

УДК 681.3.06

МРНТИ 27. 33; 81.93.29

БЕЙНЕЛЕРДІ ТАҢУ ӘДІСІМЕН БОЛЖАУ ЕСЕПТЕРІН ШЕШУ

НУРГУЛЖАНОВА А.Н., СЕЙТБЕКОВА А.М., СЕРИК А.К.

М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы

Аңдатпа: Бұл мақалада, техникалық кешендердің күйін болжау тапсырмалары қарастырылған. Сонымен қатар, ТК техникалық күйін бағалау кезінде қолданылатын сандық, ординалды, номиналды сипаттағы белгілерде ұсынылған. Сандық белгілердегі статистикалық тәсілдер шешімді таңдау тапсырмасының тұжырымдалуға және ықтимал өлшемдер болжамына негізделген. Сондай-ақ, априорлық ықтималдылық Байес ережелерінің көмегімен есептелді, сызықты дискриментті функцияның бейнесі көрсетілді.

Түйінді сөздер: стохастикалық сипат, Байес шешуші ережесі, дихотомикалық модельдер

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТОДОМ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Аннотация: В данной статье рассматриваются задачи прогнозирования состояния технических комплексов. Кроме того, представлены также признаки цифрового, ординального, номинального характера, используемые при оценке технического состояния ТК. Статистический подход в количественных обозначениях основан на формулировании задания выбора решения и прогнозе возможных параметров. Также была рассчитана априорная вероятность с помощью правил Байеса, показано изображение линейной дискриментной функции.

Ключевые слова: стохастический характер, решающее правило Байеса, дихотомические модели

THE TASK OF FORECASTING BY THE METHOD OF IMAGE RECOGNITION

Abstract: this article discusses the problems of predicting the state of technical complexes. In addition, there are also signs of a digital, ordinal, and nominal nature used in assessing the technical condition of the TC. The statistical approach in quantitative notation is based on the formulation of the task of choosing a solution and the prediction of possible parameters. A priori probability was also calculated using Bayes rules, and an image of a linear discretionary function is shown.

Key words: stochastic character, Bayesian decision rule, dichotomous models

Кіріспе

Басқа көрсеткіштердің мәндері бойынша бір көрсеткіштердің мәнін болжау – басқа тапсырмалар үшін шешім мен база қызметін атқаратын, жиі туындайтын тапсырмалар шешімі, мысалы объектіні басқаруда қолданылады. Негізгі ерекшелігі талданатын де-

ректердің екі топқа бөлінуі болып табылады – бірінші топтың көрсеткіш мәні бойынша (тәуелсіз белгілері) екінші топ көрсеткіштерінің мәні (тәуелді белгілері) болжанады. Тәуелді белгі үздіксіз мәнге ие болу мүмкін (сандық) – бұл жағдайда болжам тапсырмасы регрес-

сия тапсырмасы деп аталды. Тәуелділік белгісі «ішкі күй» сипаты болып табылатын кейбір мәннің аз санын қабылдай алады, яғни объект класы – бұл оқытушымен жіктеу міндеті немесе бейнелерді тану міндеті [1].

Қазіргі таңда техникалық кешендердің (ТК) күйін болжау тапсырмасы маңызды тәжірибелік мәнге ие болды, ол жұмыс істеп тұрған ТК көп қондырғыларының тозуына және оларды ауыстыру немесе күрделі жөндеуден өткізуге негізделген. ТК элементтерінің қалған қорын бағалау негізінде оның техникалық күйін басқару ұйымдастырылуы мүмкін. Көп жағдайда істен шығулары апаттық және ауыр жағдайлардың туындауына алып келетін қондырғыларға іріктемелі жөндеу-профилактикалық жұмыстары (ЖПЖ) ұйымдастырылуы мүмкін. Қалдық қор оның шектік мәнге көшкенге дейінгі жұмыс істеу шамасымен анықталады. Осы кезде ТК шектік күйі деп белгіленген сапамен мақсатты міндеттерді орындауға қабілетсіз жағдайы түсіндіріледі. ТК шектік күйге өту белгілері ретінде келесілер жиі қолданылады:

- қызмет студия істен шығу деңгейінің рұқсат етілмейтіндей төмендеуі;
- қызмет студия пайдалану шығындарының рұқсат етілмейтіндей артуы [1, 2].

