտորներ ընդունված են O_2 և CO_2 -ի կոնցենտրացիաները արվելուներում և հյուսվածքներում: Մուտքային փոփոխականներ (վրդովմունքներ) համապատասխանաբար ընդունված են O_2 և CO_2 -ի կոնցենտրացիաները օդում, և ֆիզիկական բեռը: Մոդելի ելքային փոփոխականներն են O_2 -ի և CO_2 -ի լարումները և H^+ իոնների կոնցենտրացիան զարկերակային արյան մեջ [1-5]:

Մաթեմատիկական մոդելների տեսքը կախված է մոդելավորման նպատակից և լուծվող խնդրի կարգից:

Օրգանիզմի շնչառական համակարգի մոդելավորմանը նվիրված նախկին աշխատանքներում [4,5] սրտի բուպական ծավալը նկարագրվում էր միայն թթվածնի ծախսման արագությունից և ֆիզիկական բեռից կախվածության տեսքով, որը բավարար չէր արտաքին ազդեցությունների նկարագրման համար:

Այսպիսով էֆեկտիվ գազափոխանակության համար անհրաժեշտ է նաև թոքերի տարբեր մասերում օդափոխանակության և սրտի բուպական ծավալի համապատասխանություն, հենց այս համապատասխանության խախտումն է, որ հաճախ բերում է գազափոխանակման անբավարարություն մոդելի կարգավոր-

րման փորձերի արդյունքում: Օդափոխանակության և սրտի թոպական ծավալի միջև համապատասխանությունը կոչվում է օդափոխանակային պերֆուզիոն հարաբերություն [6]:

Ելնելով վերը նշվածից մեր կողմից առաջարկում է սրտի թոպական ծավալի հաշվարկման համար օգտագործել հետևյալ պայմանը՝

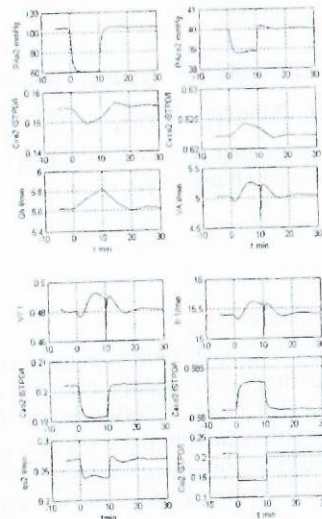
$$Q_i = \begin{cases} 0,0889W + 7q_{O_2} + 3,759, W \neq 0 \\ F_A / 0,8946, W = 0 \end{cases} \quad (4)$$

որտեղ q_{O_2} -ը O_2 -ի ծախսման արագությունն է, F_A -ն՝ օդափոխանակությունը, W -ը՝ ֆիզիկական բեռը:

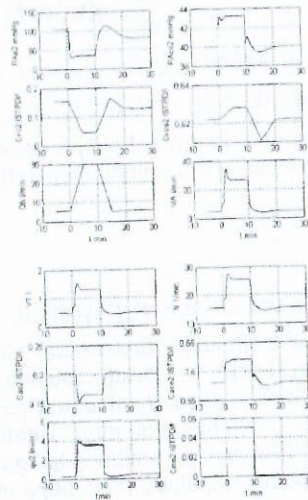
Օգտագործելով առաջարկված ճշգրտումը՝ իրականացված են թվային հաշվարկներ MATLAB միջավայրի ODE 23 ծրագրային փաթեթի օգնությամբ:

Իմիտացված են հետևյալ պրոցեսները՝

1. Շրջակա միջավայրում թթվածնի անվթարություն O_2 -ի 14%, ինչը համապատասխանում է ծովի մակարդակից 5500մ բարձրությանը:
2. Շրջակա միջավայրում ածխաթթու գազի պարունակության մեծացում $CO_2=5\%$: Ընդհանուր առմամբ հաշվարկային արդյունքները որակական և քանակական չափանիշներով համապատասխանում են գրականության մեջ առկա տվյալներին և փորձերին:



Նկ.2. Մոդելի պարամետրերի փոփոխման դինամիկան օդում O_2 -ի 14% պարունակության թթվածնաթափոցի դեպքում



Նկ. 3. Մոդելի պարամետրերի փոփոխման դինամիկան օդում CO_2 -ի 5% պարունակության դեպքում

Ստացված արդյունքներում օդում CO_2 -ի 5% -ի դեպքում օդափոխանակությունը և սրտի թոպական ծավալները մեծացել են 5 անգամ, ինչպես նկարագրվում է ֆիզիոլոգիայում, իսկ նախկինում կատարված աշխատանքների արդյունքում այն մեծանում էր ընդամենը 3 անգամ:

Ակնհայտ է, որ սրտի թոպական ծավալը կախված է արտաքին միջավայրի ազդեցություններից, որի հետևանքով ճշգրտվում է գազերի բաշխումը արյան համակարգում և օդափոխանակության պարամետրը:

Մնացած պարամետրերի արժեքները նույնպես բավական ճշգրտվել են

Գրականություն

1. Гродинз Ф. Теория регулирования и биологические системы.-М.: Мир, 1966. – 246с.
2. Khoo M. C. A model-based evaluation of the single-breath CO_2 ventilatory response test // J. Appl. Physiol.-1990.-V.68 (1).- P.393-399.
3. Timischl S. A Global Model for the Cardiovascular and Respiratory System Karl-Franzens University of Graz.- Austria, 1998.
4. Мхитарян А., Петросян Т., Юреган С. Сравнительный анализ математических моделей дыхательной системы организма // Студенческая юбилейная конференция ГИУА: Сб. материалов, том 1.-Ереван, 2003.- С. 189.
5. Мхитарян А. Имитация физической нагрузки на математической модели дыхательной системы организма // Моделирование, оптимизация, управление. - Ереван, 2004.-Вып.7. -Т. 2. - С. 43.
6. Уест Д. Ж. Физиология дыхания. -М.: Медицина - 1988.

ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԲԵՌԻ ՀԱՇՎԱՌՈՒՄԸ ՍԻՐՏ-ԱՆՈՒՅՆ ԵՎ ՇՆՉԱՌԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԻՆՏԵՐԱՑՎԱԾ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼՈՒՄ

Ս. Կյուրեղյան, Տ. Պետրոսյան, Ա. Մխիթարյան, Մ. Զարամյան

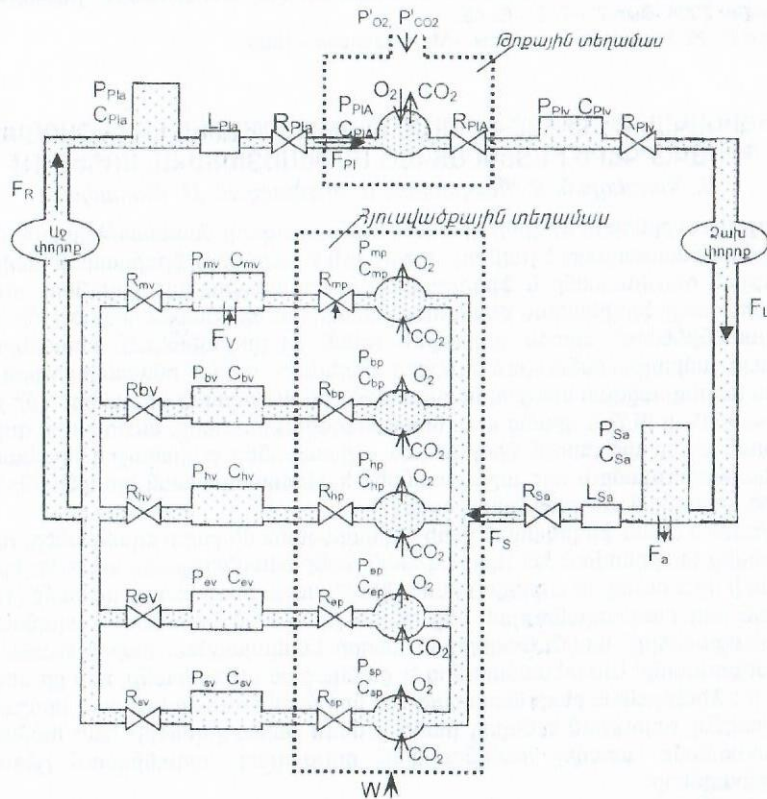
Վերջին տարիներին ֆիզիոլոգիական համակարգերի մաթեմատիկական մոդելավորման բնագավառում լայն ուշադրություն է դարձվում ֆիզիկական բեռի ազդեցության հաշվառմանը և ֆիզիոլոգիական համակարգերի մոդելների ուսումնասիրությանը ֆիզիկական բեռնվածքի տակ: Սա պայմանավորված է մի շարք հանգամանքներով՝ արդեն գոյություն ունեն ֆիզիոլոգիական տեսանկյունից որոշակի ամբողջականություն ունեցող մոդելներ, որոնք հնարավորություն են տալիս ինտեգրացված տեսքով ներկայացնել ու հետոզոտել օրգանիզմի մի շարք համակարգերը [6,7] և դրանց վրա եղած ազդեցությունները, մարդկային գործունեության բոլոր փուլերում ֆիզիկական աշխատանքի բարեհաջող իրականացման կարևորությամբ և այդ աշխատանքին համապատասխան օրգանիզմի կարիքների սպառման անհրաժեշտությամբ [2]:

Գոյություն ունեն ֆիզիկական բեռի ներկայացման մի շարք եղանակներ, որոնք միմյանցից տարբերվում են նկարագրման մանրամասնությամբ, տարբեր համակարգերի վրա ունեցած ազդեցությամբ, ֆիզիկական բեռի ներկայացմամբ [1,6,7]: Սակայն այդ բազմազանության մեջ դեռևս չկան համընդհանուր հավանության արժանացածները՝ պայմանավորված խնդրի ներկայացման բարդությամբ և ոչ միարժեքությամբ: Այս տեսանկյունից էլ ցանկացած աշխատանք, որն իր մեջ ներառում է ֆիզիկական բեռի ներկայացման մոր մոտեցումներ կարող է որոշակիորեն լրացնել գոյություն ունեցող բացը և մյուս մեխանիզմների հետ համատեղ ներկայացմամբ առավել համընդգրկուն ցույց տալ օրգանիզմում ընթացող գործընթացները:

Մեր կողմից առաջարկված մոդելը սիրտ-անոթային և շնչառական համակարգերի ինտեգրացված տեսքով ներկայացնող մաթեմատիկական մոդել է, որում հաշվի են առնված մաս կենտրոնական նյարդային համակարգի (ԿԼՇ) և տեղային

կառավարման մի շարք մեխանիզմների ազդեցությունները [3-5]: Ինտեգրացված համակարգը, ըստ էության կառավարող համակարգի (ԿՆՀ) կառավարվող օբյեկտ է, որը սխեմատիկ տեսքով բերված նկ.1-ում: Համակարգը բաղկացած է արյան շրջանառության երկու շրջաններից և գազափոխանակության երկու տեղամասերից՝ թոքային և հյուսվածքային: Հյուսվածքային տեղամասը կախված լուծվող խնդրի դրվածքից, ներկայացվում է մի շարք գուգահեռ ճյուղերի միջոցով, որոնք արյան շրջանառության մեծ շրջանի առնաձին տեղամասեր են, և որոնց բաժանման հիմնական չափանիշը նրանցից յուրաքանչյուրում ընթացող մետաբոլիզմի տարբեր աստիճաններն են:

Ինչպես հայտնի է [2,6,7], ֆիզիկական աշխատանքի իրականացումը օրագանիզմում ուղեկցվում է հյուսվածքների կողմից լրացուցիչ O_2 -ի սպառմամբ (q_{O_2}) և CO_2 -ի արտադրությամբ: Ֆիզիկական բեռնվածքից կախված՝ արյան հոսքի փոփոխության կախվածությունների՝ մեր կողմից կատարված հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ O_2 -ի լրացուցիչ սպառումը



Նկ. 1. Սիրտ-անոթային և շնչառական համակարգերի ինտեգրացված սխեմա

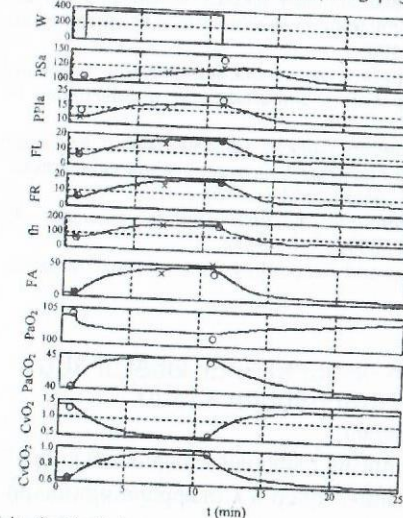
P' ՝ ճնշում (մմսնդ.սյ), R' ՝ հիդրավլիկ դիմադրություն (մմսնդ.սյ*վ*մլ⁻¹), C' ՝ ընկրկելիություն (մլ/մմսնդ.սյ), L' ՝ իներցիականություն (մմսնդ.սյ*մլ*վ⁻²), F' ՝ հոսք (մլ/ր), V_0' ՝ անոթների չլարված ծավալ (մլ), P'_{O_2} , P'_{CO_2} ՝ O_2 և CO_2 պարգիալ ճնշումները ներշնչվող օդում, W' ՝ ֆիզիկական բեռնվածքի մեծություն (վտ). ինդեքսներ՝ S և P' ՝ արյան շրջանառության մեծ ու փոքր շրջաններ, a' ՝ արտերիա, p' ՝ պերիֆերիա, A' ՝ ավելուլա, v' ՝ երակ, m' ՝ մկան, b' ՝ ուղեղ, h' ՝ սիրտ, e' ՝ արտադրություն, s' ՝ որկրային բաժին, L' ՝ ձախ փորոք, R' ՝ աջ փորոք, k' ՝ աջ փորոք կարելի է մոտարկել հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$\frac{dq_{O_2}}{dt} = [q_{O_2,0} - q_{O_2} + k_i W_i] / T_{w_i}, \quad I = \{m, b, h, e, s\}, \quad (1)$$

որտեղ $q_{O_2,0}$ -ն տվյալ տեղամասում հանգիստ վիճակում O_2 -ի սպառման մեծությունն է, k_i -ն՝ ապորքիմացիայի գործակիցը, W_i -ն՝ ֆիզիկական բեռի մեծությունը, որը, նայած թե որ բաժնում է հաշվառվում կարող է ունենալ և տարբեր արժեքներ և տարբեր բնույթներ, T_{w_i} -ն՝ ժամանակային հաստատունը: CO_2 -ի արտադրությունն էլ ուղիղ համեմատական է O_2 -ի սպառմանը հետ R_r շնչառական գործակցի միջոցով՝

$$q_{CO_2} = R_r q_{O_2} \quad (2)$$

Մեր կողմից առայժմ ուսումնասիրվել է հյուսվածքային տեղամասի մկանային բաժինը, և առաջարկվել է մոտարկման գործակիցը ընդունել $k_m=0.0127$, իսկ ժամանակային հաստատունը՝ $T_{wm}=1-1.5$ վ., որը պայմանավորված է նրանով, որ ֆիզիկական աշխատանք իրականացնելիս մետաբոլիզմի գերակշռող մասը տեղի է ունենում մկանային բաժնում, և այստեղից էլ մենք ընդունել ենք, որ մեր մոդելում ֆիզիկական բեռի ազդեցությունը տրվում է ամֆիբալես մկանային բաժնի միջոցով: Սակայն հետագա աշխատանքներում անհրաժեշտ ենք համարում հաշվի առնել նաև ֆիզիկական բեռի ազդեցությունները մյուս բաժինների վրա:



Նկ. 2. Մոդելի պարամետրերի փոփոխությունը ֆիզիկական բեռի ազդեցության տակ.

