

**Б.Б. Оразбаев¹, С.Ә. Сантеева², А.К. Жумадилаева³,
К.Н. Оразбаева⁴, Л.Т. Курмангазиева⁵**

^{1,2,3} Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
⁴ Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
⁵ Х. Досмухамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Атырау, Қазақстан
¹ batyr_o@mail.ru, ² saya_santeeva@mail.ru, ³ kulman_o@mail.ru, ⁴ ashim_zh@mail.ru
(E-mail: ¹ Mbsha01@gmail.com, ² dilya784@mail.ru)

Аймақты экономика-математикалық модельдеу негізінде экологиялық орнықты басқару және дамыту

Аңдатпа: Мұнайлы аймақтар мысалында олардың математикалық модельдері негізінде экологиялық орнықты басқару және дамыту мәселелері зерттелген. Аймақтың экологиялық орнықты даму моделін құру негізіне бағдарламалық-мақсаттық тәсілдемесі принциптері алынған. Экологиялық-элементтік экономикалық жүйенің барлық әсерлерге реакциясын ескеру экономикалық-математикалық модельдеу тәсілдерін пайдалану жолымен мүмкін болатыны және мұндай модель көмегімен аймақты орнықты дамыту бағдарламасын құруға болатыны тұжырамдалған. Аймақтың экологиялық-элементтік және экономикалық жүйесі жағдайын бағалау үшін, басқару, экономикалық даму, технологиялық және институционалдық даму факторлары қарастырылған. Аймақтың экологиялық, элеуметтік және экономикалық жүйелері мен дамудың сыртқы факторлары тобы арасындағы себеп-салдар байланыстарының моделі ұсынылған және сипатталған. Ұсынылған концептуалды модель негізінде Әсерлердің Адаптивті Балансы тәсілін қолдана отырып экологиялық-элеуметтік-экономикалық жүйенің математикалық моделі құрылған. Тұрғызылған математикалық модель экологиялық-элеуметтік-экономикалық жүйенің сыртқы әсерлерге реакциясын есептеуге және сыртқы әсерлердің өзгеруін болжау негізінде ЭӘӘ-жүйедегі процесстердің даму сценарийлерін болжауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: аймақ, экологиялық-элеуметтік-экономикалық жүйе, экономика-математикалық модельдеу, экологиялық орнықты даму және басқару, концептуалды модель, математикалық модель, ABC тәсілі.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2019-129-4-67-76>

1. Кіріспе. Қазақстан республикасының мұнайлы аймағы Атырау облысын, экологиялық орнықты басқару және дамытудың тиімді, ғылыми негізделген тәсілі негізінде басқару нысаның экономикалық-математикалық модельдеу болып табылады [1-3]. Мұнай мен газ кен орындарын игеру, көмірсутектерді барлау, өндіру, тасымалдау, өңдеу мен пайдалану процесстерінің қоршаған ортаға, аймақтың экологиясына кері әсері айтарлықтай екені белгілі. Сондықтан бұл аймақтарды ғылыми негізделген тәсілдер, соның ішінде экономика-математикалық модельдеу арқылы орнықты басқару мен дамыту қазірге уақытта аса өзекті ғылыми, өндірістік мәселе болып табылады [4]. Бұл жұмыста экологиялық орнықты басқару нысаны ретінде мұнайлы өңір Атырау облысының мұнай өндіру және өңдеу аймақтары қарастыралы [5].

Мұнайлы аймақтар, мысалы Каспий теңізінің Қазақстандық бөлігінің мұнайлы кен орындары аумақтарының, дамуының негізгі үрдістері және орнықты даму мақсаттарына жету деңгейі динамикасы орнықты экологиялық дамуға қажетті нормалар мен стандарттарға сәйкес келмейтініні жайында қорытынды жасауға негіз береді [6], яғни, басқару процесінің тиімділігі төмен екенін білдіреді [7].

Аймақтың экологиялық орнықты даму моделін құру негізіне бағдарламалық-мақсаттық тәсілдемесі принципі алынуы қажет. Мұндай бағдарламалардың мақсаты – аймақтың элеуметтік-экономикалық дамуының табиғи ресурстарға қажеттіліктерін экономиканы құрылымдық қайта құруға және өндірістік күштерді орналастыруға, сондай-ақ аймақтың

бірегей экожүйесін орнықты даму және басқару принципіне сәйкес сақтай отырып, табиғат қорларын тиімді пайдалануға бағытталған.

Сонымен, бағдарламалық-мақсаттық тәсілдеме талаптарына сәйкес, аймақтық, кешеннің экологиялық орнықты және тиімді даму моделін құру шарттары және факторларын ескеретін модельге өтудің негізгі принциптерін анықтау қажет болады. Басқару [8] жұмысына сәйкес – бұл, берілген тиімділік критерийісі бойынша оптималды болатын таңдалған шешімді жүзеге асыруға бағытталған қандай-да бір процесстерді ұйымдастыру және орындау, болып табылады. Басқару басқарылатын нысанда реттелетін параметрлерді, ішкі және сыртқы факторлардың әсеріне қарамастан, берілген бағдарлама бойынша өзгерту мақсатында үздіксіз және мақсатқа бағытталған реттеу (басқару) әсерлерін қамтамасыз етеді. Бұл кезде уақыт бойынша реттеу параметрлерінің өзгеруі динамикалық процесс ретінде қарастырады, ал таңдалған немесе жасақталған басқару алгоритмі және сәйкес оптималдық критерийлері бар басқару жүйесі бұл процессті қамтамасыз ететін механизм болып табылады. Жалпы басқару теориясы көз-қарасынан жүйеден, бірінші кезекте, басқарылатын процесс жүретін басқару нысанын бөліп зерттеу керек.

