

УДК 338.2(476)+316.42(476)

ВЫПРАЦОЎКА ЯКАСНЫХ МАДЭЛЯЎ РАЗЛІКУ ЭФЕКТЫЎНАСЦІ ЗАБЕСПЯЧЭННЯ САЦЫЯЛЬНА-ЭКАНАМІЧНАЙ БЯСПЕКІ

DEVELOPMENT OF QUALITATIVE MODELS FOR CALCULATING THE EFFECTIVENESS OF SOCIO-ECONOMIC SECURITY

Р. Б. Івучь,

загадчык кафедры «Эканоміка і лагістыка», прафесар БНТУ, заслужаны работнік адукацыі Рэспублікі Беларусь, д-р экан. навук, г. Мінск, Рэспубліка Беларусь

Д. М. Швайба,

старшыня Мінскай абласной арганізацыі Беларускага прафсаюза работнікаў хімічнай, горнай і нафтавай галін прамысловасці, член дзяржаўнага экспертнага савета Дзяржаўнага камітэта па навуцы і тэхналогіях Рэспублікі Беларусь, канд. экан. навук, дацэнт, дактарант БНТУ, г. Мінск, Рэспубліка Беларусь

R. Ivut,

Head of the Department of Economics and Logistics, Professor of the BNTU, Honored Worker of Education of the Republic of Belarus, PhD in Economics, Minsk, Republic of Belarus

D. Shvayba,

Chairman of the Minsk regional organization of the Belarusian Trade Union of Workers of Chemical, Mining and Oil Industries, Member of the State Expert Council of the State Committee on Science and Technology of the Republic of Belarus, Candidate of Economics, Associate Professor, Doctoral Student of the BNTU, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 28.12.2018 г.

Для аналізу дынамічных працэсаў у сістэме пры забеспячэнні яе бяспекі і для прыняцця належных кіраўніцкіх заключэнняў цалкам верагодна ўкараненне апарата знакавых арыентаваных графаў — орграфаў. Дадзеная ўстаноўка валодае ўмоўнай матэматычнай прастатой, што дазваляе пераадолець вядомую перашкоду істотнага вылічальнага працавыдатку, які ўзнікае па прычыне патрэбы ўліку вялікай колькасці важных момантаў. Пры гэтым, дадзеная ўстаноўка слаба адчувальная да дакладнасці пачатковых дадзеных. У следстве гэтага яна дазваляе фарміраваць адэкватныя мадэлі на залежнасці якаснага ўзроўню. Усё гэта вызначае неабходнасць і перспектывнасць прымянення апарата орграфаў у прадстаўленай прадметнай вобласці.

For the analysis of dynamic processes in the system while ensuring its safety and for the adoption of appropriate management conclusions, it is likely to introduce the apparatus of sign oriented graphs — digraphs. This installation has a conditional mathematical simplicity that allows to overcome the known obstacle of significant computational effort that occurs due to the need to take into account a large number of important points. At the same time, this setting is slightly sensitive to the accuracy of the initial data. As a result, it allows to form adequate models on the dependencies of the quality level. All this determines the need and prospects of using the apparatus of digraphs in the presented subject area.

Ключавыя словы: сацыяльна-эканамічная абароненасць, дзяржава, грамадства, прадпрыемства, работнік, пагроза, абароненасць, інтарэсы, эканоміка, аналіз, сістэма.

Keywords: socio-economic security, the government, society, enterprise, employee, threat, security, interests, Economics, analysis, system.

Зыходзячы з вопыту шэрагу даследаванняў праблематыкі сацыяльна-эканамічнай бяспекі асноўнай дылемай дадзенага працэсу з'яўляецца яе забеспячэнне. Пры гэтым пад працэсам забеспячэння сацыяльна-эканамічнай бяспекі прапануецца разумець комплекс мер, якія ажыццяўляюцца як на базе канкрэтнага гаспадарчага суб'екта, так і дзяржавы ў цэлым,

па забеспячэнні гарманічнага паступальнага развіцця ўсіх зацікаўленых бакоў (чалавек, працоўны калектыў, гаспадарчы суб'ект, грамадства, дзяржава) па сродках паўнаўладнага рэсурснага забеспячэння жыццёва неабходных патрэбаў зацікаўленых бакоў. У дадзеным выпадку названыя вышэй зацікаўлены бакі фармуюць сістэму, у адносінах да якой павінен

