УДК 004.95

Юлдашев З.Б.

Каср-чизиқли функционаллар асосида информатив белгилар фазосини шакллантириш усули

Аннатация. Мазкур мақолада информатив белгилар фазосини шакллантиришнинг градиент усули таклиф этилган бўлиб, унда информатив белгиларни аниқлаш мезони сифатида каср-чизиқли функционаллар олинган. Олинган ечимнинг оптималлиги теоремани исботлаш орқали асосланган. Бундан ташқари таклиф этилган усулнинг алгоритми келтирилган. Таклиф этилган усул ва алгоритм кам сонли қадамларда оптимал ечим олиш имконини беради.

***Калит сўзлар*:** функционал, белги, информатив белги, мезон, масофа, боғлиқлик, синф, объект, фазо.

Кириш. Ҳозирги кунда тимсолларни аниқлаш тизимлари башоратлаш ва бошқарув масалаларини ҳал этишда кенг қўлланилмоқда. Бунинг асосий сабабларидан бири замонавий мураккаб техник объектларни етарли даражада аниқ ва ҳар томонлама математик тенгламалар орқали ифодалаб бўлмаслигидир. Бундай қатъий математик ифодалар кўринишига келтириб бўлмайдиган объектларни башоратлаш ва бошқариш шу куннинг энг долзарб муаммоларидан биридир.

Мураккаб объектларни башоратлаш ва бошқариш тажрибаларига асосланган ҳолда шуни айтиш мумкинки, бундай объектларни бошқаришда бошқаришнинг классик назарияси имкониятларидан тўлиқ фойдаланиш, зарур бўлганда адаптив, ўргатувчи ва ўз-ўзини ўргатувчи шу жумладан, тимсолларни аниқлаш тизимларидан фойдаланиш зарур бўлади.

Тимсолларни аниқлаш тизимларини яратиш кўплаб мураккаб масалаларни ечимини жумладан, берилган белгилар фазосидан имкон даражасида объектни характерловчи белгиларни ажратиб олиш ва бу белгилар асосида бошқарув тизимини қўллаш масалаларини ҳал этишни талаб қилади.

Имкон даражасида объектни характерловчи белгиларни аниқлаш информатив белгиларни аниқлаш масаласи деб ҳам юритилади. Бу масала тимсолларни аниқлаш масаласининг ананавий муаммоси бўлиб, турли функционаллар асосида уни ҳал этишга кўплаб усул ва алгоритмлар таклиф этилган [1, 2].

Информатив белгилар мажмуасини ажратиш тимсолларни аниқлашнинг мураккаб масалаларидан бири бўлиб, чизиқли функционаллар асосида информатив белгиларни аниқлашнинг бир неча усул ва алгоритмлар таклиф этилган бўлсада, каср-чизиқли умумий бир жинсли функционаллар учун ягона усул таклиф этилмаган. Ушбу мақолада каср-чизиқли умумий бир жинсли функционаллар учун информатив белгилар мажмуасини ажратишнинг «Градиент» усули келтирилган.

Бизга Ω кесишмайдиган Ω_1, Ω_2,..., Ω_k қисм тўпламларга ажратилган объектлар тўплами берилган бўлсин, яъни

$$\Omega=\bigcup_{i=1}^{r}\Omega_i\ ,\ \Omega_i\bigcap\Omega_j\ =\varnothing,\ i\neq j, i,j=\overline{1,r}\ .$$

Ажратилган Ω_1, Ω_2,..., Ω_r қисм тўпламларни синфлар деб атаймиз.

$\Omega_k=\{w_{k1},w_{k2},...,w_{km}\}$ Ω_k -k-синф, w_{kj} -k синфнинг j-объекти;

Ушбу мақолада белгилар сони N бўлиб, ҳар бир объект R^N -вектор фазо элементи деб қаралади. Умумий ҳолда, $X_k=\left(x_{k1},x_{k2},..x_{kp_k}\right)$ -k-синфни белгилар орқали тавсифланиши, $X=\bigcup_{p=1}^{r}X_p$ - объектларнинг белгилар фазосини ташкил қилади.

Белгилар фазосини бир қийматли аниқловчи $\lambda=(\lambda_1,\lambda_2,...,\lambda_N)$ вектор $\left(\lambda\in R^N,\ \lambda_i\in\{0,1\}\right)$ киритиб оламиз.

Таъриф. λ вектор векторнинг нолдан фарқли компоненталари сони ℓ га тенг бўлса, λ вектор ℓ информатив дейилади.

ℓ информатив векторлар тўпламини [1]даги каби Λ^ℓ орқали белгилаймиз:

$$\Lambda^\ell=\left\{\lambda\in R^N:\lambda_i\in\{0;1\},\ \sum_{i=1}^{N}\lambda_i=\ell\right\}.$$

$x,y\in R^N$ икки объект орасидаги яқинлик сифатида $r_\lambda(x,y)$ яқинлик функциясини $R^N\big|_\lambda$ фазодаги $x\big|_\lambda$, $y\big|_\lambda$ объектларга тадбиқ этамиз.