Басқару нысанын басқару мақсатында сәйкес, басқару органын (басқару құрылысын – басқару субъектісін – реттеушіні) құру қажет. Мұндай құрылғы рөлін мемлекеттік басқару органдары, адам, адамдар-мамандар тобы немесе адам-машиналық кешен түріндегі жиынтық орындауы мүмкін. Мазмұндық көз-қарасынан модель көмегімен басқару жүйесінде келесі негізгі есептер шешіледі:

- әлеуметтік-экономикалық нысандарды талдау;
- ресурстық мүмкіндікті бағалау;
- экономикалық болжау;
- басқару құрылымын оптимизациялау;
- жүйенің өзін-өзі баптау мен оның өздік ұйымдасу алгоритмдерін ескере отырып басқару шешімдерін құру және қабылдау.

2. Зерттеу мақсаты мен қойылған есептер. *Жұмыстың мақсаты* мұнай кен орындары мен кәсіпорындары орналасқан аймақты экономика-математикалық модельдеу негізінде оны экологиялық орнықты басқару және дамыту мәселелерін зерттеу. Анықталған мақсатқа жету үшін жоғарыда келтірілген есептерге қосымша келесі есептер қойылып, шешіледі: экологиялық-әлеуметтік-экономикалық (ЭӘЭ) жүйелер қызметінің концептуалдық және математикалық модельдерін жасақтау және модельдердің көмегімен негізгі сыртқы факторлар (басқару факторлары, экономикалық даму факторлары, технологиялық факторлары, институционалдық факторлары) әсер ететін аймақтық ЭӘЭ жүйенің даму процесстері сценарийлерін анықтау.

3. Қойылған есептерді шешу тәсілдері. [9 – 11] жұмыстарында аймақтың дамуы оның ішкі жүйелерінің сыртқы ортамен кері байланыстарын ескерусіз экологиялық орнықты даму индексі көмегімен зерттеліп, бағаланған. Біздің ойымызша жүйенің барлық әсерлерге реакциясын ескеру экономикалық-математикалық модельдеу тәсілдерін пайдалану жолымен мүмкін болады. Сондықтан бұл жұмыста ЭӘЭ-жүйелерінің, оған әсер ететін ішкі және сыртқы факторларға әсерлерін ескеру мақсатында математикалық модельдеу тәсілдері [5, 75-112 б., 12 – 14] қолданылады.

Экологиялық-әлеуметтік-экономикалық жүйенің математикалық моделін құру үшін ABC (Adaptive Balance of Causes – Себептердің Адаптивті Балансы) тәсілін [15, 16] қолданылады. Сонымен қатар, ЭӘЭ жүйенің экологиялық және экономикалық құраушыларын сәйкес қоршаған ортаны қорғау мен менеджменттің сәйкес тәсілдері мен жүйелік талдау тәсілдері қолданылады [5, 33-70 б., 9, 16, 105-137 б., 17, 18].

4. Алынған нәтижелер – аймақтың экологиялық-әлеуметтік-экономикалық жүйесінің себептік-салдарлық және математикалық модельдері. Зерттеу аймағының ЭӘЭ-жүйесі жағдайын бағалау үшін даму факторларының келесі топтарын қарастырамыз: басқару факторлары; экономикалық даму факторлары; технологиялық факторлары және институционалдық фактор. Аталған факторлар аймақтың даму процесін стимуляциялауға

(ынталандыруға) немесе дестимуляциялауға жағдай жасайтын сыртқы шарттар мен себептер жиынтығын құрайды.

Экономикалық даму факторларына келесілерді жатқызуға болады: қаржы құралдарының нарығын сипаттайтын инфляция (құнсыздану) және дефляция көрсеткіштері; аймақтың салықтық және несие саясатының көрсеткіштері; төлем теңгерімі көрсеткіштері; аймақтың сыртқы экономикалық қызметі көрсеткіштері; аймақ экономикасының бәсекеге қабілеттілік көрсеткіштері; тұрғындардың жұмыспен қамтылу көрсеткіштері; экономика секторлары бойынша жалпы ішкі өнімнің (ЖІӨ) %-ына инвестиция және тағы басқалары.

Технологиялық фактор технологиялардың даму деңгейі көрсеткіш-терімен, өндірістің материал сыйымдылықтары мен зақым сыйымдылықтары көрсеткіштерімен анықталады.

Институционалдық фактор табиғатты қорғау заңдарын сақтауды қадағалау жағдайы көрсеткіштерімен, аймақтың табиғатты қорғау саясаты көрсеткіштерімен анықталады. Институционалдық фактор аймақты шаруашылықты басқару процесіне байланысты болады.

Сонымен қатар институционалдық факторларға келесілер жатады:

- *заңнамалық және құқықтық нормалар жүйесі*. Бұл фактор әлеуметтік-экономикалық ішкіжүйені аймақтың қызметін қамтамасыз етуге қажетті заңнамалық және басқа актілер кешенін құрайды;

- *сот жүйесі қызметінің көрсеткіштері*;

- *бұқаралық ақпарат құралдары жүйесі*. Бұл фактор институционалдық жүйеге тікелей әсер етпейді, алайда қоғамдық пікірге әсер ете отырып, әлеуметтік ішкіжүйені басқару құралы болып табылады;

- *білім мен ғылым жүйесі*. Бұл фактор институционалдық даму бағытын анықтайды, сондай-ақ институционалдық өзгерістер жылдамдығына әсер тетеді;

Басқару факторлары инвестициялық саясат индикаторлары арқылы сандық мәнде анықталуы мүмкін: басқарушы субъектілердің психологиялық жағдайы көрсеткіштері; элементтік-мәдени көрсеткіштер және аймақтың тарихи құндылықтары; ресурстарды оптималды бөлуді қамтамасыз ететін факторлар; еңбек ресурстарының саны мен сапасы; денсаулықты сақтау, демографиялық және миграциондық процесстерді тұрақтандыру көрсеткіштері; экологиялық білім деңгейін арттыру; экологиялық таза қоршаған ортаны және тұрғындардың салауатты өмір салтын қолдау және ұмтылу; табиғат ресурстарын басқару көрсеткіштері.