ажыццяўляцца працэс забеспячэння сацыяльна-эканамічнай бяспекі. Для аналізу дынамічных працэсаў у сістэме пры забеспячэнні яе бяспекі і для прыняцця належных кіраўніцкіх заключэнняў цалкам верагодна ўкараненне апарата знакавых арыентаваных графаў — орграфаў. Дадзеная ўстаноўка валодае ўмоўнай матэматычнай прастатой, што дазваляе пераадолець вядомую перашкоду істотнага вылічальнага працавыдатку, які ўзнікае па прычыне патрэбы ўліку вялікай колькасці важных момантаў. Пры гэтым дадзеная ўстаноўка слаба адчувальная да дакладнасці пачатковых дадзеных. У следстве гэтага яна дазваляе фарміраваць адекватныя мадэлі на залежнасці якаснага ўзроўню. Усё гэта вызначае неабходнасць і перспектыўнасць прымянення апарата орграфаў у прадстаўленай прадметнай вобласці [1, с. 25].

Матэматычная мадэль знакавых, узважаных знакавых, функцыянальных знакавых орграфаў лічыцца пашырэннем матэматычнай мадэлі орграфаў. Яна ўключае арыентаваны граф, вялікую колькасць характарыстык вяршыняў і пералік магчымасцяў перабудовы дуг [2, с. 14].

Арыентаваны граф, або орграф, $G(X, E)$ складаецца з канчатковага непустога мноства X вяршыняў і наяўнага набору E упарадкаваных пар разнастайных вяршыняў. Складовыя часткі з E называюцца арыентаванымі рэбрамі, або дугамі. Па тэорыі ў орграфе няма завес і кратных дуг.

Мноства параметраў вяршыняў $V = \{v_i, i \leq N \mid X\}$ складаецца з характарыстык $v_i \in V$, пры гэтым кожны вызначаецца ў адпаведнасць кожнай з вяршыняў x_i .

Функцыянал пераўтварэння дуг $F(V, E)$ кожнай з дуг вызначае ў адпаведнасці альбо знак, альбо вагу, альбо функцыю.

Вызначэнне. Мадэль $\{G(X, E), V, F(V, E)\}$ называецца знакавым орграфам $\Leftrightarrow F(v_i, v_j, e_{ij}) = 1$, калі рост (падзенне) v_i правакуе рост (падзенне) v_j , і $F(v_i, v_j, e_{ij}) = -1$, калі рост (падзенне) v_i правакуе рост (падзенне) v_j .

Вызначэнне. Мадэль $G(X, E), V, F(V, E)\}$ называецца узважаным знакавым орграфам $\Leftrightarrow F(v_i, v_j, e_{ij}) = w_{ij}$, калі рост (падзенне) v_i правакуе рост (падзенне) v_j , і $F(v_i, v_j, e_{ij}) = -w_{ij}$, калі рост (падзенне) v_i правакуе рост (падзенне) v_j . Тут w_{ij} выступае вагою адпаведнай дугі.

Вызначэнне. Мадэль $G(X, E), V, F(V, E)\}$ называецца функцыянальным знакавым орграфам $\Leftrightarrow F(v_i, v_j, e_{ij}) = f_{ij}(v_i, v_j)$.

На пашыраных такім спосабам орграфах фармуецца паняцце імпульснага працэсу ў дыскрэтнай часовай прасторы [3, с. 336].

Вызначэнне. Імпульс $P_i(n)$ у вяршыні x_i у момант часу $n \in N$ фіксуецца параметр у дадзенай вяршыні ў момант часу n :

$$P_i(n) = v_i(n) - v_i(n - 1). \quad (1)$$

Паказчык параметру ў вяршыні x_i вызначаецца суадносінамі:

$$v_i(n) = v_i(n - 1) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N F(v_i, v_j, e_{ij}) P_j(n - 1) + P_i^0(n), \quad (2)$$

дзе $P_i^0(n)$ — вонкавы імпульс, ўводзімы ў вяршыню x_i у момант часу n .