Հիմնվելով [3-6] և ֆիզիկական բեռի (անաերոբ գործընթացները չեն դիտարկվել) ներկայացման բերված մոտեցման վրա՝ Simulink մի-ջավայրում կազմվել է վիրտուալ մոդել: Մոդելի վրա դիտարկված է $W=380$ վտ (վազը 24 կմ/ժ արագությամբ) մեծությամբ և 10ր տևողությամբ բեռի դեպքը նկ.2.:

x - կլինիկական տվյալներ բերված [6]-ում, o - կլինիկական տվյալներ բերված [1]-ում

Բեռնվածքի ազդեցության տակ միջին արտերիալ ճնշումն աճել է՝ 103 մմսնդ.սյ.ից հասնելով մինչև 125 մմսնդ.սյ.: Այս աճն ապահովում է արյան հոսքի էներգիայի աճ, որով և ապահովվում է մեծ քանակությամբ արյան հոսքը դեպի հյուսվածքներ: Հոսքերի և սիստոլիկ ճնշման աճով

պայմանավորվում է նաև թորային արտերիայում արյան ճնշման աճը, ինչը բերում է ձախ փորոքը լցնող արյան երակային ճնշման աճին: Ձախ և աջ փորոքների գործունեության հետևանքով աճում են սրտից դուրս եկող արյան հոսքերը, որոնք տվյալ դեպքում հասել են մինչև 20 լ/ր և գտնվում են կլինիկական տվյալների նորմալ տիրույթում: Ձախ և աջ փորոքների հոսքերի անցողիկ և հաստատված պրոցեսում հավասար լինելը մեկնաբանվում է վերջիններիս կարգավորող հատկություններով: Սրտի կծկումների հաճախությունը հասել է իր առավելագույնին 180 կծկ/ր [2,7]: Ավելոյար շնչառությանն աճել է՝ հասնելով մինչև 50 լ/ր, ինչը և ապահովում է թթվածնով նորմալ սնուցումը և ածխաթթու գազի հեռացումն օրգանիզմից: Արտերիալ արյան մեջ O_2 և CO_2 -ի պարզիալ ճնշումների շեղումները բավականին փոքր են, ինչը մեկնաբանում ենք տվյալ պարամետրերի կառավարվող մեծություն: Լինելու փաստով, այսինքն օրգանիզմն այնպիսի փոփոխություններ է իրականացնում, որ տվյալ մեծությունների շեղումները անվաճական արժեքներից լինեն հնարավորին չափ փոքր:

Ընդհանուր առմամբ կարելի է ասել, որ մշակած մոտեցումը արտացոլում է իրական օբյեկտում ֆիզիկական բեռի ազդեցության տակ ընթացող գործընթացները, ճիշտ է, տարբեր պարամետրերի նկատմամբ տարբեր ճշտության աստիճան է ցույց տալիս: Սրտի կծկումների հաճախությունների և սրտի հոսքերի մեծությունների տարբերությունը կլինիկական տվյալներից չի գերազանցում 5%: Հիդրավիկ ճնշումների շեղումները կլինիկական տվյալներից կազմում են 7-10%, նույն տիրույթում են գտնվում նաև շնչառական համակարգի պարամետրերը:

Գրականություն

1. Амосов Н. М. Теоретические исследования физиологических систем. -Киев: Наукова Думка.- 1977.
2. Амосов Н.М., Бендет Я.А. Физическая активность и сердце. -Киев: Здоровья, 1989.- 212с.
3. Мхитарян А., Петросян Т., Кюрегян С. Сравнительный анализ математических моделей дыхательной системы организма // Студенческая юбилейная конференция ГИУА: Сб. материалов. Ереван, 2003.- Т. 1.-С. 189.
4. Мхитарян А. Имитация физической нагрузки на математической модели дыхательной системы организма// Моделирование, оптимизация, управление. - Ереван, 2004.- Вып.7.-Т. 2.- С. 43
5. Петросян Т., Мхитарян А., Кюрегян С. Математическое моделирование влияния внешних воздействий на сердечно-сосудистую систему // Студенческая юбилейная конференция ГИУА: Сб. материалов, том 1.-Ереван, 2003.- С. 187
6. Magosso E., Ursino M. Cardiovascular responses to dynamic aerobic exercise: A mathematical model // J Med. Biol. Comput., V. 40, 2002, P. 660-674.
7. Timischl S. A Global Model for the Cardiovascular and Respiratory System. Karl-Franzens University of Graz.- Austria, 1998.

ՆԱՐԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԵԹՈԴԻ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ-ԹԵՅԼՈՐՅԱԼ (ԴԹ) ՆՄԱՆԱԿԸ ՈՉ ԱՎՏՈՆՈՍ ՄԱՏՐԻՑՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

Օ. Կուչատյան

n -կարգանի A ավտոնոմ մատրիցների մոդուլով ամենամեծ սեփական թվերի՝ λ_1 և λ_2 , որոշման հայտնի մեթոդներից են Ֆոն-Միզեսի և λ տարբերությունների մեթոդները: Ֆոն-Միզեսի մեթոդը հնարավորություն է տալիս գտնել մոդուլով

ամենամեծ սեփական թիվը λ_1 -ը, իսկ λ -տարբերությունների մեթոդը՝ սեփական թվերի ըստ մոդուլի նվազող հաջորդականության հաջորդ անդամը՝ λ_2 -ը [1]:

Այդ թվերը որոշվում են հետևյալ առնչությունների միջոցով.

$$\bar{y}^{(0)}, \bar{y}^{(k+1)} = A \cdot \bar{y}^{(k)}, \quad k = 1, 2, \dots,$$

որտեղ $\bar{y}^{(0)} = (y_1^{(0)}, y_2^{(0)}, \dots, y_n^{(0)})^T$ -ն n -չափանի, կամայականորեն ընտրվող վեկտոր է:

Ըստ Ֆոն-Միզեսի մեթոդի

$$\lambda_{1,k+1} \approx y_i^{(k+1)} / y_i^{(k)}, \quad i = \overline{1, n}, \quad \lambda_1 = \lim_{k \rightarrow \infty} \lambda_{1,k+1}, \quad (1)$$

որտեղ $y_i^{(k)}, y_i^{(k+1)}$ -ը \bar{y} վեկտորի i -րդ տարրերն են

համապատասխանաբար k -րդ և $(k+1)$ -րդ իտերացիաներում; $\lambda_{1,k+1}$ -ը λ_1 սեփական թվի արժեքն է $(k+1)$ -րդ քայլում;