Аймақтың экологиялық, әлеуметтік және экономикалық жүйелері мен дамудың сыртқы факторлары тобы арасындағы себеп-салдар байланыстарының моделі сурет 1-де келтірілген. Келтірілген сызбаны визуалды жеңілдету үшін экологиялық, әлеуметтік және экономикалық ішкіжүйелердің бірқатар құрылымдық элементтері бөлініп көрсетілген: EN-экологиялық жүктеме параметрлері; PO-табиғатты қорғау параметрлері; PR-табиғат ресурстары параметрлері; IR-индивидуалды даму параметрлері; ZH- адам тіршілігін қамтамасыз ету параметрлері; SE-әлеуметтік-экономикалық параметрлері; ER-экономикалық даму параметрлері; EPR-табиғатты пайдаланудың экономикалық параметрлері. Бұл параметрлерге FU-басқару факторлары кешені, ERO-экономикалық даму факторлары, TF-технологиялық факторлар және IF-институционалдық факторлар әсер етеді.

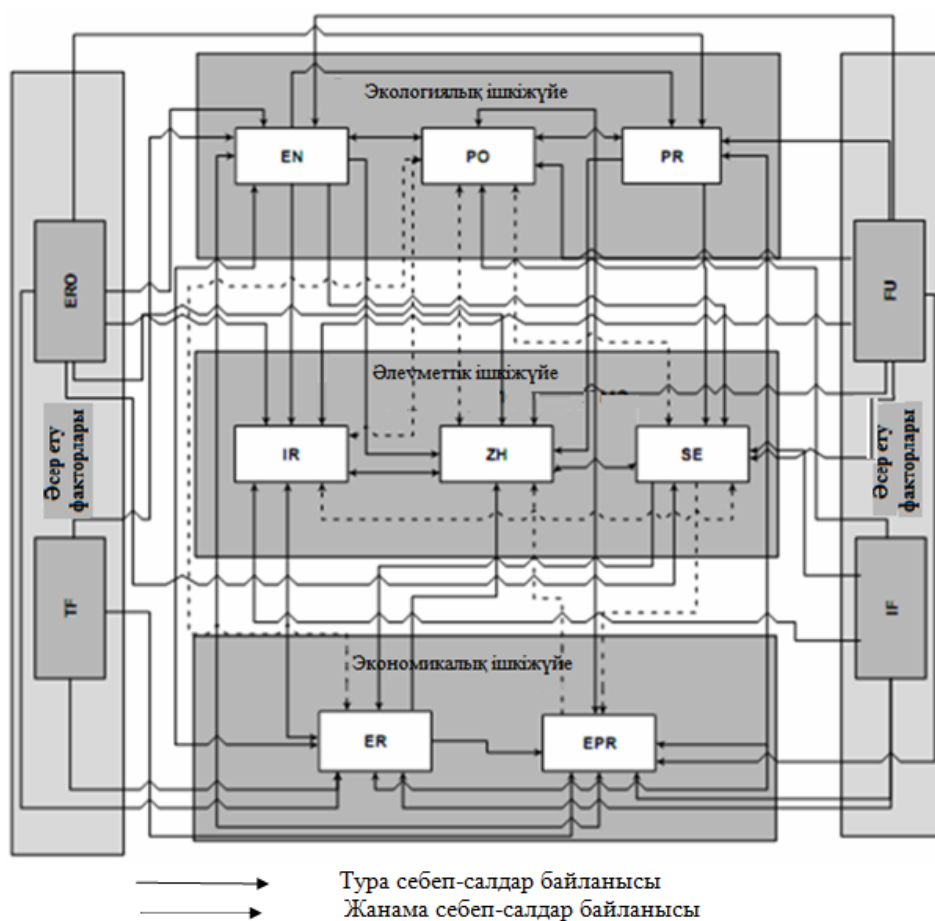
Сурет 1-де кетірілген элементтердің сыртқы факторларға байланысы үздіксіз қара сызықтармен белгіленген, ал пунктирлі (нүктелі) сызықпен жүйедегі жанама байланыстар белгіленген. Болжау орнықты дамуды басқару жүйесін құрудың маңызды кезеңі болып саналады, себебі, кез-кеген басқару шешімі өзінің мағынасы бойынша болжау нәтижесін жүзеге асыру болып табылады. Сонымен, болашақты «жобалау» үшін дамудың оптималды вариантын таңдау керек, яғни, болашақты алдын-ала анықтау, болжау қажет.

Экологиялық-әлеуметтік-экономикалық жүйе қызметін талдау және болжау, талдау және болжау есептерінің себеп-мақсаттық көпжақтылығы мен көпжоспарлығы салдарынан қиындықтар тудырады. Сондықтан түрлі пәндік саланы қамтитын нақты болжау-талдау есептерін пайдалану негізінде, бағалау және болжау есептерін сипаттау мен шешудің бірыңғай құралдарын жасау, әдетте практикалық тұрғыдан мүмкін емес болады. Алайда кез-келген күрделі жүйенің құрылымы мен қызметінің барлық жүйелік ерекшеліктері жалпы

жүйенің ішкі жүйелерінің пәндік ерекшеліктері мен оларды жүретін процесстерге байланысты емес. Сол себептен олар барлық мамандарға түсінікті, бірыңғай математикалық тілде формализациялануы және сипатталуы мүмкін.

Әлеуметтік-экономикалық жүйелердің математикалық модельдерін құруда келесі факторларды, шарттарды ескеру ұсынылады [8, 19]:

- зерттелетін процесстер ақпараттық сипаттамаға ие;
- бұл процесстер динамикалық сипатта болады, яғни уақыт бойынша өзгереді;
- жүйе элементтеріне, әрекеттері күрделі формализацияланатын, басқару нысанына да, реттеуішке енетін, адамдар жатады;
- жүйелерде жүретін процесстер және жүйенің өзі басқарылатын категорияларға жатады;
- жүйеде жүретін процесстерге сыртқы (қоршаған орта) байланыстары да, ішкі байланыстар да әсер етеді;
- модельге ескерілуі тиіс ішкі айнымалылар саны үлкен. Сонымен қатар, жүйеде өтетін процесстер үлкен кешігумен сипатталады;



Сурет 1 – Аймақтың ЭЭЭ-жүйесінің сыртқы даму факторларын ескеретін себеп-салдар байланыстарының моделі

- жүйедегі бақыланбайтын кездейсоқ факторлардың болуы, кейбір параметрлердің анықсыздығы және элементтер арасындағы байланыстың айнымалылығы.