З фінішна-рознасных раўнанняў можна вылучыць раўнанне для імпульсу ў аналізаваным працэсе:

$$P_i(n) = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N F(v_i, v_j, e_{ij}) P_j(n - 1) + P_i^0(n). \quad (3)$$

Вызначэнне. Імпульсны працэс можна назваць аўтаномным, у выпадку, калі:

$$P_k^0(m) = 0 \quad \forall m \geq 1, \forall x_k \in X. \quad (4)$$

Вызначэнне. Імпульсны працэс можна назваць простым, у выпадку, калі:

$$\left(\sum_{k=1}^N P_k^0(0) = 1 \right) \& \& (P_k^0(m) = 0 \quad \forall m \geq 1, \forall x_k \in X). \quad (5)$$

У больш ранніх даследаваннях графаў маршрутам у графе $G(X, E)$ называюць зменную паслядоўнасць вяршыняў і рэбраў. Маршрут замкнёны, калі $x_0 = x_k$, адкрыты ў процілеглым выпадку. Маршрут называюць ланцугом, калі ўсе яго рэбры адрозніваюцца, і простым ланцугом, калі ўсе вяршыні (i , як следства, рэбры) адрозніваюцца. Замкнёны ланцуг называюць цыклам. У матэматычнай мадэлі знакавых, узважаных знакавых, функцыянальных знакавых орграфаў прымяняюцца вызначэння цотнага і няцотнага цыклаў. Цотны цыкл валодае станоўчым творама знакаў ўсіх ўваходзячых у яго

дуг, няцотны — адмоўным. Істотным фактам для вывучэння колцавых структур у сістэме выступае тое, што цотны цыкл ёсць элементарная мадэль структурнай няўстойлівасці. На самай справе, любое з пачатковых змяненняў параметру ў любую з вяршыняў цотнага цыклу прыводзіць да бясконцага росту модуля параметраў вяршыняў цыклу, у той перыяд, як любое з пачатковых змяненняў параметру, любая з вяршыняў няцотнага цыклу можа прывесці толькі да асцыляцый параметраў вяршыняў.

Вызначэнне. Вяршыня $x_i \in X$ знакавага, узважанага знакавага, функцыянальнага знакавага орграфа выступае імпульсна-устойлівай для зададзенага імпульснага працэсу паслядоўнасць абсалютных велічынь імпульсаў у дадзенай вяршыні $\{|P_i(n)|, n = 0, 1, \dots\}$ лімітаваны.

Вызначэнне. Вяршыня x_i знакавага (і іншых) орграфа выступае абсалютна ўстойлівай для зададзенага імпульснага працэсу — паслядоўнасць абсалютных велічынь параметраў у дадзенай вяршыні $\{|v_i(n)|, n = 0, 1, \dots\}$ лімітаваны.

Вызначэнне. Знакавы (і іншыя) граф выступае імпульсна (абсалютна) устойлівым для гэтага імпульснага працэсу кожная яго вяршыня выступае імпульсна (абсалютна) устойлівай у дадзеным імпульсным працэсе.

У выніку ўзаемадзеяння цыклаў знакавага орграфа здольны паўстаць рэзананс. Даследаванне рэзанансу выступае базай для правядзення аналізу дынамічных працэсаў у складаных сістэмах.

Вызначэнне. Выкажам здагадку, што несупадаючыя цыклы L_1 і L_2 знакавага орграфа $G(X, E)$ ўзаемадзейнічаюць, калі рэалізуецца хоць бы адно з прапанаваных умоў:

- маецца дуга $e \in E$, што адносіцца і да L_1 , і да L_2 ;
- маецца мост паміж L_1 і L_2 або паміж L_2 і L_1 (мостам назавем дугу орграфа, выдаленне якой выклікае рост колькасці кампанентаў у орграфе).

Вызначэнне. З’яўленне імпульснай няўстойлівасцю знакавага орграфа ў нескладаных імпульсных працэсах, якое ўтвараецца з прычыны ўзаемадзеяння цыклаў зваротнай сувязі, называемых рэзанансам.

Ёсць асацыяцыя паміж наяўнасцю цыклаў ў знакавым орграфе і яго імпульснай стабільнасцю. Для пачатку, знакавы орграф, які не мае цыклаў, імпульсна ўстойлівы для ўсіх нескладаных імпульсных працэсаў. Пры гэтым для ўсякага

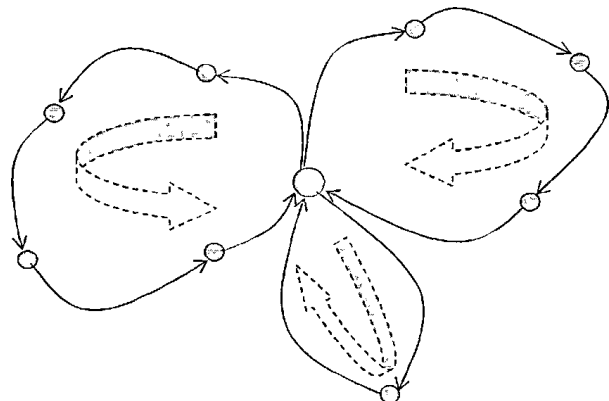
імпульснага працэсу ёсць апошні момант часу, пасля якога імпульсы ва ўсіх вяршынях ва ўсякі далейшы момант роўныя 0. Па-другое, знакавы орграф, які мае толькі адзін цыкл, імпульсна ўстойлівы для ўсіх нескладаных імпульсных працэсаў. Па-трэцяе, знакавы орграф, які мае толькі ўзаемадзейнічаючыя паміж сабой цыклы, імпульсна ўстойлівы ва ўсіх нескладаных імпульсных працэсах. З усяго гэтага выцякае, што рэзананс — адзіная першапрычына імпульснай няўстойлівасці ў аўтаномных імпульсных працэсах.