λ -տարբերությունների մեթոդը թույլ է տալիս գտնել λ_2 սեփական թիվը՝ λ_1 -ը հաշվելուց հետո:

Ըստ այս

$$\text{մեթոդի } \lambda_{2,k+1} \approx (y_i^{(k+1)} - \lambda_1 \cdot y_i^{(k)}) / (y_i^{(k)} - \lambda_1 \cdot y_i^{(k-1)}), \quad i = \overline{1, n}, \quad \lambda_2 = \lim_{k \rightarrow \infty} \lambda_{2,k+1}, \quad (2)$$

կամ

$$\lambda_2 \approx \Delta_{\lambda_1} y_i^{(k)} / \Delta_{\lambda_1} y_i^{(k-1)}, \quad (3)$$

որտեղ $y_i^{(k-1)}$ -ը \bar{y} վեկտորի i -րդ տարրն է $(k-1)$ -րդ իտերացիայում,

$\lambda_{2,k+1}$ -ը սեփական թվերի ըստ մոդուլի նվազող հաջորդականության հաջորդ անդամի մոտավոր արժեքն է $(k+1)$ -րդ քայլում, $\Delta_{\lambda_1} y^{(k)} = \bar{y}^{(k+1)} - \lambda_1 \bar{y}^{(k)}$ ($k = 0, 1, 2, \dots$)

$\bar{y}^{(k)}$ -ից λ -տարբերությունն է:

Ներկայացնենք նշված մեթոդի նմանակը ոչ ավտոնոմ համակարգերի համար՝ օգտագործելով Պուլսովի դիֆերենցիալ ձևափոխությունները [4]:

Ենթադրենք, որ $A(t)$ մատրիցի $a_{ij}(t)$, $i, j = \overline{1, n}$, տարրերն օժտված են բավարարող որոշումներ, այսինքն՝ գոյություն ունեն այդ տարրերի K -րդ կարգի ածանցյալները ($K = \overline{0, \infty}$):

Ներմուծենք հետևյալ նշանակումները (ԴԹ-պատկերները և բնօրինակները).

$$Y^{(q)}(K) \cdot \bar{y}^{(q)}(t), \quad q = \overline{1, \infty}, \quad K = \overline{0, \infty};$$

$$y_i^{(q)}(K) \cdot y_i^{(q)}(t), \quad q = \overline{1, \infty}, \quad K = \overline{0, \infty};$$

$$\lambda_1(K) \cdot \lambda_1(t), \quad q = \overline{1, \infty}, \quad K = \overline{0, \infty};$$

$$\lambda_2(K) \cdot \lambda_2(t), \quad q = \overline{1, \infty}, \quad K = \overline{0, \infty};$$

$$\lambda_1(K) \cdot \lambda_1(t), \quad K = \overline{0, \infty}; \quad \lambda_2(K) \cdot \lambda_2(t), \quad K = \overline{0, \infty};$$

$$A(K) \cdot A(t), \quad K = \overline{0, \infty};$$

Հաշվի առնելով այս նշանակումները՝ ոչ ավտոնոմ մատրիցների համար կունենանք հետևյալ առնչությունները.

$$Y^{(q)}(K), Y^{(q+1)}(K) = A(K) * Y^{(q)}(K), q=1,2,\dots;$$

$$\lambda_{1,q+1}(K) \approx \left| \frac{y_i^{(q+1)}(K)}{y_i^{(q)}(K)} \right|, i=\overline{1,n}, \lambda_1(K) = \lim_{q \rightarrow \infty} \lambda_{1,q+1}(K); \quad (5)$$

$$\lambda_{2,q+1}(K) \approx \left| \frac{y_i^{(q+1)}(K) - \lambda_1 * y_i^{(q)}(K)}{y_i^{(q)}(K) - \lambda_1 * y_i^{(q-1)}(K)} \right|, i=\overline{1,n}, \lambda_2(K) = \lim_{q \rightarrow \infty} \lambda_{2,q+1}(K),$$

որտեղ * - ը և | | - ը համապատասխանաբար ԴԹ-բազմապատկումն ու բաժանումն են:

(5) առնչությունները ներկայացնենք բացահայտ տեսքով.

$$Y^{(q+1)}(K) = \sum_{l=0}^K A(K-l) \cdot Y^{(q)}(l), q=1,2,\dots;$$

$$\lambda_{1,q+1}(K) \approx \frac{y_i^{(q+1)}(K) - \sum_{l=1}^K \lambda_{1,q+1}(K-l) \cdot y_i^{(q)}(l)}{y_i^{(q)}(0)}, i=\overline{1,n}, \quad (6)$$

$$\lambda_{2,q+1}(K) \approx \left(y_i^{(q+1)}(K) - \sum_{l=0}^K \lambda_1(K-l) \cdot y_i^{(q)}(l) - \sum_{l=1}^K \lambda_{2,q+1}(K-l) * \right.$$

$$\left. * \left[y_i^{(q)}(l_1) - \sum_{l_2=0}^{l_1} \lambda_1(l_1-l_2) \cdot y_i^{(q-1)}(l_2) \right] \right) / \left(y_i^{(q)}(0) - \lambda_1(0) \cdot y_i^{(q-1)}(0) \right), \quad (7)$$

$$i=\overline{1,n}:$$

(6) և (7) առնչությունները համապատասխանաբար Ֆոն-Միզեսի և λ -տարբերությունների մեթոդի ԴԹ-մանակներն են:

$\lambda_1(t)$ և $\lambda_2(t)$ բնօրինակները կարելի է որոշել՝ օգտագործելով հակադարձ ԴԹ-ձևափոխությունները: Մասնավորապես, մոտարկման t_v կետորոնի դեպքում կստանանք [4].

$$\lambda_1(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{t-t_v}{H} \right)^k \cdot \lambda_1(K), \quad \lambda_2(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{t-t_v}{H} \right)^k \cdot \lambda_2(K):$$

$\lambda_1(t)$ և $\lambda_2(t)$ բնօրինակների վերականգնումը կարելի է իրականացնել նաև օգտագործելով դիֆերենցիալ-պաղեյան, դիֆերենցիալ-աստիճանային և այլ ձևափոխություններ [4]:

Դիտարկենք մոդելային օրինակ.

$$A(t) = \begin{bmatrix} \cos t + 1 & t + 5 & 4t^2 - 3t & 0 & 1 \\ t + 2 & 1 & 3t + 5 & \sin t & 0 \\ t^3 & 1 & t^2 + 1 & \cos(t+1) & 0 \\ e^t & \sin 2t & 0 & 1 & t \\ 1 & 0 & 0 & 0 & t \end{bmatrix};$$

Մոտարկման կետորոնը վերցնենք $t_v = -0.15$:

Ստանալով սեփական արժեքների դիսկրետները և վերականգնելով բնօրինակները՝ կունենանք հետևյալ ֆունկցիաները.

$$\lambda_1(t) = 5.29968439 + 1.72706570 \cdot (t + 0.15) + 0.37408305 \cdot (t + 0.15)^2 +$$

$$+ 0.47226146 \cdot (t + 0.15)^3 + 0.04998860 \cdot (t + 0.15)^4 +$$

$$+ 0.43663856 \cdot (t + 0.15)^5 - 0.12136953 \cdot (t + 0.15)^6 - 0.02596633 \cdot (t + 0.15)^7,$$

$$\lambda_2(t) = -3.19073529 - 0.60921322 \cdot (t + 0.15) + 0.50486101 \cdot (t + 0.15)^2 +$$

$$+ 1.00038115 \cdot (t + 0.15)^3 + 0.77730852 \cdot (t + 0.15)^4 -$$

$$- 0.12731807 \cdot (t + 0.15)^5 + 0.33483144 \cdot (t + 0.15)^6 + 0.47162072 \cdot (t + 0.15)^7:$$