Көптеген күрделі жүйелер сияқты экологиялық-экономикалық жүйелерді талдау, әдетте келесі: нысандық; оқиғалық немесе параметрлік деңгейлердің бірінде, кейде оларды түрлі жолмен комбинациялау арқылы жүзеге асады [19, 20, 21]. Нысандық деңгейде жүйенің негізгі элементтеріне оны құраушы компоненттері жатады, ал жүйенің қызметі жүйе элементтері арасындағы массалардың, энергияның, ақпараттың қозғалысы ретінде қарастырылады. Оқиғалық деңгейде күрделі жүйенің негізгі компоненттеріне түрлі оқиғалар немесе олардың кешендері жатады, ал оның қызметі мұндай оқиғалар мен олардың кешендерінің орындалу

тізбегі ретінде қарастырылады. Параметрлік деңгейде жүйе компоненттеріне оны құрайтын элементтер жағдайының параметрлері жатады, ал жүйе қызметі жүйедегі бұл параметрлердің өз-ара әсерлері мен өз-ара байланыстарының жүзеге асуы ретінде сипатталады.

Бұл жұмыста зерттеу аймағында ЭЭЭ-процесстердің жағдайын бағалау мен модельдеудің оптималды варианты ретінде параметрлік деңгей таңдалып алынған. Бұл тәсілдікке экономикалық зерттеулерде кеңінен қолданылатын жүйелік динамика тәсіліне негізделген [22]. Оның көмегімен эксперттер болжай алмайтын, процесстердің бейсызықтық өз-ара әсерлері және оларды туындатқан себептерге қатысты кешігу салдарынан болатын күрделі жүйенің жағдайын түсіндіруге мүмкіндік туады [13]. Бұл тәсілдемені ары қарай дамыту күрделі жүйелерді модельдеудің, Әсерлердің Адаптивті Балансы (ӘАБ) немесе АВС (Adaptive Balance of Causes) тәсілі деп аталатын, жаңа тәсілге алып келді [15, 16].

Күрделі экологиялық-әлеуметтік-экономикалық процесстерді имитация-лық модельдеу үшін АВС тәсілін қолдануды талдау нәтижелерінде динамикалық процесстердің тендеулерін құрудың жалпы тәсілдемесі негізінде ЭЭЭ-жүйенің формалды моделін алу мүмкіндігі туындайтыны жөнінде қорытынды жасауға болады. Сонымен қатар ЭЭЭ-процесстерді модельдеу ЭЭЭ-жүйелерге түрлі сыртқы әсерлер әсер еткенде, сондай-ақ жүйенің өзінің ішінде себеп-салдар байланыстарының өзгеруі кезінде экологиялық-әлеуметтік-экономикалық жүйедегі процесстердің түрлі даму сценарийлерін көрсетуге мүмкіндік береді.

ЭЭЭ-жүйелер қоршаған ортамен динамикалық тепе-теңдік жағдайында болады. Яғни, олардың салыстырмалы орнықтылығын келесі мәнде түсіндіруге болады: бұл жүйені сипаттайтын параметрлер векторы аз уақыт аралығында сыртқы күштердің шағын өзгерістерінен туындаған ақырғы өсім алады. Жүйе өзгертін сыртқы әсерлерге, олармен динамикалық тепе-теңдікте бола отырып, бейімделеді, яғни, бірінен кейін бірі келетін әр аз уақыт аралықтарында сыртқы күштермен жаңа тепе-теңдік жағдайына келеді. Жүйенің мұндай бет алысын, оның ішінде себеп-салдар байланысы салыстырмалы тұрақты сақталатынымен немесе бұл жүйе сипаттайтын процесстерге қарағанда айтарлықтай жай өзгертінімен түсіндіруге болады. Барлық ЭЭЭ-жүйенің теңдестірілген орнықтылығы жайындағы болжамы оның жеке элемент-модульдерінің орнықтылығын жалпы негіздеге мүмкіндік береді. АВС тәсілінде бұл қасиетке ие әмбебап модуль пайдаланылады. Оның теңдеуі келесі түрге ие [16]:

$$\frac{dx}{dt} = cx[F^-(x) - F^+(x)] \quad (1)$$

мұнда c – константа, $F^+(x)$ – монотонды өсетін функция, ол $F^-(x)$ функциясымен келесі өрнекпен байланыста

$$F^-(x) + F^+(x) = 1 \quad (2)$$

Әсердің базалық функциялары аталатын $F^-(x)$ және $F^+(x)$ функциялары $x(t)$ процесінің даму үрдісінің екі қарама-қарсы түрі болып табылады. Сондықтан әмбебап модуль екі үрдіс шамалары бойынша сәйкес келетін тепе-теңдікке ұмтылады. Әр қайсысы жүйеде дамитын бір процессті білдіретін N стандартты модульдерден тұратын жүйені қарастырайық. 2, 3, ..., N модульдері тарапынан сыртқы әсерлер жоқ болған кездегі жүйелегі 1-модуль тепе-теңдік жағдайында болатын $x_1(t)$ процесінің орташа мәнін x_1^* деп белгілейік. Сыртқы әсерлер салдары болып модуль 1-дің тепе-теңдіктен ауытқуы $x_1^*(t)$ табылады. Модульдің жаңа жағдайын сипаттау үшін келесі өрнекті қолданамыз:

$$x_1(t) = x_1^* + x_1(t) = x_1^* + a_{12}x_2(t) + a_{13}x_3(t) + \dots + a_{1N}x_N(t), \quad (3)$$