Звычайнымі рэзананснымі тапалагічнымі структурамі лічацца ружы-орграфы, якія складаюцца з адной цэнтральнай вяршыні і перасякальных толькі ў ёй цыклаў, якія называюцца пялёсткамі (малюнак 1).

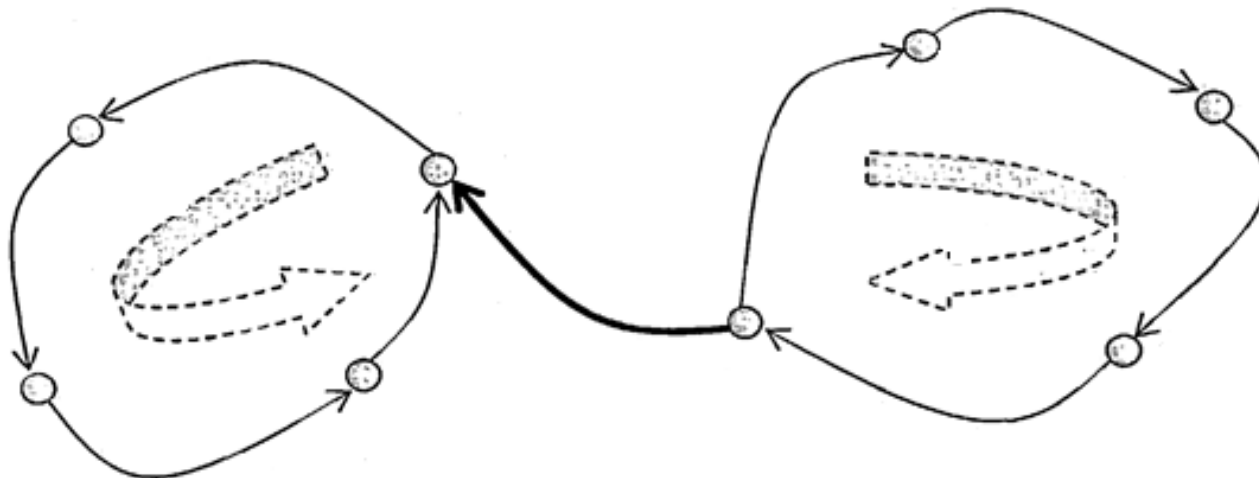
Пры рэзанансах у ружах модуль імпульсу нарошчваецца экспанентна. Зрэшты ёсць такія тапалагічныя структуры, у якіх пры рэзанансе модуль імпульсу нарошчваецца лінейна. Гэтую з’яву магчыма называць лінейным рэзанансам.

Простым выпадкам лінейнага рэзанансу лічыцца орграф, які складаецца з 2-цотных цыклаў роўнай даўжыні, аб’яднаных мостам з адзіна дугі (малюнак 2). Прыкладное значэнне дадзенай з’явы заключаецца ў тым, што лінейны рэзананс найменш небяспечны, чым экспанентны, у сувязі з тым, што яго магчыма пагасіць нязменнымі па велічыні вонкавымі імпульсамі. Значыць, перабудова структуры, якая змяняе сутнасць рэзанансу, мае магчымасць быць карыснай на практыцы [3, с. 254].

Аксіёмы аб уласных значэннях даюць магчымасць толькі рэалізоўваць аналіз на стабільнасць, але не ўяўляюць спосабу знаходжання рацыя-



Малюнак 1. Трохпялёсткая ружа
Крыніца: распрацоўка аўтара.



Малюнак 2. Тапалагічная структура з лінейным рэзанансам
Крыніца: распрацоўка аўтара.