ТК пайдалану мерзімін ұзарту кезінде оның элементтерінің ағымдық күйін бағалай алу қажет, яғни мүмкін болатын сол немесе басқа класқа жатқызуы және олардың шектік күйге өту мерзімін болжауды білуі тиіс. Бұл тапсырманы шешу барысындағы негізгі қиындықтар келесілерге негізделген.

Қондырғы сенімдігін есептеу барысында кепілдеме ресурс шегінде қабылданатын қондырғылардың істен шығу модельдерінің белгісі туралы болжамдар өте жеңілдетілген және оның шегінен тыс қолайсыз болып табылады. Қондырғының әртүрлі параметрлері оны ұзақ пайдалану кезінде бір-біріне әсер етуі мүмкін, сонда істен шығудың себебі кейбір параметрлердің тек қана рұқсат етілмеген ауытқуы, сонымен қатар бірнеше мәндердің жағымсыз үйлесімі болуы ықтимал. Бұл кезде қондырғының бір элементінің істен шығуы басқалардың істен шығуы (еселік істен шығуы)

тізбегіне алып келуі мүмкін. Мұндай жағдайлардың пайда болу мүмкіндігі ТК пайдаланудың кепілді мерзімінде пайдалануға есептелген диагностика құралдарын жобалау кезінде сирек ескеріледі [1].

Әдетте, ТК жұмыс қабілеттігін қолдайтын ұлттық бағдарламалар оның компоненттерінің нақты пайдалану шарттарын жеткіліксіз толық ескереді, бірақ, тәжірибе көрсеткендей солар істен шығудың себебі бола алады. Сыртқы ортаның көптеген факторлары кумулятивті сипатқа ие, яғни олардың жұмыс қабілеттігіне әсері жиынтық экспозициямен (әсерлердің жиынтық ұзақтығымен) анықталады. Кумулятивті сипаттағы зиянды әсерлердің мысалдары төмендегідей болуы мүмкін:

- жоғары және төменгі ылғалдылықтың әсерінен электронды аппаратура сипаттарының өзгеруі;
- температураның өзгеруі мен ұзақ мерзімді дірілдің өзгеру нәтижесінде механикалық ақаулар мен жарықтардың пайда болуы және т.б.

Алдымен (негізгі түсініктерді бейнелеу мақсатында) объектілердің техникалық күйін (ТК) тану моделінің жалпы сипатын келтірейік. Техникалық күй класының негізінде объект параметрлерінің мүмкін болатын көптеген вектор мәндерінің бірқатары түсіндіріледі, ол объект өзінің тағайындалуы бойынша қолдана алатын шарттардың кейбір интерпретациясымен сәйкес келеді. Мысалы, кейбір ішкі жүйелердің немесе ТК қондырғылардың компоненттері қолданылуы мүмкін болатын шарттарға сәйкес келесідей кластарға жіктеледі:

- ішкі жүйе жарамды және жұмысқа қабілетті;
- ішкі жүйе жұмысқа жарамды, ақауы жоқ;
- ішкі жүйе жұмысқа жарамсыз, бірақ, оның қабілеттігі жөндеу-профилактикалық жұмыстарын орындау барысында қайта қалпына келуі мүмкін;
- ішкі жүйе жұмысқа жарамсыз, оның жұмыс қабілеттігі тек күрделі жөндеуден өткеннен кейін ғана қалпына келуі мүмкін;

- ішкі жүйе жұмысқа қабілетті, бірақ оны ары қарай пайдалану, пайдаланудың төмен сапасы мен пайдаланудың үлкен шығындарына байланысты қолайсыз;
- ішкі жүйе жұмысқа қабілетті, бірақ оны пайдалану қауіпсіздік тұрғысынан қолайсыз [2].