мұнда $a_{12}, a_{13}, \dots, a_{1N}$ – әсерлердің коэффициенттері. (1) және (2) формулалардан келесі өрнек аламыз:

$$\frac{dx_1}{dt} = cx_1[1 - 2F^{(-)}(x_1)] \quad (4)$$

[15, 16] жұмыстарында әсерлердің базалық функциялары ретінде $F^{(+)}(x_1)$ келесі өрнекті пайдаланған тиімді екені көрсетілген:

$$F^{(+)}(x_1) = x_1(t) - a_{12}x_2(t) - a_{13}x_3(t) - \dots - a_{1N}x_N(t) \quad (5)$$

Сонда әмбебап модульмен сипатталатын экожүйедегі $x_1(t)$ процесі үшін жалпы теңдеу келесі түрде жазылады:

$$\frac{dx_1}{dt} = c_1x_1(t)[x_1^* - (x_1(t) - a_{12}x_2(t) - a_{13}x_3(t) - \dots - a_{1N}x_N(t))] \quad (6)$$

Барлық N модульдер үшін тұрғызылған мұндай теңдеулерді біріктіру экологиялық-әлеуметтік-экономикалық жүйенің математикалық моделін алуға мүмкіндік береді. ABC-тәсілінің негізгі қасиеттерін қарастырайық [23]:

- әмбебап модуль теңдеуі орнықты тепе-теңдік жағдайға жүйе моделі теңдеуі шешімінің жинақтылығының айтарлықтай жылдамдығын қамтамасыз етеді;

- жылдам жинақтылық басқару жүйесінің әсер ету коэффициенттері мен сыртқы әсерлердің бірсарынды өзгерістерін қадағалауды қамтамасыз етеді.

Басқаша айтқанда, уақытқа байланысты айнымалы коэффициенттері бар айтарлықтай бейсызқты жүйелерді сипаттау мүмкін болады;

- тәсіл әсерлердің кешігу ескеруге, яғни, кешігу аргументтерін ендіруге мүмкіндік береді;

- модель теңдеуін шешу сандық алгоритмінің орнықтылық облысы $0 < x_i < 2x_i^*$, $i = \overline{1, N}$ аралығында болады.

Модельдеу мақсаты ретінде, негізгі сыртқы факторлар (FU–басқару факторлары, ERO–экономикалық даму факторлары, TF–технологиялық факторлар және IF–институционалдық факторлар) әсер ететін аймақтық ЭӘӘ-жүйе процесстерінің даму сценарийесін алу есебін алайық. Бұл есепті, барлық ЭӘӘ-жүйенің қызметін сипаттайтын тұжырымдамалдық (концептуалды) модельді формальдау үшін негіз болатын, келесі параметрлерді таңдау арқылы нақтылайық:

1. $x_1(t)$ – экологиялық жүктеме параметрлері EN;
2. $x_2(t)$ – табиғатты қорғау параметрлері PO;
3. $x_3(t)$ – табиғат ресурстары параметрлері PR,
4. $x_4(t)$ – жеке даму параметрлері IR,
5. $x_5(t)$ – адам тіршілігін қамтамасыз ету параметрлері ZH,
6. $x_6(t)$ – әлеуметтік-экономикалық параметрлер SE,
7. $x_7(t)$ – экономикалық даму параметрлері ER,
8. $x_8(t)$ – табиғатты пайдаланудың экономикалық параметрлері EPR.

Келтірілген параметрлерді таңдау негізгі әлеуметтік-экономикалық, экологиялық-экономикалық және әлеуметтік-экологиялық байланыстар арасындағы белгілі себеп-салдар қатынастарды, аймақтың тіршілік әрекетінің жалпы жүйесіндегі түрлі көрсеткіштерден құралатын жүйелік тұтастығында пайдалануға мүмкіндік береді. Мұндай біріктіру қолданылатын модельдеу тәсіліне ымырасыз болмайды. Ол тек нақты элементтер мен тұтастай жүйенің орнықтылығын бағалау үшін қарастыруға ендірілуі қажет қосымша көрсеткіштердің санын айтарлықтау қысқартады. ЭӘӘ-жүйе моделін құру үшін барлық тәкелей және жанама байланыстарды, сондай-ақ сыртқы факторларды әсерін қарастыру керек. ЭӘӘ-жүйе моделіндегі себеп-салдар байланыстары сызбасы сурет 1 көрсетілген.

Сызбаны жеңілдету мақсатында өз-ара әсерлер әр бағытқа бағытталған жалпы сызықтармен келтірілген. Келтірілген концептуалды модель негізінде (сурет 1) ABC-тәсілін қолдана отырып экологиялық-әлеуметтік-экономикалық жүйенің математикалық моделін тұрғызамыз. Осы мақсатта 8 модульдің (EN, PO, PR, IR, ZH, SE, ER, ERP) әр қайсысына (6) теңдеуін тізбектей жазамыз:

1. $\frac{dx_1}{dt} = c_1x_1(t)[x_1^* - (x_1(t) + a_{12}x_2(t) - a_{17}x_7(t) + a_{18}x_8(t) - a_{1ERO}(ERO(t)) - a_{1FU}(FU(t)))]$
2. $\frac{dx_2}{dt} = c_2x_2(t)[x_2^* - (x_2(t) - a_{21}x_1(t) - a_{28}x_8(t) - a_{23}x_3(t) - a_{1FU}(FU(t)) - a_{1IF}(IF(t)))]$
3. $\frac{dx_3}{dt} = c_3x_3(t)[x_3^* - (x_3(t) + a_{31}x_1(t) - a_{32}x_2(t) - a_{38}x_8(t) + a_{3ERO}(ERO(t)) - a_{3FU}(FU(t)))]$