Եզրակացություն: Ինչպես նշված եղանակների, այնպես էլ հայտնի QR ալգորիթմի [2,3] կիրառմամբ ստացված արդյունքների վերլուծությունը հանգեցնում է նրան, որ բոլոր մեթոդներով որոշված սեփական ֆունկցիաները մեծ ճշտությամբ համընկնում են իրար հետ, ինչը մասնանշում է առաջարկված եղանակի բարձր հաշվողական արդյունավետությունը, նրա անհամեմատ պարզ լինելու պատճառով:

Գրականություն

1. Մինոնյան Ա.Յ. Հաշվողական մեթոդների կիրառական տեսություն: Երևան. ԳՊԵՅ, 2001.- 217էջ:
2. Симонян С.О., Аветисян А.Г., Бадалян Г.А. QR^{ΔΠ}-Алгоритм для разложения неавтономных матриц //Вестник Инженерной академии Армении, 2004.-Т. 1, №1.- С.122-129.
3. Симонян С.О., Аветисян А.Г., Бадалян Г.А. QR^{ΔΠ}-Аналог определения комплексных собственных значений неавтономных матриц //Вестник Инженерной академии Армении, 2004.-Т. 1, №3.- С.432-442.
4. Пухов Г.Е. Дифференциальные преобразования функций и уравнений. -Киев: Наук. думка, 1984.-420с.

ՈՉ ԱՎՏՈՆՈՍ ԳԾԱՅԻՆ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ԿՐԱՄԵՐԻ ԵՆ ՏՏՕՐ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԻ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ-ԹԵՅԼՈՐՅԱՆ ՆՄԱՆԱԿՆԵՐԸ

Գ. Վարդանյան

Ներկայացնենք վերջավոր ոչ ավտոնոմ գծային հավասարումների համակարգերի լուծման մի քանի եղանակների դիֆերենցիալ - թեյլորյան (ԴԹ) մանակները և զուգահեռականացման ալգորիթմները:

1. Ոչ ավտոնոմ հավասարումների համակարգերի լուծման Կրամերի եղանակը:

Ունենք հավասարումների հետևյալ համակարգը

$$A(t) \cdot X(t) = b(t) \quad (1)$$

որտեղ $A(t) = (a_{ij}(t)), i, j = \overline{1,n}$, $X(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))^T$, $b(t) = (b_1(t), \dots, b_n(t))^T$: Ենթադրենք, որ $A(t)$ մատրիցի $a_{ij}(t)$, $i, j = \overline{1,n}$ և $b_i(t), x_i(t), i = \overline{1,n}$ տարրերն

օժտված են բավարարող որոշումներ, այսինքն՝ գոյություն ունեն այդ տարրերի $K -$ րդ կարգի ածանցյալները $K = 0, 1, \dots$:

Դիֆերենցիալ ձևափոխությունների տիրույթում [1] պատկերները ներկայացնելու համար կատարենք հետևյալ նշանակումները.

$$\begin{aligned} b_j(t) + B_j(K), \\ a_j(t) + A_j(K), \\ x_j(t) + X_j(K): \end{aligned} \quad (2)$$

Այս դեպքում խնդրի փնտրվող լուծումների վեկտորի պատկերների որոշման համար կունենանք հետևյալ առնչությունները.

$$X_j(K) = \begin{vmatrix} \dots & A_{1,j-1}(K) & B_j(K) & A_{1,j+1}(K) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & A_{n,j-1}(K) & B_n(K) & A_{n,j+1}(K) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{vmatrix} \quad (3)$$

որտեղ \det - ը ոչ ավտոնոմ մատրիցի որոշիչ նշանակումն է:
Ոչ ավտոնոմ համակարգերի համար դետերմինանտի հաշվումն իրականացնենք Ֆադեևի մեթոդի նմանակի միջոցով [4]:

Կրամերի եղանակով խնդրի լուծումը հանգում է $\left| \frac{U_i(K)}{V(K)} \right|_{i=\overline{1,n}}$ հարաբերություն-

ների որոշմանը դիֆերենցիալ ձևափոխությունների տիրույթում:

Արմատ - բնօրինակները որոշելու համար կունենանք.

$$Z(K) = \left| \frac{U_i(K)}{V(K)} \right| = \frac{U_i(K) - \sum_{l=0}^{K-1} Z(l) \cdot V(K-l)}{V(K)}, \quad i = \overline{1,n} \quad (4)$$

Ներկայացնենք Կրամերի մեթոդի իրականացումը զուգահեռ պրոցեսորներով համակարգի կիրառման դեպքում [2, 3]: Խնդիրը լուծելու համար ներմուծենք դիսկրետների պահանջվող K քանակը, անհայտների կամ հավասարումների n քանակը, $A(K)$ դիսկրետների մատրիցը և $B(K)$ վեկտորը: Ենթադրենք ունենք $n+1$ հատ պրոցեսորներ: $P1$ -ը հաշվում է $A(K)$ -ի դետերմինանտը, իսկ մնացած պրոցեսորները՝ $P2, \dots, Pn+1, (Pj+1, j = \overline{1,n})$ $A(K)$ -ի j -րդ սյունը $B(K)$ -ով փոխարինված $A_j(K)$ -երի դետերմինանտները:

Որոշիչները հաշվելիս բոլոր պրոցեսորները զբաղված են, և կատարվող գումարման և բազմապատկման գործողությունների թիվը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$\begin{aligned} (n-1) \cdot \left[\sum_{i=0}^K [(i+1)(2n^3 - n^2)] + 2n^3(K+1) + n^2(K+1) \right] + \sum_{i=0}^K [(i+1)(2n^4 - 3n^3 + n^2)] + \\ + (2n^4 - 2n^3 + n^2)(K+1) \end{aligned}$$

$P1$ -ի միջոցով հաշվված դետերմինանտի դիսկրետները փոխանցվում են $P2, \dots, Pn+1$ պրոցեսորներին, որոնք էլ հաշվում են հավասարումների համակարգի արմատների դիսկրետները ըստ (4) հավասարման: Այս դեպքում յուրաքանչյուր պրոցեսորի կատարած գումարման և բազմապատկման գործողությունների քանակը կլինի.

$$\sum_{i=0}^K (2 \cdot i + 1)$$

Հակառակ անցումն իրականացվում է վերականգնող հետևյալ առնչությամբ.

$$X_i(t) = \sum_{k=0}^t \left(\frac{t-k}{H} \right)^k X_i(K),$$

որտեղ $t, -$ ն մոտարկման կենտրոնն է:

Այս դեպքում $P1$ պրոցեսորը պարապուրդի մեջ է: Ստացվում է, որ որոշիչները հաշվելիս ունենք իդեալական արագացում: Իսկ արմատները հաշվելիս 1 պրոցեսոր է պարապուրդի մեջ՝ աշխատում են միայն n պրոցեսորները:

2. Ոչ ավտոնոմ գծային հավասարումների համակարգերի լուծման SSOR մեթոդը:

Այժմ ներկայացնենք $A(t) \cdot X(t) = b(t)$ համակարգի լուծման խտրացիոն եղանակ: Ոչ ավտոնոմ համակարգի լուծումների փնտրման յուրաքանչյուր խտրացիայում հաշվվում են դիսկրետները համաձայն հետևյալ առնչությունների.

$$\begin{aligned} X_{i,j}(K) = (D(K) - \omega U(K))^{-1} * ((1-\omega)D(K) + \omega L(K)) * (D(K) - \omega L(K))^{-1} * \\ * ((1-\omega)D(K) + \omega U(K)) * X_i(K) + \hat{d}(K) \\ \hat{d}(K) = \omega \cdot (D(K) - \omega U(K))^{-1} * (((1-\omega)D(K) + \omega L(K)) * (D(K) - \omega L(K))^{-1} + I) * B(K) \end{aligned}$$

Հակադարձի հաշվումը կիրականացնենք Ֆադեևի եղանակով [4]:
Ներկայացնենք զուգահեռականացման ալգորիթմը, երբ ունենք 2 պրոցեսոր ($P1, P2$).