Диагностикалық объектінің көптеген күй кластарын $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ арқылы белгілейміз.

ТК объектілерін тану барысында оның физикалық сипаты берілген күйді (мұнда штрихпен транспондау операциясы белгіленген) сипаттайтын $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ белгілер векторына түрленеді.

x_i айнымалыларын объектінің диагностикалық параметрлері деп те атайды. Көптеген мүмкін болатын X векторының мәні белгілер кеңістігі деп аталады. Тану жүйесі объектінің күй класының априорлы сипаттағы белгілердің өлшенген векторын салыстыру негізінде осы объектінің ағымдағы күй класының біріне жататындығы туралы шешім қабылдайды. Әр белгі векторына кластың белгілі бір атау беретін ереже шешуші ереже деп аталады [2].

Әдетте, объект күйінің параметрлері стохастикалық сипатқа ие, олардың мәні кейбір ықтималдықта бірнеше күй класына жіктелуі еді, сондықтан тану үдерісінде кездейсоқ қателіктер болуы мүмкін. Егер тану жүйесі q_j басқа класына қатысты күйді q_i күйінің класына қатысты деп анықтаса, ол қате жіберді деп есептеледі. ТК техникалық күйін бағалау кезінде қолданылатын белгілер әртүрлі шкалада өлшене алады: сандық (сандық), ординалды (реттік), номиналды. Өлшем теориясында номиналды шкалалар қарапайым және «кедей» болып (сонымен қатар оларды атаулар шкаласы немесе жіктеу шкаласы деп атайды) саналады.

Егер номинал белгінің мүмкін болуы мәндерін белгілесек, онда бұл сандар белгінің жүзеге асыру нұсқасын бейнелейтін тек абстрактілі символдар мәніне ие болады және көрсетілген сандардың теңдігінен басқа ешбір қатынастардың мәні болмайды [2].

Номиналды шкалада өлшенетін белгінің екі мәнін салыстыру кезінде мәндердің сәйкес келуі немесе сәйкес келмеуі туралы қорытынды жасаймыз. Сондықтан мұндай белгілерді талдау барысында номиналды шкаланың әр белгісін жеке дербес белгі деп санайды. Ол тек А және В екі мәнін қабылдайды. Көп жағдайда $A = 0$ және $B = 1$ деп алынады. Мұндай белгілерді дихомотикалық, бинарлы немесе бельдік (логикалық) деп атайды. Дихомотизацияландыру жүргізілгеннен кейін номинал белгілер олардың ерекшелігін ескеретін сандық көпөлшемді талдау тәсілдерін қолдану үшін қолжетімді болады. Ординарлық белгілер үшін шкаладағы градиция тәртібі маңызды және олар үшін осы ретті бұзбайтын осы кез келген монотонды түрлендірулер рұқсат етілген болып есептеледі. Диагностикалық модельді және оның параметрлерін эмпирикалық-статистикалық бағалау әдістерін таңдау кезінде жоғарыда сипатталған белгілерді қалыптастыру тәсілдерінің ерекшеліктерін ескерген жөн [2].

ТК күйлерін тану моделін және барлық белгілер үздіксіз сандық шкалада өлшенетін жағдай үшін шешуші ережені қалыптастыру тәсілдерін қарастырайық. Жалпы жағдай туралы кейінірек тоқталамыз. Сандық белгілердегі бейнелерді жіктеу есебіне статистикалық тәсілдің негізі шешім қабылдаудың статистикалық теориясы болып есептеледі. Бұл тәсіл шешімді таңдау тапсырмасының ықтималдықтар теориясының негізінде тұжырымдалуға және қызығушылық танытатын ықтимал өлшемдер болжамына негізделген.

$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ – бағаланатын объектінің көптеген қарастырылатын ТК кластары; $\lambda_{ij} - q_i$ класының күйін қателікпен q_j класына жатқызумен байланысты шығындар делік.