4. $\frac{dx_4}{dt} = c_4 x_4(t) [x_4^* - (x_4(t) + a_{41} x_1(t) - a_{45} x_5(t) - a_{47} x_7(t) - a_{1IF}(IF(t)) - a_{4ERO}(ERO(t)) - a_{4FU}(FU(t)))]$
5. $\frac{dx_5}{dt} = c_5 x_5(t) [x_5^* - (x_5(t) - a_{53} x_3(t) - a_{56} x_6(t) - a_{57} x_7(t) - a_{54} x_4(t) - a_{52} x_2(t) - a_{51} x_1(t) - a_{5IF}(IF(t)) - a_{5ERO}(ERO(t) - a_{5FU}(FU(t)))]$
6. $\frac{dx_6}{dt} = c_6 x_6(t) [x_6^* - (x_6(t) - a_{61} x_1(t) - a_{63} x_3(t) - a_{65} x_5(t) - a_{67} x_7(t) - a_{6IF}(IF(t)) - a_{6ERO}(ERO(t)) - a_{6FU}(FU(t)))]$
7. $\frac{dx_7}{dt} = c_7 x_7(t) [x_7^* - (x_7(t) + a_{71} x_1(t) - a_{73} x_3(t) - a_{74} x_4(t) + a_{76} x_6(t) - a_{78} x_8(t) - a_{7TF}(TF(t)) - a_{7IF}(IF(t)))]$
8. $\frac{dx_8}{dt} = c_8 x_8(t) [x_8^* - (x_8(t) + a_{82} x_2(t) - a_{87} x_7(t) - a_{83} x_3(t) - a_{8IF}(IF(t)) - a_{8TF}(TF(t)) - a_{8PU}(PU(t)))]$

Тұрғызылған математикалық модель жүйенің бақылаудан белгілі немесе белгіленген факторлардың берілген әсер ету коэффициенттерінде және масштабталған көбейткіштерді c_1, \dots, c_8 таңдағанда имитацияланатын сырқы әсерлерге реакциясын есептеуге мүмкіндік береді. Модель сондай-ақ, сыртқы әсерлердің өзгеруін болжау негізінде ЭӘӘ-жүйедегі процесстердің даму сценарийлерін болжауға мүмкіндік береді.

Модельдің теңдеулер жүйесін шешу үшін ол теңдеулер ақырлы-айырымдық формада жазылуы тиіс. ABC тәсілін қолдану тәжірибесі [16], көрсеткедей қарапайым итерациондық алгоритмдерді пайдаланған жеткілікті болады. Қандай-да бір ортақ шкалаға келтіру жолымен модельденетін процесстерді өлшемсіз салыстырмалы мәндерге өткен қолайлы болады. Базалық $F_{(x)}^{(-)}$ және $F_{(x)}^{(+)}$ әсер ету функцияларының жеке мәндерінің облысы анықталған интервал болуы мүмкін, ал барлық процесстердің орташа мәндері эмпирикалық жолмен анықталады.

a_{ij} әсер ету коэффициенттерін анықтау ЭӘӘ-жүйенің динамикалық моделін құрудың маңызды кезеңі болып табылады. Оларды анықтаудың негізгі 2 әдісі бар. Ең алдымен коэффициенттер шамалары эксперттік бағалау тәсілдеріне негізделген әсер ететін факторларды сақлыстырмалы талдау жолымен анықталуы мүмкін [15, 24]. Бұл әдіс сыртқы факторлар әсерлерінен жүйеде бақыланатын процесстерді объективті талдауға негізделген. Сондықтан ЭӘӘ-жүйеде өтетін процесстер мен жүйеге әсер ететін сыртқы факторлар арасындағы статистикалық байланыстарды анықтау үшін деректер базасын құруға мүмкіндік беретін кешенді мониторингтеу жүйесін дамытқан дұрыс.

Жүргізілген зерттеулер нәтижелері, егер жүйедегі негізгі процесстер және олардың арасындағы себеп-салдар байланыстары анықталған болса, онда күрделі жүйелерді модельдеудің ABC тәсілі ЭӘӘ-жүйелердің математикалық модельдерін құруға мүмкіндік беретіні жайында қорытынды жасауға болатынын көрсетеді. Сонымен, ABC тәсілі экологиялық, әлеуметтік және экономикалық жүйелердің индикаторлары мәндерін болжауға мүмкіндік береді, демек түрлі деңгейде аймақты орнықты дамыту бағытында шешім қабылдау процесстерін жетілдіруге жағдай жасайды. Бұл тәсілдің экономикалық тиімділігі мынада, ол аймақ дамуының негізгі экологиялық, әлеуметтік және экономикалық процесстерінің параметрлерін болжауға, яғни аймақтық биліктің экономикалық шығасыларын айтарлықтай қысқартуға мүмкіндік береді және «болжай алу және болдырмау» принциптерін жүзеге асырады. Сондай-ақ бұл параметрлерді болжау, аймақтың дамуында және оны басқаруда әлеуметтік, экономикалық және экологиялық тепе-теңдікті, табиғатты пайдалану саласында табиғат ортасының өзін-өзі реттеу мүмкіндігін беретін оптималды пропорцияларды ескеретін аймақтық бағдарламалардың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді, экологиялық тепе-теңдікті қолдауда шығындарды азайтады, табиғат ресурстарын пайдалануда залалдарды болдырмайды.

Сонымен, аймақтың экологиялық орнықты даму бағдарламасын құрғанда аймақ жағдайын кешенді экологиялық-экономикалық бағалауды және орнықты дамуды және аймақтың экологиялық қауіпсіздігінің қажетті деңгейін қамтамасыз етуге бағытталған экологиялық саясаттың экономикалық құрашыларын анықтау ұсынылады.