X белгилар фазосида λ векторга боғлиқ равишда Эвклид нормаси киритамиз

$$\|x\|_\lambda=\sqrt{\sum_{j=1}^{N}\lambda_i\left(x_i\right)^2}\ .$$

Xp синфнинг $\overline{x}_p$ ўрталаштирилган объектини қуйидагича аниқлаб оламиз:

$$\overline{x}_p=\frac{1}{m_p}\sum_{i=1}^{m_p}x_p,\ \text{p}=\overline{1,\text{r}}\ .$$

Қуйидаги функцияни киритиб оламиз:

$$r_p\left(x_p,x\right)=\sqrt{\frac{1}{m_p}\sum_{i=1}^{N}r\left(x_p,x_i\right)}\ .$$

$r_p\left(x_p,x\right)$- функция X_p синфнинг λ векторга нисбатан белгиларининг умумий яқинлигини ифодалайди. Қуйидаги каср-чизиқли функционалдан мезон сифатида фойдаланамиз

$$I(\lambda)=\frac{r^h\left(\overline{x},\overline{y}\right)}{\sum_{p=1}^{h}r_p\left(x_p,x\right)} \tag{1}$$

(1) функционал содда 0-тартибли каср-чизиқли функционални умумлашган кўринишини ифодалайди [1]. Белгилар фазосида N ўлчовли a ва $b^{(1)},b^{(2)},...,b^{(r)}$ векторларни киритиб оламиз ва унинг компоненталарини қуйидагича аниқлаймиз:

$$a=\left(a^1,a^2,...,a^N\right);\ b=\left(b^1,b^2,...,b^N\right),$$

$$a_i = r\left(\overline{x_i}, \overline{y_i}\right),\ b_i = \sum_{j=1}^{N} r\left(x_i, x_j\right),\ \ i = \overline{1,N}\ .$$

Олинган натижавий векторларга кўра (1) функционал қуйидаги кўринишга келтириш мумкин:

$$I(\lambda) = \frac{(a,\lambda)^r}{\prod_{t=1}^{r}\left(b^{(t)},\lambda\right)} \qquad (2)$$

бу ерда (*,*) - векторларнинг скаляр кўпайтмаси.

[1, 2]да келтирилган тушунча ва таърифлардан фойдаланиб умумий каср-чизиқли функционал асосида ℓ информатив белгилар фазосини шакллантиришнинг қуйидаги умумий масаласини кўриб чиқайлик:

$$\begin{cases} I(\lambda) = \dfrac{(a,\lambda)^r}{\prod_{j=1}^{r}\left(b^{(j)},\lambda\right)} \to \max \\ \lambda \in \Lambda^l, \lambda_i = \{0,1\},\ i = \overline{1,N} \\ a, b^{(j)} \in R^N,\ a_i \geq 0,\ b_i^{(j)} > 0,\ j = \overline{1,r},\ i = \overline{1,N} \end{cases} \qquad (3)$$

бу ерда $\Lambda^l - l$ ўлчовли информатив белгилар фазоси:

$$\Lambda^l = \left\{ \lambda = \left(\lambda_1, \lambda_2, \ldots\ldots, \lambda_N\right) \middle| \lambda_i = \{0,1\}, i = \overline{1,N}, \sum_{i=1}^{N} \lambda_i = l \right\}$$

Қуйидаги белгилашларни киритайлик:

$$A = \sum_{i=1}^{l} a_i,\ \ B_j = \sum_{i=1}^{l} b_i^j,\ \ j = \overline{1,r}$$

Энди (1) масалани ечиш учун ёрдамчи $C = \dfrac{a}{A} - \sum_{j=1}^{r} \dfrac{b^{(j)}}{B_j}$ градиент векторни киритиб оламиз. Ушбу вектор учун қуйидаги теорема ўринли бўлади.

Теорема 1. $\forall \lambda, \mu \in \Lambda^\ell$ учун $(C,\mu) > 0$ бўлса, $I(\mu) > I(\lambda)$ бўлади.

Исбот.

Теорема шартига кўра $(C,\mu) > 0$, яъни $(C,\mu) = \dfrac{(a,\mu)}{A} - \sum_{j=1}^{k} \dfrac{\left(b^{(j)},\mu\right)}{B_j} > 0$ эканлигидан

$$\frac{(a,\mu)}{A} > \sum_{j=1}^{k} \frac{\left(b^{(j)},\mu\right)}{B_j} \qquad (4)$$

келиб чиқади.