R^n белгілер кеңістігінде q_i әрбір класына D_i жиыны – класс бейнесі сәйкес келеді. $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)'$ белгілер векторы көп өлшемді кездейсоқ шама болып табылады. X векторының ықтималдығының $p(X/q_j)$ шартты тығыздығы берілген. Сонымен қатар объектінің тиісті q_i класына жататын $P(q_i)$ априорлық ықтималдығы да берілсін. Сонда апостериорлы (параметрлерді өлшеуден және X бел-

гілерінің векторын есептеуден кейін) объект жағдайының q_i класына жату ықтималдығы байес ережелерінің көмегімен есептелуі мүмкін [3].

$$P(q_i / X) = P(q_i)p(X/q_i) / p(X) \quad (1)$$

мұндағы

$$P(X) = \sum_{i=1}^m p(X/q_i) \quad (2)$$

X векторы q_j класына жататын күй бейнесі ретінде жіктелген. X шын мәнінде қарастырылатын кластардың кез келгеніне тиесілі болғандықтан, X бейнесін q_j класына жатқызумен байланысты шығындарды математикалық күту келесі өрнекпен анықталады:

$$r_i(X) = \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} P(q_i / X) \quad (3)$$

Статикалық шешімдер теориясында бұл өлшемді шартты орташа үрей немесе шартты орташа шығын деп атайды. (1) өрнекті ескере отырып (3) өрнек келесі түрге енеді:

$$r(X) = \frac{1}{p(X)} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} P(q_i) p(X/q_i) \quad (4)$$

Әрбір бейнені тану кезінде шешуші ереже (жіктеуші) оны m ықтимал санаттарының біріне жатқыза алады. Егер әрбір X үлгісі үшін $r_j(X), j = \overline{1, m}$ шартты орташа шығындар мәні есептелсе және толық шығынның математикалық күтілімі барлық шешімдер жиынында ең аз мәнге ие болады.

Жалпы шығындардың математикалық күтілімін азайтатын шешуші ереже Байес шешуші ережесі (байес классификаторы) деп аталады. Тіркелген X кезінде $1/p(X)$ тұрақты болады және сондықтан оны (4) және (5) қатынастарынан жоюға болады, бұл есептеу-

лерді жеңілдетуге мүмкіндік береді. Шартты тәуекелді есептеуге арналған түрленген формулалар келесідей түрде [3]:

$$R_j(X) = \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} P(q_i) p(X/q_i) \quad (5)$$

$$R(X) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} P(q_i) p(X/q_i) \quad (6)$$

Қарастырылған модельдің маңызды жеке жағдайы дихотомикалық жіктеу моделі болып табылады, ол кезде Q жиыны q_1 және q_2 екі класынан тұрады. Мұндай модельдер, мысалы, күрделі техникалық жүйелерді диагностикалау кезінде кеңінен қолданылады. Осындай модельдерді ТК техникалық күйін бағалау мен болжаудың кейбір міндеттерін шешу кезінде де пайдаланылады.

Дихотомикалық модельдер салыстырмалы қарапайым құрылымға ие және сандық талдауға жеңіл беріледі. Көп альтернативті тану міндеттерінің шешімі екі альтернативті шешуші ережелерді қолданатын сұлбаларға жиі келтірілетінін ескеру керек. $Q = \{q_1, q_2\}$ болсын. Сонда X бейнесін талдау барысында келесі екі шешім мүмкін болады: X q_1 класына немесе q_2 класына жатады. Бірінші шешімді таңдау барысында

$$R_1(X) = \lambda_{11} p\left(\frac{X}{q_1}\right) P(q_1) + \lambda_{21} p\left(\frac{X}{q_2}\right) P(q_2) \quad (7)$$

екіншісін таңдау кезінде

$$R_2(X) = \lambda_{12} p\left(\frac{X}{q_1}\right) P(q_1) + \lambda_{22} p\left(\frac{X}{q_2}\right) P(q_2) \quad (8)$$