нальнай стратэгіі кіравання для сыходу ад рэзанансу [4, с. 163; 5, с. 135; 6, с. 19]. Аксіёмы, якія звязваюць стабільнасць і тапалогію орграфа, пацверджаны толькі для асобных структур, такіх, як ружы [3, с. 152; 4, с. 95]. У следства гэтага вядома апраксімаваць выпадковы оргграф некаторай ружай і наступнае даследаванне праводзіць на дадзенай ружы. Прыкладнае значэнне апраксімацыі ружай заключаецца ў наступным. Замена пачатковага орграфа апраксімуецца ружай дазваляе перайначыць тапалогію ружы, у першую чаргу даўжыню і сімвалы пялёсткаў, з мэтай ліквідацыі рэзанансу. Уносіць ў тапалогію ружы канфігурацыі магчыма ў наступстве інтэрпрэтацыі ў канфігурацыі тапалогіі пачатковага орграфа.

Хай у задачы ёсць такія лімітаванні. Для пачатку, абмеркаванню падлягаюць толькі оргграфы з канчатковай колькасцю вяршыняў. Па-другое, з усіх вяршыняў прыкметная адна, якая разглядаецца як сярэдзіна апраксімуемай ружы. Патрэцяе, абмеркаванню падлягаюць толькі звычайныя імпульсныя працэсы якія пачынаюцца ў выдзеленай вяршыні.

Вызначэнне. Будзем лічыць, што ружа R з цэнтрам у вяршыні U выступае ап-праксімацыяй орграфа $G(X, E)$ з пазначанай вяршыняй A , калі паслядоўнасці $\{v_A(t)\}$ і $\{P_A(t)\}$, сфармаваныя простым імпульсным працэсам на орграфе $G(X, E)$, якія бяруць пачатак у вяршыні A , эдэнтныя паслядоўнасцям $\{v_U(t)\}$ і $\{P_U(t)\}$ як следства, сфармаванымі простым імпульсным працэсам на ружы R , якія бяруць пачатак у яе цэнтры U .

Алгарытм пабудовы апраксімуемай ружы [3, с. 152].

Няхай прапанаваны оргграф $G(X, E)$ з канчатковай колькасцю вяршыняў і пазначанай вяршыняй A . Няхай ўсе шляхі з A ў A выяўленыя (алгарытм іх выяўлення вядомы). Дададзеныя шляхі здольныя перасякацца.

Крок 1. Пазначаецца падмноства вяршыняў перасячэння. Для кожнай з вяршыняў дадзенага падмноства ўводзяцца фіктыўныя, але розныя вяршыні. Кожнай вяршыні перасячэння тоесна такая колькасць фіктыўных вяршыняў, якая на адзінку менш колькасці з'яўлення гэтай вяршыні перасячэння ў выяўленых шляхах з A ў A . Пазначаная A вяршыня, па сутнасці, не ўключаная ў падмноства вяршыняў перасячэння.

Крок 2. Залішнія вяршыні перасячэння на дадзеных шляхах падмяняюцца фіктыўнымі вяршынямі. Сукупнасць усіх шляхоў фармуе ружу з цэнтрам у вяршыні A .

Крок 3. Вяршыня A перавызначаецца як U .

Распісанае пераўтварэнне будзем называць R -пераўтварэннем орграфа $G(X, E)$ з цэнтрам у вяршыні A .

Можна казаць, што вынік R -пераўтварэння выступае апраксімуемай ружай па сутнасці пазначанага вышэй вызначэння. Для гэтага у першую чаргу трэба зразумець пытанне аб канчатковым ліку пялёсткаў, г. з. усе тэарэмы аб устойлівасці руж, якія прымяняюць ўласныя значэнні, патрабуюць канечнасці колькасці пялёсткаў [7; 8]. Вядомы шэраг сцвярджэнняў, у якіх прадэманстравана, што:

– для таго каб R-пераўтварэнне орграфа $G(X, E)$, $||X|| < \infty$ з цэнтрам у пазначанай вяршыні A мела канчатковы лік п'ялэсткаў, трэба і дастаткова, каб у орграфе $G(X, E)$ не прысутнічала ніводнага лакальнага цыклу, не ўключаючы A , дасягальнага з A і таго, што A дасягальная з яго;

– R-пераўтварэнне орграфа $G(X, E)$ з цэнтрам у вяршыні A з канчатковым лікам п'ялэсткаў выступае апраксімацыяй орграфа $G(X, E)$.