Ҳисоблаш ишларини соддалаштириш мақсадида қуйидаги белгилашларни киритиб оламиз:

$$A^* = (a,\mu),\ \ B_j^* = \left(b^{(j)},\mu\right),\ \ j = \overline{1,r} \qquad (5)$$

(3)ни (2) қўйсак у қуйидаги кўринишга келади.

$$\frac{A^*}{A} > \sum_{j=1}^{r} \frac{B_j^*}{B_j} \qquad (6)$$

Энди (4) тенгсизликни ҳар икки томони мусбат эканлигини инобатга олиб k даражага кўтарамиз ва қуйидагига эга бўламиз.

$$\left(\frac{A^*}{A}\right)^r > \left(\sum_{j=1}^{r} \frac{B_j^*}{B_j}\right)^r \qquad (7)$$

Коши тенгсизлигидан (5) қуйидаги кўринишга келади:

$$\left(\frac{A^*}{A}\right)^r > \left(\sum_{j=1}^{r} \frac{B_j^*}{B_j}\right)^r \geq r\frac{\prod_{j=1}^{r} B_j^*}{\prod_{j=1}^{r} B_j} \qquad (8)$$

$$\left(\frac{A^*}{A}\right)^r > \left(\sum_{j=1}^{r} \frac{B_j^*}{B_j}\right)^r \geq r\frac{\prod_{j=1}^{r} B_j^*}{\prod_{j=1}^{r} B_j} \Rightarrow \frac{\left(A^*\right)^r}{\prod_{j=1}^{r} B_j^*} \geq \frac{A^r}{\prod_{j=1}^{r} B_j}$$

Теорема исботланди.

Юқоридаги 1-теорма алгоритмнинг чеклилигини ва оптимал ечимга эришишни кафолатлайди.

Энди таклиф этилаётган «Градиент» усулини келтирамиз:

Фараз қилайлик, C векторнинг энг катта компонентига мос келувчи номери - j_1, иккинчиси эса - j_2, ва хокоза бўлсин, яъни

$$C_{j_1}(\lambda) \geq C_{j_2}(\lambda) \geq C_{j_3}(\lambda) \geq\ \ldots\ \geq C_{j_N}(\lambda).$$

μ деб шундай $(\mu 1, \mu 2, \mu 3, \ldots, \mu N)$ векторни оламизки, бу ерда

$$\mu_{j_1} = \mu_{j_2} = \mu_{j_3} = \ \ldots = \mu_{j_\ell} = 1$$

$$\mu_{j_{\ell+1}} = \mu_{j_{\ell+2}} = \mu_{j_{\ell+3}} = \ \ldots = \mu_{j_N} = 0\ .$$

Таклиф этилаётган усул алгоритми

1-қадам. $\lambda = \{\underbrace{1,\ 1,\ \ldots\ ,\ 1}_{\ell},\ 0,\ 0,\ \ldots\ 0\}$ деб оламиз.

2-қадам. $\lambda^* = \mu$ ни ҳисоблаймиз.

3-қадам. Агар $I(\lambda) < I(\lambda^*)$ бўлса, у ҳолда $\lambda = \lambda^*$ деб оламиз ва 2 қадамга қайтамиз;

4-қадам. λ - мукаммал ечим.

Хулоса. Мазкур ишда информатив белгиларни ажратиш белгиларнинг ўзаро боғлиқлигини инобатга олган ҳолда амалга оширилган бўлиб, бунда мезон сифатида 0-тартибли бир жинсли каср-чизиқли функционаллар олинган. Таклиф этилган информативлик мезонларидан синфлар сони кўп бўлганда ёки таснифлаш масаласида ташқи омиллар қатнашганда фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади. Таклиф этилган усул ишда исботланган теоремага асосланган бўлиб, у чекли сондаги қадамларда оптимал информатив белгилар мажмуасини аниқлаш имконини беради. Бу мезонлар асосида информатив белгиларни ажратиш усуллари эса ўта тезкор бўлиб, натижалари тўла танлов усули билан устма-уст тушади.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Камилов М.М, Фазылов Ш.Х, Нишанов А.Х Метод выбора признаков с использованием критерия информативности Фишерского типа // Проблемў информатики и энергетики, 1992 № 2 С. 9-12.
2. Нишанов А.Х Разработка и исследования методов определения информативнўх наборов признаков при распознавании одного типа явлений. Автореферат диссертации кандидат технический наук. Т.1990 г.
3. Нишонов А.Х., Маматов Н.С l-информатив белгилар фазосини қуришда Фишер функционалига нисбатан «Тартиблаш» усули//
4. Информатика ва энергетика муаммолари, № 3. 17-21-бетлар.
5. Фазылов Ш.Х., Маматов Н.С. Градиентный метод для формирования пространства информативных признаков на основе однородного критерия с положительной степенью// Проблемы управления и

информатики: Доклады II международной конференции. – Бишкек, -2007.

6. Fazilov Sh.Kh., Mamatov N.S. Formation an informative description of recognizable objects // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1210 (2019) 012043 doi:10.1088/1742-6596/1210/1/012043

Юлдашев Зафар Бахтиярович – Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази таянч докторанти.

Тел.: (+99897) 450-01-19

Факс: (0371) 237 62 48

E-mail: nextmessagee@gmail.com

Z.Yuldashev

Method of forming the space of informative features based on linear fractional functionals

Annotation. This article proposes a gradient method for the formation of the informative features space, where the nonlinear functions are used as criteria for identifying informative symbols. The optimality of the solution is based on the proof of the theorem. Also the algorithm of the proposed method is presented. The proposed method and algorithm allow for optimal solution in a few steps.

Keywords: functional, symbol, informative features, criterion, distance, dependency, class, object, space.