Жоғарыда көрсетілгендей, Байес шешуші ережесі X бейнесін орташа шығынның ең аз мәні бар класқа жатқызады. Сондықтан, X бейнесі q_j класына тіркеледі, егер $R_j(X) < R_2(X)$ шарты орындалса, онда

$$\lambda_{11} p\left(\frac{X}{q_1}\right) P(q_1) + \lambda_{21} p\left(\frac{X}{q_2}\right) P(q_2) < \lambda_{12} p\left(\frac{X}{q_1}\right) P(q_1) + \lambda_{22} p\left(\frac{X}{q_2}\right) P(q_2) \quad (9)$$

немесе

$$(\lambda_{12} - \lambda_{11})p(X/q_1)P(q_1) > (\lambda_{21} - \lambda_{22})p(X/q_2)P(q_2) \quad (10)$$

Әдетте, $\lambda_{ij} > \lambda_{ii}$ (кейде қосымша $\lambda_{ii} = 0$) деп есептеледі. Бұл кезде (11) өрнек келесі шартқа алып келеді:

$$\frac{p(X/q_1)}{p(X/q_2)} > \frac{P(q_2)(\lambda_{21} - \lambda_{22})}{P(q_1)(\lambda_{12} - \lambda_{11})} \quad (11)$$

оның орындалуы X класының бейнесін q_1 класына жатқызады. Теңсіздіктің сол жағын (12) шындыққа жанасатын қатынас немесе шындыққа жанасатын коэффициент деп атайды [3]:

$$l(X) = \frac{p(X/q_1)}{p(X/q_2)} \quad (12)$$

Теңсіздіктің оң жақ бөлігі шектік мән деп аталады.

$$h = \frac{P(q_2)(\lambda_{21} - \lambda_{22})}{P(q_1)(\lambda_{12} - \lambda_{11})} \quad (13)$$

Байес шешуші ережесі келесідей тұжырымдалады:

- егер $l(X) > h$ шарты орындалса, диагностикаланатын объектінің жағдайы q_1 класына жатады;
- егер $l(X) < h$ шарты орындалса, диагностикаланатын объектінің жағдайы q_2 класына жатады;
- егер $l(X) = h$ шарты орындалса, шешім ерікті түрде таңдалады немесе қосымша ақпарат жұмылдырылады.

λ_{ij} айыппұл коэффициенттерін қолданудың маңызды тәжірибелік мәні бар.

Айыппұлдың дұрыс таңдалған коэффициенттері бірінші кезекте объектінің өзінің қызметтік міндеттерін орындамауына немесе айтарлықтай экономикалық шығындарға әкеліп соғатын, дұрыс емес шешімдер қабылдау ықтималдығын азайтуға мүмкіндік береді. Мысалы, техникалық жүйені одан әрі пайдалану қауіпсіздігін растау мақсатында, тестілеу кезінде ақаулы жүйені пайдалануды ұзартуға алып келетін шешім қабылдаға-

ны үшін айыппұл оның жұмыс істеуін тоқтата тұру туралы дұрыс емес шешім қабылдағаны үшін айыппұлдан жоғары болуы тиіс [2, 3].

Тәжірибе жүзінде жоғарыда жазылған шешім қабылдау ережесімен қатар апостериорлық ықтималдықтың максимум ережесін жиі қолданады. Берілген X апостериорлық ықтималдығы $p(q_i/X)$ объект жағдайының q_i класына қатысты кезінде келесідей есептеледі:

$$p\left(\frac{q_i}{X}\right) = \frac{p(X/q_i)P(q_i)}{p(X)} \quad (14)$$

мұндағы $P(X) = \sum_{i=1}^m P(q_i)P(X/q_i)$ белгі векторының бірлескен таралу тығыздығы.

Күйдің q_i класына тиесілі екендігі туралы шешім жіктеу қатесінің орташа ықтималдығын қамтамасыз ететін шартты орындау кезінде ұсынылады.