5.Қорытынды. Мұнай өндіру, тасымалдау және өңдеу аймақтарын экологиялық орнықты дамыту мақсатында ғылыми негізделген тәсілдер, атап айтқанда экономика-математикалық модельдеу арқылы орнықты басқару мен дамыту мәселделері зерттеліп, оларды тиімді шешу жолдары ұсынылған. Бағдарламалық-мақсаттық тәсілдеме талаптарына сәйкес, аймақтың экологиялық орнықты және тиімді даму моделін құру шарттары және факторлары анықталған. Экологияға бағытталған басқару шешімдерін қабылдағанда және табиғатты қоғау шаралары кешенін жоспарлағанда, аймақтың экологиялық орнықты дамуының тиімді деңгейін қамтамасыз етуге бағытталған экологиялық реттеудің экономикалық негізгі критерий ретінде экологиялық даму индексын қарастыруға болатыны тұжырымдалған. Экологиялық-әлеуметтік-экономикалық жүйеснің жағдайын бағалау үшін: басқару; экономикалық даму; технологиялық және институционалдық даму факторлары қарастырылып, сипатталған. Экологиялық, әлеуметтік және экономикалық ішкіжүйелердің бірқатар құрылымдық элементтері бөлініп көрсетілген аймақтың ЭЭЭ-жүйелері мен дамудың сыртқы факторлары тобы арасындағы себеп-салдар байланыстарының моделі келтірілген. ЭЭЭ-процесстердің жағдайын бағалау мен модельдеудің оптималды варианты ретінде, жүйе компоненттеріне оны құрайтын элементтер жағдайының параметрлері жататын, ал жүйе қызметі жүйедегі бұл параметрлердің өз-ара әсерлері мен өз-ара байланыстарының жүзеге асуы ретінде сипатталатын, параметрлік деңгей таңдалып алынған.

Экологиялық-әлеуметтік-экономикалық жүйенің қызметін сипаттайтын концептуалды модельді формальдау үшін негіз болатын параметрлер ($x_1(t), x_2(t), \dots, x_8(t)$): экологиялық жүктеме; табиғатты қорғау; табиғат ресурстары; жеке даму; адам тіршілігін қамтамасыз ету параметрлері; әлеуметтік-экономикалық параметрлер және экономикалық даму мен табиғатты пайдаланудың экономикалық параметрлері нақтыланған. Формалданған концептуалды модель негізінде Әсерлердің Адаптивті Балансы (АВС) тәсілін қолдана отырып ЭЭЭ-жүйе модульдерінің әр қайсысына экожүйедегі процесстердің теңдеулерін тізбектей жаза отырып экологиялық-әлеуметтік-экономикалық жүйенің математикалық моделін тұрғызылған.

Күрделі жүйелерді модельдеудің АВС тәсілі, егер бұл жүйеде негізгі процесстер мен олардың арасындағы себеп-салдар байланыстары анықталған болса, аймақтың математикалық модельдерін құруға мүмкіндік беретіні және бұл тәсіл экологиялық, әлеуметтік және экономикалық жүйелердің индикаторлары мәндерін болжауға мүмкіндік беретіні, демек түрлі деңгейде аймақты орнықты дамыту бағытында шешім қабылдау процесстерін жетілдіруге жағдай жасайтыны негізделген.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Шкарупа Е.В. Эколого-экономическая оценка состояния региона в контексте экологически устойчивого развития: автореф. диссер. канд. экон. Наук. Сумы, 2007. –28 с.
- 2 Акимова Т.А., Хаскин В.В., Сидоренко С.Н., Зыков В.Н. Макроэкология и основы экоразвития: учеб. пособие –М.: РУДН, 2005. –367 с.
- 3 Бобылев С.Н., Гирусов Э.В. Перелет Р.А. Экономика устойчивого развития: учеб. пособие –М.: СТУПЕНИ, 2004. –304 с.
- 4 Оразбаев Б.Б., Бопиева Ж.К., Оразбаева К.Н. Атырау облысының 2015 жылға дейінгі аумақтық даму стратегиясы: отчет по НИР –Атырау-Астана: 2007. –108 с.
- 5 Оразбаев Б.Б., Сериков Ф.Т. Моделирование и оптимизация экономико-экологических систем (на примере объектов НГО): монография. - Алматы: «Ғылым». 2002. –140 с.
- 6 Кенжеғалиев А. К., Жумағалиев С.Ж., Оразбаев Б.Б. Экологическое состояние в районе острова «D» казахстанского сектора Каспийского моря: монография. Lulu Press, Inc. Raleigh, North Carolina, USA, 2015. –179p.
- 7 Kenzhegaliev A., Zhumagaliev S., D.Kenzhegalieva, Orazbayev B. Gas chromatographic-mass spectrometric investigation of n-alkanes and carboxylic acids in bottom sediments of the northern Caspian Sea // Geologos -2018. V.24, N1. -P.69–78. DOI: 10. 2478/logos-2018-0005.
- 8 Кулаков Г.Т., Моисеенко Е.Г. Общие принципы управления экономической безопасностью государства с точки зрения экономической кибернетики // Социально-экономическая безопасность государства: оценка, обеспечение: Материалы международной научно-практ. конф., ИНБ Республики Беларусь, 2003. –Минск, 2003. Т1. –С. 120–126.
- 9 Глазырина И.П., Потравный И.М. Экологические индикаторы качества роста региональной экономики: монография. –М.: НИИ–Природа. 2006.–306 с.