$P1$ - ը հաշվում է՝ $(D(K) - \omega L(K))^{-1} \cdot ((1-\omega)D(K) + \omega L(K))$

$P2$ - ը հաշվում է՝ $(D(K) - \omega U(K))^{-1} \cdot ((1-\omega)D(K) + \omega U(K))$

$P1$ -ն ու $P2$ -ը կատարում են

$$\sum_{i=0}^K [(i+1)(2n^4 - 3n^3 + n^2)] + \sum_{i=1}^K [n^2(3i-1)] + (K+1)(2n^4 + n^3 + 4n^2) \quad \text{գումարման և}$$

բազմապատկման գործողություններ:

Այնուհետև $P1$ - ը հաշվում է.

$$(D(K) - \omega U(K))^{-1} * ((1-\omega)D(K) + \omega L(K)) * (D(K) - \omega L(K))^{-1} * ((1-\omega)D(K) + \omega U(K))$$

արտահայտությունը և կատարում է՝

$$3 \left[\sum_{i=0}^K [n^3(2i+1)] + (K+1)(n^3 - n^2) \right] \quad \text{գումարման և բազմապատկման գործողու}$$

յուններ:

Իսկ $P2$ - ը հաշվում է \hat{d} -ն կատարելով՝

$$\sum_{i=0}^K [(2n^3 + n^2)(2i+1)] + (2n^3 + n^2 - n)(K+1) \quad \text{գումարման և բազմապատկման գործո}$$

ղություններ:

Երբ $n -$ ը $2 -$ ին պատիկ է, ապա յուրաքանչյուր պրոցեսոր յուրաքանչյուր խտրացիայում կատարում է հավասար քանակով գործողություններ: Հակառակ դեպքում 1 պրոցեսոր պարապուրդի մեջ է $(j+1) -$ րդ քայլի դեպքում, որտեղ $j -$ ն $n/2 -$ ի արդյունքում ստացվածն է:

ԴՊ-մոդելներում առկա է մեծ առավելություն թվային մոտեցման նկատմամբ (գործակիցների հավասարեցման մեթոդ), որը, սովորաբար, ընդգրկում է հաշվողական գործողությունների անհամեմատ մեծ ծավալ և բաղկացած է 2 փուլից.

- դիտարկվող ժամանակային միջակայքից անկախ է պարամետրի որևէ անրակալած արժեքի դեպքում սերված համակարգի լուծման փուլ՝ զծային հանրահաշվի որևէ թվային մեթոդի կիրառմամբ.
- որևէ միջարկող բազմանդամի օգնությամբ (օրինակ՝ Նյուտոնի կամ Լագրանժի) ըստ ստացված տվյալների փնտրվող $X(t)$ վեկտորային բազմանդամի կառուցման փուլ:

Վերջավոր ոչ ավտոնոմ հավասարումների համակարգերի լուծման ԳՅՄ մոդելի դեպքում սովորաբար պահանջվում է

$$2 \cdot (K+1)^4 \cdot n^4 + (11 \cdot K^3 + 21 \cdot K^2 + 12 \cdot K + 2) \cdot n^3 + (5 \cdot K^2 + 8 \cdot K + 3) \cdot n^2 - (K+1) \cdot n$$

հատ գումարման և բազմապատկման գործողություն, ինչը նոտավորապես 52 անգամ գերազանցում է SSOR մեթոդի ԴՊ-մնանակի և մոտավորապես 19 անգամ Կրամերի եղանակի ԴՊ-մնանակի կիրառման դեպքում պահանջվող գումարման և բազմապատկման գործողությունների քանակին:

Գրականություն

1. Пухов Г.Е. Дифференциальные преобразования функций и уравнений. - Киев: Наукова думка, 1984. -420 с.
2. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем /Пер с англ. - М.: Мир, 1991.-367с.
3. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: -Петербург, 2004.-608 с.
4. Аветисян А.Г., Симонян С.О., Бадалян Г.А. Аналог метода Фаддеева для неавтономных матриц //Известия НАН РА и ГИУА, Т.LVII, 2004. - С.121-129.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТОКОЛА SNMP В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

Р. Аветисян, Р. Геворкян

Передовой мировой опыт доказывает, что повышение эффективности деятельности современного предприятия возможно только при наличии единой системы, объединяющей управление финансами, персоналом, снабжением, сбытом и собственно производством. Такие системы рассматриваются как средство достижения основных целей бизнеса: улучшение качества выпускаемой продукции, снижение издержек и увеличение объема производства, занятие устойчивых позиций и получение существенных конкурентных преимуществ на рынке. Использование замкнутых на себя систем управления предприятием, таких как, например, R3 или BAAN, не решает в отдельности проблемы промышленного предприятия в целом, они самодостаточны только для автоматизации задач административно-управленческого уровня предприятия. Для использования всех возможностей таких систем в полном объеме необходим ввод в них оперативных и достоверных данных с уровня технологических и производственных процессов. Оперативность получения производственной информации позволяет всем уровням уп-

равления предприятием обеспечить текущий контроль и мониторинг основного и вспомогательного производственного процесса в реальном масштабе времени. Для того чтобы информационная система предприятия решала задачу снижения общей себестоимости продукции и приводила к интегрированному понятию экономической эффективности производства в целом, в основе информационной системы должна лежать развитая коммуникационная инфраструктура предприятия.

На сегодняшний день коммуникационные средства интеграции в основном базируются на сети Ethernet (Ethernet, Industrial Ethernet, Radio Ethernet). Следует отметить, что протокол SNMP (Simple Network Management Protocol - простой протокол управления сетью) традиционно использовался как средство администрирования Ethernet-сетей. Однако в современной ситуации, когда Ethernet все активнее проникает на производственный уровень, SNMP может выступать в качестве средства, инструмента доступа к промышленным устройствам и данным в режиме реального времени. В большинстве современных программируемых логических контроллеров (ПЛК) есть регистры состояния, через которые возможно контролировать работоспособность этих контроллеров, точно так же как протокол SNMP - предоставляет сведения о текущем состоянии устройств Ethernet-сети. Применение системы управления сетями на базе протокола SNMP позволит обеспечивать ту степень надежности управляющих Ethernet-систем, которая от них ожидается. Основное назначение протокола SNMP - предоставление удаленного доступа к устройствам в составе сети Ethernet. Этот протокол был разработан в 80-х годах прошлого столетия как средство контроля и управления быстроразвивающимися Ethernet-системами, работающими по протоколу TCP/IP. До его появления для получения информации о состоянии какого-либо устройства управляющая станция должна была быть физически к нему подключена в режиме точка-точка. В определенном отношении управляемые сетевые устройства аналогичны программируемым контроллерам. Вся диагностическая и оперативная информация собирается программой-агентом SNMP, исполняющейся в микропроцессоре сетевого устройства. Собранные сведения хранятся в памяти устройства, будто в регистрах ПЛК, и становятся доступными после обращения к агенту из удаленного компьютера по протоколу SNMP. Собранные в устройстве сведения называются базой управляющей информации (MIB - Management Information Base). Существуют два типа MIB-баз: общесистемные (public) и специфические (private). Общесистемные базы хранят информацию, характерную для большинства устройств сети, специфические - уникальную именно для данного устройства. Однако SNMP может обеспечить не только мониторинг системных, сетевых данных. Он позволяет также выполнять определенные действия в удаленном устройстве: разрешение работы порта, установку коммуникационных параметров порта и т.п. Что нужно для реализации SNMP-управления в Ethernet-сети? Во-первых, необходимо использовать сети на базе протокола TCP/IP. В настоящее время TCP/IP лежит в основе почти всех современных управляющих Ethernet-протоколов, так что этому требованию удовлетворяют почти все сети. Во-вторых, сетевые устрой-