Егер q_1 және q_2 екі диагностикалық класы қарастырылса, онда q_1 шешімі $P(q_1/X) < P(q_2/X)$ және q_2 шешімі $P(q_1/X) > P(q_2/X)$ кезінде қабылданады. Бұл апостериорлық ықтималдықтың максимумдық ережесі.

Шындыққа жанасатын қатынас бастапқы $l(X) = P(X/q_1) / P(X/q_2)$ түрде, ал шектік өлшемі формуламен есептеледі

$$h = P(q_2) / P(q_1) \quad (15)$$

Тәжірибелік есептеулерде шындыққа жанасатын қатынас логарифмін қолдану ыңғайлы.

$$l(X) = \log \frac{P(q_1/X)}{P(q_2/X)}, h = \log \frac{P(q_2)}{P(q_1)}$$

Шекті мәндерді есептеудің (14) және (16) формулаларына $P(q_i)$ априорлық ықтималдықтар шамасы кіреді.

Әдетте, $P(q_i)$ алдын ала белгісіз. Тәжірибелік есептерді шешу кезінде бұл шамалар зерттеушінің субъективті бағалары негізінде жиі қойылады. Қарастырылатын кластардың ішінен $P(q_i)$ оқыту іріктемелерінің көлеміне пропорционалды деп есептелетін тәсіл неғұрлым объективті деп саналады. Толық белгісіздік кезінде Бернуллі қағидасына сәйкес $P(q_1) = P(q_2) = 1/2$ қоюға болады, яғни шекті ($h = 1$) бірлігіне тең деп қабылдауға болады. Бұл жағдайда максимал шындыққа

жанасатын ережеге сүйенеміз. Бейнелерді тану теориясында диагностикалық кластарды жіктеу туралы геометриялық түсінік кеңінен қолданылады. Сәтті жіктелу үшін q_i класына сәйкес X күйлерінің класына сәйкес бейнелер R^n кеңістігінің D_i кейбір аймақтарында шоғырланады. Әрбір қосымша D_i аймаққа тек бейнелердің аз бөлігі ғана түсуі талап етіледі [3].

Шешуші ережені құрудың жоғарыда көрсетілген шарттарды қанағаттандыратын $D_i (i = 1, m)$ қиылыспайтын m салаларды іздеу міндеті ретінде қарастыруға болады. Егер X күй бейнесі D_i аймағына түссе, онда күйдің q_i класына жататындығы туралы шешім қабылданады.

D_i облыстарының нақты шекараларын толық құруда қажеттілік болмайды, жіктеу мақсаты үшін бұл салаларды белгілер кеңістігінде бөлетін гипер беткейді ғана көрсету жеткілікті. X екі өлшемді векторы үшін кеңістікті осылай бөлу мысалдары 1 және 2-суреттерде көрсетілген. Гипербеткейді бөлу үшін дискриманттық (бөлу) функциялар (ДФ) ұғымы енгізіледі.

Екі сыныпқа бөлінген жағдайда бөлу функциясы $f(X)$ мынадай қасиетке ие:

$$\begin{aligned} f(X) &> 0, \text{ егер } X \notin D_1, \\ f(X) &> 0, \text{ егер } X \notin D_2, \end{aligned} \quad (16)$$

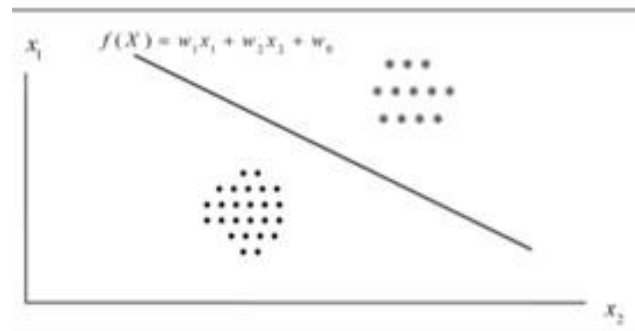
Сонда гипербеткейді бөлетін теңдеу $f(X) = 0$ (18) түрінде жазылады. Бұл жағдай 1-суретте бейнеленген.