- 10 Шкарупа Е.В., Сотник И.Н. Анализ методических подходов к классификации социо-эколого-экономических индикаторов устойчивого развития // Вісник Сумського державного університету. -2004. № 6 (65). –С. 57–68.
- 11 Шкарупа Е.В., Сотник И.Н. Основные этапы и проблемы становления системы социально-экономических индикаторов устойчивого развития //Механізм регулювання економіки. -2004. № 2. –С. 26–31.
- 12 В.В. Orazbayev, E.A.Ospanov, K.N.Orazbayeva, L.T.Kurmangazieva. A Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Condition // Mathematical Models and Computer Simulations. -2018.-V.10. № 6. -P.748-758.
- 13 Гурмана В.И., Рюминой Е.В. Моделирование социо-эколого-экономической системы региона: учеб.пособие –М.: Наука, 2001. –175 с.
- 14 Браверман Э.М. Математические модели планирования и управления в экономических системах: монография. –М.: Наука. 2006. –368 с.
- 15 Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Солодова С.М. Управление природными ресурсами. Имитационная технология ABC AGENT: монография. –Севастополь: МГИ НАНУ, 2001. –95 с.
- 16 Тимченко И.Е., Игумнова Е.М., Тимченко И.И. Системный менеджмент и ABC технологии устойчивого развития:учеб. пособие –Севастополь: Экокси-гидрофизика, 2000. –225 с.
- 17 Голуб А.А., Струкова Е.Б. Экономические методы управления природопользованием: монография – М.: Наука, 2003. –136 с.
- 18 Бейсенби М.А. Системный анализ. Модели и методы системного анализа и управления: учеб. пособие. - Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2004. -144 с.
- 19 Антоновский М.Я., Литвин В.А. Методология построения балансовых эколого-экономических моделей // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. –СПб: ВНИИ. -2010. –С. 36-54.
- 20 Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. Пер. с англ. – М.: Academia, 2009. – 956 с.
- 21 Елсуков М. Ю., Ходачек В.М. Анализ условий и факторов стратегического развития регионов, статья в монографии: Выбор стратегии и моделирование региональной экономики. – СПб.: Издательство СЗАГС, 2001. – 240 с.
- 22 Еремеев В. Н., Тимченко И. Е. Устойчивое развитие: системный подход // Тез. докл. международной конф., Севастополь, март 12 - 16, 2001. - Севастополь, 2001 - С. 22 - 23.
- 23 Bohm P. and Russel C.S. Comparative analysis of alternative policy instruments // A.V. Kneese and J.L. Sweeney (eds.), Handbook of natural resources and energy economics. V. 1. –North-Holland, Amsterdam. –2007. –P. 395-460.
- 24 Sabzi H.Z. Developing an intelligent expert system for streamflow prediction, integrated in a dynamic decision support system for managing multiple reservoirs: A case study //Expert systems with applications. -2017. -V. 82. № 3. –P. 145–163.

¹ Б.Б. Оразбаев, ² С.Э. Сантеева, А. К. Жумадиллаева, К.Н. Оразбаева, ³ Л.Т. Курмангазиева

¹ Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан,

² Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, Нур-Султан, Казахстан,

³ Атырауский государственный университет им. Х.Досмухамедова, Атырау, Казахстан

Экологически устойчивое развитие и управление регионом на основе экономико-математического моделирования

Аннотация. Исследованы проблемы экологически устойчивого развития и управления нефтяных регионов на основе математических моделей. В основу модели экологически устойчивого развития региона положены принципы программно-целевого подхода. Сформулировано заключение о том, что учет реакции эколого-социально-экономической системы на все воздействия возможен на основе применения экономико-математических моделей системы и возможности разработки программы устойчивого развития региона с помощью таких моделей. Для оценки состояния эколого-социально-экономической системы региона выбраны и описаны параметры управления, параметры экономического развития, технологические параметры и институциональные параметры. Предложена и описана модель причинно-следственных связей между эколого-социально-экономической системой региона и группой внешних факторов развития. На основе предложенной концептуальной модели с применением метода адаптивного баланса причин (ABC) разработана математическая модель эколого-социально-экономической системы. Построенная математическая модель на основе определения реакции эколого-социально-экономической системы на внешние воздействия и прогнозирования изменения внешних воздействий позволяет определить сценарий развития процессов в эколого-социально-экономической системе.

Ключевые слова: регион, эколого-социально-экономическая система, экономико-математическое моделирование, экологически устойчивое развитие и управление, концептуальная модель, математическая модель, ABC метод.

¹ B.B. Orazbayev, ² S.A. Santeyeva, K.N. Orazbayeva, ³ L.T. Kurmangaziyeva

¹ L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur Sultan, Kazakhstan,

² The Kazakh university of Economics, Finance and International Trade, Nur Sultan, Kazakhstan,

³ Kh. Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan

Ecological sustainable development and management of the region based on economic and mathematical modeling

Abstract: The problems of ecologically sustainable development and management of oil regions on the basis of mathematical models are investigated. Based on the model of environmentally sustainable development of the region, the principles of the program-target approach are laid. The conclusion is formulated that taking into account the reaction of the ecological-socio-economic system to all impacts is possible based on the application of economic and mathematical models of the system and the possibility of developing a program for the sustainable development of the region using such models. To assess the state of the ecological, social and economic system of the region, the main ones were selected and described: management parameters; economic development parameters; technological parameters and institutional parameters. A model of causal relationships between the ecological and socio-economic system of the region and a group of external factors of development has been proposed and described. On the basis of the proposed conceptual model using the Adaptive Balance of Causes (ABC) method, a mathematical model of the ecological-socio-economic system has been developed. The constructed mathematical model on the basis of determining the reaction of the ecological-socio-economic system to external influences and predicting changes in external influences allows us to determine the scenario of the development of processes in the ecological-socio-economic system.

Keywords: region, ecological and socio-economic system, economic and mathematical modeling, environmentally sustainable development and management, conceptual model, mathematical model, ABC method.

Авторлар жайында мәліметтер:

Оразбаев Б.Б. – техника ғылымдарының докторы, Жүйелік талдау және басқару кафедрасының профессоры, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш. 2, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Сантеева С.Ә. – Жүйелік талдау және басқару кафедрасының докторанты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш. 2, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Жумадиллаева А.К. – техника ғылымдарының кандидаты, Есептеу техникасы кафедрасының доценті, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш. 2, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Оразбаева К.Н. – техника ғылымдарының докторы, Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Менеджмент кафедрасының профессоры, Жубанов көш. 7, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.

Курмангазиева Л.Т. – техника ғылымдарының кандидаты, Х.Досмухамедов атындағы Атырау мемлекеттік университетінің доценті. Пушкин көш. 212, Атырау, Қазақстан.

Orazbayev B.B. – doctor of engineering sciences, Professor at the Department of Systems of analysis and management, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Santeyeva S.A. – doctoral student at the Department of Systems of analysis and controls, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Zhumadillayeva A.K. – candidat of engineering sciences as. professor, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Orazbayeva K.N. – doctor of engineering sciences Professor at the Department of Management and marketing, Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Zhubanov str., Nur-Sultan, Kazakhstan.

Kurmangaziyeva L.T. – candidat of engineering sciences as. professor, Atyrau State University named after Kh. Dosmukhamedov, Pushkin str. Atyrau, Kazakhstan.

Редакцияға 25.09.2019 қабылданды