ства должны быть управляемыми. Для работы сетевого концентратора или коммутатора совершенно необязательно иметь встроенный агент управления. Неуправляемые сетевые устройства обычно не имеют в своем составе процессор, в котором должна исполняться программа SNMP-агента. Многие производители предлагают, как правило, две версии своих сетевых устройств: неуправляемые и управляемые. Так, все производители источников бесперебойного питания (ИБП), серверов последовательных устройств и прочего оборудования реализуют в своей продукции поддержку SNMP. В-третьих, необходимо применять программные средства управления сетями. Большинство имеющихся в продаже пакетов управления рассчитано на администраторов офисных сетей. Реализация средств управления в промышленной системе обычно сопровождается выделением для них специальной станции, поскольку разработчики автоматизированных систем, как правило, отрицательно относятся к тому, чтобы в их машинах наряду с диспетчерскими SCADA-системами и программным обеспечением, реализующим человеко-машинный интерфейс, исполнялись какие-либо другие программы. К сожалению, подобный подход приводит к появлению систем с двойными управляющими станциями: одна используется для контроля и управления сетью, а другая - для контроля оперативных параметров ПЛК и управляющих систем. Таким образом, сложившаяся ситуация предрасполагает к созданию гибридных систем управления сетями, базирующихся на традиционных SNMP-средствах, благодаря которым администраторы сети получают возможность читать и записывать данные в удаленное управляемое сетевое устройство. При этом целесообразно элементы MIB-базы SNMP-протокола определить как переменные SCADA-системы, что позволит хранить их в общей базе данных наряду с другими данными, получаемыми управляющей системой. Подобное объединение сетевой и объектной оперативной информации позволит при анализе исключительных системных ситуаций учитывать не только параметры самой системы управления, но и параметры сети. В состав сведений, характеризующих каждое сетевое устройство, входят такие данные, как состояние порта связи, пропускная способность порта, состояние источника питания, а также количество передаваемой портом информации. Таким образом, наличие двух управляющих станций совершенно необходимо. Контроль состояния сети может осуществляться с применением всех средств, входящих в состав современной SCADA-системы: мощного регистратора данных, средств выявления закономерностей, графического пользовательского интерфейса и т.д. Следовательно, удастся избежать всех недостатков и издержек, свойственных традиционному двухстанционному подходу.

Чтение и использование SNMP-данных - следующий логический шаг на пути распространения Ethernet в область современных средств управления производственными процессами. Способность сохранять работоспособность и высокие рабочие характеристики сети в любой момент времени еще более усиливают позиции Ethernet как коммуникационной магистрали управляющих систем будущего. Что касается промышленных коммуникаций в системах автоматизации будущего, то это, безусловно, должны быть испытан-

ные, основанные на стандартах технологии. Они должны быть однородными, безопасными, интегрированными с системами автоматизации офисной деятельности. Кроме этого, они должны быть оптимизированы по стоимости, гарантируя при этом высокую надежность и эксплуатационную готовность. Для работы приложений, критичных к потокам информации, поступающей с нижнего уровня, следующее поколение промышленных сетей должно обеспечивать множество сервисных уровней. Ситуация на данный момент такова, что Industrial Ethernet - это во многом еще нагромождение требующих решения вопросов, таких как организация физического уровня, стандартизация протокола прикладного уровня, отсутствие понятия объектов, применимость в промышленных условиях, безопасность и защита оперативных данных в случае использования открытых протоколов, совместимость устройств различных производителей и т.д. Ряд этих вопросов успешно решается отдельными компаниями для отдельного множества контроллерного оборудования (Siemens, Schneider Electric, Festo и др.). Все это свидетельствует о том, что существующие промышленные шины будут по-прежнему использоваться и в будущем. Более того, появление единого стандарта механизмов обмена данными через Industrial Ethernet в режиме реального времени вряд ли вероятно. Деятельность ассоциаций типа IONA, IDA по разработке единых стандартов имеет огромное значение, поскольку они позволяют устранить различие между разрабатываемыми промышленными сетевыми системами на базе Ethernet. Благодаря этим усилиям Ethernet имеет реальную возможность превратиться в новую мощную коммуникационную систему, ориентированную на будущие системы автоматизации и способную осуществить трансформацию от традиционного Ethernet через Industrial Ethernet к Transparent Factory.

Литература

1. Терлецкий М.Ю., Патрахин В.А. Proficy iFIX - основа для создания современной АСУ// Промышленные АСУ и Контроллеры. - 2005. - №5.
2. Black U. Network Management standards, the OSI, SNMP and CMOL protocols. - McGraw-Hill, NY, 1992.

СИСТЕМА ПРИНЦИПОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Г. Акопян

Целью работы: является разработка системы принципов автоматической ликвидации асинхронного режима (АЛАР), являющейся одной из функций противоаварийного управления (ПУ) электроэнергетических систем.

Обоснованием цели служит высокая ответственность данной функции ПУ. Степень ответственности АЛАР определена недопустимостью существования даже двухчастотного асинхронного режима (АР) в современных ЭЭС сложных структур из-за угрозы его развития в большинстве случаев в опасный многочастотный АР с блуждающим по элементам ЭЭС электричес-

ким центром качаний (ЭЦК)[7,9]. Вследствие поэтапного выпадения электростанций из синхронизма и последующего каскадного развития аварии в ЭЭС имеют место значительные нарушения электроснабжения потребителей вплоть до возможности полного погашения энергосистемы, как это имело место в ЭЭС США и Канады 14.08.2003 г.[18].

С другой стороны, цель работы обоснована серьезными принципиальными недостатками существующих устройств АЛАР, получивших широкое применение в ЭЭС всего мира и производимых ведущими компаниями мира (ABB, Siemens, Areva и др.) в составе микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики, выполняющих также функцию PSP (Pole Slip Protection) [3,6,7,9,15,16,17,19].

Недостатки этих устройств АЛАР:

- ненадежная отстройка устройства от неопасных синхронных качаний в условиях, когда существование АР недопустимо. Это может стать причиной возникновения аварии вследствие неправильного отключения электропередачи[3,6,7,9,12,13,17,19];
- может отказать в действии во время АР с большими скольжениями, в частности, при многочастотном АР, а в некоторых случаях -и при глубоких понижениях напряжения при расположении ЭЦК близко к месту установки устройства. Недостаток угрожает опасным развитием аварии [6,7,9,17,19];
- отсутствует контроль тенденции развития АР в случаях, когда ЭЭС допускает непродолжительный (15-30 сек.) АР с целью ресинхронизации для организации адаптивного воздействия на ЭЭС[9,10,14,17,19];
- устройство имеет мертвую зону ~15% контролируемого участка электропередачи[6,7,9,17,19];
- некоторые устройства АЛАР требуют оперативной перенастройки уставок при изменении режима работы ЭЭС в большом многообразии и др.[15].