Күй кеңістігін бірнеше кластарға бөлу кезінде әрбір D_i аймағы бір бөлуші беткей басқалардан ерекшеленеді. Бұл жағдайда m келесі қасиетке ие болатын жіктеу функциялары бар: $i=1$ үшін m төмендегідей:

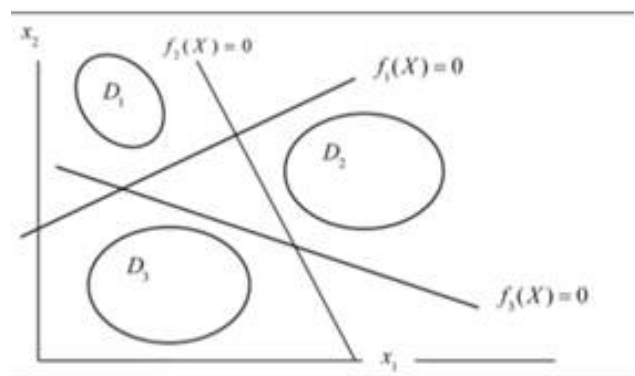
$$f_i(X) > 0, \text{ егер } X \in D_i, f_i(X) < 0, \text{ егер } X \notin D_i \quad (17)$$

D_i аймағын басқалардан ерекшелейтін беткей X мәнімен анықталады, ол кезде $f(X) = 0$ болады. Берілген жағдай 2-суретте көрсетілген. Жақындау арқылы байланыс орнатаяық. Тапсырманы жеңілдету үшін q_1 және

q_2 бөлуші кластары бар жағдайды қарастыру керек.



1 сурет – Бейнелердің екі класқа бөлінуі үшін сызықты дискримантты функцияның мысалы



2 сурет – Бірнеше класқа бөліну жағдайына арналған бейнелер

Күрделі техникалық жүйелер үшін $P(X/q_i)$ тығыздығын аналитикалық анықтау аса күрделі болып табылады, сондықтан тәжірибе жүзінде сараптамалық деректерді таңдау объектісінің моделі қолданылады. Әдетте, сараптамалық деректер кесте түрінде ұсынылады. Осы кестенің жолдары объект күйімен, ал бағандар диагностикалық белгілермен теңестіріледі. Осындай түрдегі кестелерді «белгі күйі» типті кесте деп атау қабылданған. Мұндай деректер жиынтығы ТК күйлерінің үлгісі болып табылады, бірақ, диагностикалық параметрлер (белгілер) арасындағы байланыс мұнда айқын формада берілген. Жалпы жағдайда пайдаланылатын деректер құрамы келесідей:

- өлшеуге қолжетімді объект параметрлері,
- кейбір пайдаланудың параметрлік шарттарының деректері бойынша, кумуля-

тивті сипаттағы факторлар деректерін қоса есептегенде;

- объектінің шығыс параметрлерінің деректері;
- сараптамалық деректердің әрбір жиынтығы үшін объектінің техникалық күйін бағалау. Сараптамалық деректер бір текті статикалық жиынтықтың объектілерін бақылау негізінде қалыптасады [3].

Қорытынды

Мақалада бейнелерді тану әдісіне негізделген ТК техникалық күйін бағалау мен болжау әдістері қарастырылған. Көрсетілген әдістер перспективалы болып табылады және күрделі техникалық кешендердің өмірлік циклын басқару тапсырмаларын тиімді шешуге рұқсат етеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Беркетов Г. А. Прогнозирование остаточного ресурса технических систем методами распознавания образов.// Инженерлік тапсырмаларды шешудің математикалық әдістері. – 2002. – №1. – 17-31 б.
2. Л.Н. Чабан Методы и алгоритмы распознавания образов в автоматизированном дешифрировании данных дистанционного зондирования: оқу құралы. – М.: МИИГАиК, 2016. – 94 б.
3. Вудс Р., Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005.