Часцяком пры вывучэнні знакавых орграфаў фармуецца апраксімуецца ружы ўсяго з 2 п'ялэсткаў. Акрамя гэтага, двухп'ялэсткавая ружа — гэта элементарная рэзанансная структура, г. з. адзіны п'ялэстак не здольны даць рэзанансу. Для двухп'ялэсткавай ружы можа выпісвацца відавочны від характарыстычнага палінома, у якім залежныя знакі і даўжыні п'ялэсткаў [3, с. 368].

Няхай даўжыні п'ялэсткаў двухп'ялэсткавай ружы будуць роўныя n_1 і n_2-1 . У такім выпадку характарыстычны паліном будзе мець выгляд:

$$\chi(\lambda) = \lambda^{n_1+n_2} - \lambda^{n_2} \text{sign}(l_1) - \lambda^{n_1-1} \text{sign}(l_2), \quad (6)$$

дзе $\text{sign}(l_1)$, $\text{sign}(l_2)$ — знакі п'ялэсткаў.

Можна бачыць, што зацвярджэнне (6) абавязна будзе ў выпадку ўзважаных знакавых орграфаў. Калі $w(l_1)$ і $w(l_2)$ — гэта творы вагаў дуг п'ялэсткаў, то характарыстычны паліном будзе мець выгляд:

$$\chi(\lambda) = \lambda^{n_1+n_2} - \lambda^{n_2} w(l_1) - \lambda^{n_1-1} w(l_2). \quad (7)$$

У сітуацыі цотных п'ялэсткаў розных даўжынь у двухп'ялэсткавай ружы непазбежны рэзананс.

У выпадку, калі двухп'ялэсткавая ружа ўтрымлівае 2 адмоўных п'ялэстка, якія кратныя з няцотнай колькасцю кратнасці, то рэзананс немінучы.

Неабходна пазначыць, што прадстаўлены інструментар бяспрэчна мае магчымасць быць карысны пры аналізе арганізацыйна-эканамічнай структуры сістэмы з мэтай удасканалення яе сацыяльна-эканамічнай бяспекі. Наогул кажучы, у літаратуры (як правіла, за мяжой) доўгі перыяд часу прыводзяцца прыклады выка-

рыстання мадэляў на знакавых графах і орграфах для дазволу задач у самых розных галінах дзейнасці чалавека. Пры гэтым у нашым канкрэтным выпадку распрацоўка якасных мадэляў разліку эфектыўнасці забеспячэння сацыяльна-эканамічнай бяспекі дазволіць сфарміраваць беларускі вопыт ажыццяўлення дадзенай дзейнасці на ўзроўні канкрэтнага прадпрыемства і дзяржавы ў цэлым. Напрацаваны вопыт можа быць карысны шырокаму колу прадстаўнікоў дзяржаўных органаў і спецыялістаў адпаведных службаў гаспадарчых суб'ектаў. Акрамя таго, можа быць карысны для далейшых даследаванняў і вывучэння праблематыкі забеспячэння сацыяльна-эканамічнай бяспекі навуковымі работнікамі, дактарантамі, аспірантамі, студэнтамі эканамічных спецыяльнасцяў.

Літаратура:

1. Брега, А. В. Неопределенности и кризисные явления социально-экономического развития и поиск идей, объединяющих общество / А. В. Брега, Г. В. Брега // Человеч. капитал. — 2016. — № 4. — С. 25–26.
2. Анализ критических ситуаций, вызванных неблагоприятным стечением обстоятельств / В. В. Клюев [и др.] // Контроль. Диагностика. — 2014. — № 7. — С. 12–16.
3. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / В. А. Владимиров [и др.]. — М.: Наука, 2000. — 429 с.
4. Демидович, Б. П. Лекции по математической теории устойчивости: учеб. пособие / Б. П. Демидович. — 2-е изд. — М.: Изд-во Моск. ун-та: ЧеРо, 1998. — 480 с.
5. Экономическая справедливость и безопасность экономических агентов / В. И. Авдийский [и др.]. — М.: Финансы и статистика, 2016. — 271 с.
6. Тихонов, В. Е. Устойчивость и качество линейных систем: учеб. пособие / В. Е. Тихонов, И. К. Корнеев. — М.: Моск. ин-т упр., 1981. — 30 с.
7. Shvaiba, D. (2018). Structural stability and socio-economic security of the hierarchical system. Bulletin of Science and Practice, 4(6), 233–239 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/shvaiba-d-n-2018>. — Дата доступа: 15.06.2018.
8. Shvaiba, D. (2018). Socio-economic security of the hierarchical system. Bulletin of Science and Practice, 4(6), 248–254 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/shvaiba-d-n>. — Дата доступа: 15.06.2018.