Другими словами, принципы, заложенные в существующие и получившие широкое распространение устройства, не способны надежно совместить основополагающие принципы противоаварийной автоматики -надежность, чувствительность и селективность[6,7,9]. Все вышеперечисленное приводит к настоятельной необходимости создания новой системы принципов АЛАР [2,3,4,9,15,16].

Полученные результаты:

- Установлена зависимость скорости и ускорения изменения частоты в различных точках электропередачи от времени в АР ее работы.
- Разработана система принципов АЛАР для контроля участка электропередачи с использованием трех принципиально новых признаков выявления АР на ранней его стадии, когда взаимный угол δ между векторами ЭДС эквивалентных генераторов асинхронно движущихся частей ЭЭС проходит три значения, близких к критическому углу $\delta_{кр}$:

I-й признак – знаки скоростей изменения частоты на концах контролируемого участка передачи оказались разными – служит для выявления АР в момент наступления АР, т.е. когда $\delta_1 = \delta_{кр}$;

II-й признак – величина мгновенного значения скорости изменения частоты в узле контроля превышает заданную уставку – служит для выявления

АР в момент, когда $\delta_{кр} < \delta_2 < 180^\circ$, но ближе к $\delta_{кр}$;
III-й признак скорость изменения частоты в узле контроля изменилась – служит для выявления АР в момент, когда $\delta_3 = 180^\circ$.

- Разработан новый принцип контроля тенденции развития АР в случаях, когда из условий работы ЭЭС допускается непродолжительный (15-30 с) АР с целью ресинхронизации асинхронно движущихся частей ЭЭС с использованием нового признака контроля изменения величины средней разности частот и величины средней частоты в узле электропередачи, определения целесообразности ожидания ресинхронизации или воздействия на ЭЭС с целью способствования ресинхронизации или ее деления.
- Разработан новый способ автоматического прогноза неизбежности возникновения АР в момент наступления квазиустановившегося режима ЭЭС, тяжести аварийного возмущения, текущего состояния ЭЭС и ожидаемых критических параметров скольжений с использованием признаков контроля изменения величины частоты и нового признака контроля изменения знака скорости изменения частоты в концентрированных зонах ЭЭС. На базе полученного способа автоматического прогноза неизбежности возникновения АР разработан принцип построения единого для ЭЭС централизованного комплекса автоматического предотвращения нарушения устойчивости в опасных сечениях ЭЭС и АЛАР на случай неудачной реализации функции предотвращения нарушения устойчивости.

Заключение. В работе использованы зависимости скорости и ускорения изменения частоты в разных точках электропередачи от времени в долях периода АР. Разработана система принципов АЛАР, контролирующего участок электропередачи, которая может быть применена в энергосистемах любой структуры и лишена вышеотмеченных недостатков. Кроме того, в работе разработан принцип автоматического прогноза неизбежности возникновения АР в момент наступления квазиустановившегося режима ЭЭС, на базе которого разработан принцип построения единого для ЭЭС централизованного комплекса автоматического предотвращения нарушения устойчивости в опасных сечениях ЭЭС и АЛАР в тех же сечениях ЭЭС на случай неудачной реализации функции предотвращения нарушения устойчивости [5,8,11,12,13].

Аппаратно-программные комплексы и реле скорости изменения частоты, разработанные и внедренные в Армянской ЭЭС соответственно с 1997 и 1999гг., являются полноценной базой для реализации системы принципов АЛАР для контроля участка электропередачи (локальное исполнение)[1]. На базе этих комплексов по предварительным оценкам становится возможным как создание нового микропроцессорного устройства АЛАР, так и разработка программного модуля для включения в существующие аппаратно-программные решения ведущих производителей (SIEMENS, ABB, Areva и др.). Однако, если первое решение сталкивается с необходимостью определенного объема финансирования, то во втором случае ограничением служит коммерческая закрытость аппаратно-программных решений и микропроцессорных устройств ведущих производителей.

Единый же централизованный комплекс автоматического предотвращения

нарушения устойчивости и АЛАР может быть реализован только после оснащения ЭЭС надежными и помехозащищенными современными оптоволоконными каналами передачи информации, что связано со значительным объемом инвестиций и времени. Кроме того, в отличие от системы принципов АЛАР, для контроля участка электропередачи, применимой в энергосистемах любых структур, централизованный комплекс применим только в энергосистемах с ярко выраженными концентрированными зонами генерации.

Отмечается также необходимость систематизированного описания в работе действия функциональной схемы АЛАР, учитывая ее многофункциональность.

Литература

1. Акопян Г.С. Противоаварийная автоматика для энергосистем с большой удельной единичной мощностью на примере Армении //Электрические станции. -Москва, 2001.- № 8. -С. 31-36.
2. Акопян Г.С. Устройство выявления асинхронного режима //Электрические станции.- Москва, 2002.- № 1. - С. 37-38.
3. Акопян Г.С., Акопян С.Г. Способ автоматической ликвидации асинхронного режима //Электрические станции.- Москва, 2003.- № 5. - С. 24-30.
4. Акопян Г.С., Акопян С.Г. Автоматика ликвидации асинхронного режима, основанная на скорости изменения частоты и разности частот //Электрические станции.- Москва, 2003. -№ 12. - С. 57-61.
5. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. -М.: Энергия, 1964. – 378 с.
6. Гоник Я.Е., Иглицкий Е.С. Автоматика ликвидации асинхронного режима. -М.: Энергия, 1988. – 110 с.
7. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е., Окин А.А. Расчеты устойчивости и противоаварийной автоматики в энергосистемах. -М.: Энергоатомиздат, 1990. – 391 с.
8. Иофьев Б.И. Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем.- М.: Энергия, 1974. – 414 с.
9. Окин А.А. Противоаварийная автоматика. -М.: МЭИ, 1995. – 207 с.
10. Рабинович Р.С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем. - М.: Энергия, 1980. – 341 с.
11. "Руководящие указания по устойчивости энергосистем", Департамент науки и техники РАО "ЕЭС России", М., 1994г. – 23с.
12. Руководящие указания по противоаварийной автоматике энергосистем / СПО Союзтехэнерго.- М., 1987. – 26 с.
13. Сборник распорядительных материалов по эксплуатации энергосистем. Часть 1 /Департамент научно-технической политики РАО "ЕЭС России".- М., 2002. – 223с.
14. Хачатуров А.А. Несинхронные включения и ресинхронизация в энергосистемах. - М.: Энергия, 1977. – 174 с.
15. Якимец И.В., Наровлянский В.Г. и др. Микропроцессорное устройство автоматической ликвидации асинхронного режима АЛАР-М: Сборник научных трудов ОАО "Энергосетьпроект". -М.: Энергоатомиздат, 2002г. – с.350-365.
16. Акопян G.S., Akopyan S.G. A method for automatic suppression of asynchronism //Power Technology Engineering. -Stockholm, 2003. -V.37, № 3.- P. 184 -190.
17. SIPROTEC 7SA511 V 3.2. Numerical Distance Protection Relay. - 326p.
18. Summary Based on Interim Report of the United States-Canada Power outage Task Force August 14, 2003 Blackout. -November 19, 2003. -63p.
19. Technical Reference Manual REL 521*2.3, Line Distance protection terminal //ABB Automation Products. AB 2001. – 406p.