7. Atashrouz S, Amini E, Pazuki G, Ionics 21, 2015, 1595-1609.
8. Sadighi S, Mohaddecy S R, Int. J. Technol. 2, 2013, 1-11.
9. Ivakhnenko A G, Polynomial Theory of Complex Systems, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1971, 364-378.
10. Fujii K, Yamamoto T, Electr. Eng. Jpn. 188, 2014, 31-38.

ӘОЖ 004

БІРТЕКТІ ЕМЕС ЕКІ КОМПОНЕНТТІ ОРТАЛАРДА АКУСТИКАЛЫҚ ЗОНДТАУ ӘДІСТЕРІН ӘЗІРЛЕУ

Сайманова Загира Бекетаевна
zagira_sb@mail.ru
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, «6D070400 -Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз етк» мамандығының докторанты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Жумадиллаева А.К.

Аңдатпа. Бір өлшемді жақындау аясында екі түрлі ортадан тұратын біртекті емес бір өлшемді- мерзімдік құрылымдардың толқынды және резонанстық қасиеттері зерттелді. Тығыздықтың еркін қатынасы үшін есептің негізгі параметрлері есептелген. Дыбыс жылдамдығына байланысты концентрацияны анықтау үшін формула алынды. Өткізу және бекіту жолақтары анықталды. Барлық толқынды тербеліс үшін дисперсиялық арақатынас алынды. Төменгі толқынды жиіліктер мен монодисперсті және полидисперсті орталарға арналған толқынды тербеліс тиісті фазалық жылдамдықтар үшін айқын өрнектер табылды. Өткізу жолағының төмен жиілігіне біртекті емес өлшемдердің полидисперстілігінің әсері зерттелді. Бірінші өткізу жолағының төменгі жиіліктері үшін полидисперстілік толқындық қасиеттерге әсер етпейді. Төмен жиіліктер аймағында өткізу жолағы анықталды. Мерзімді ортадағы және құрылымдардағы резонанстық құбылыстар зерттелді.

Біртекті емес бір өлшемді-мерзімді орталарда толқындардың таралуын зерттеу қолданбалы есептер үшін маңызды болып табылады. Акустикалық толқындар үшін тән мысалдар газ көпіршіктері бар сұйықтықтар, композиттер, компонентті, көбікті, кеуекті және түйіршікті құрылымдар болып табылады. Зерттелетін құрылым (су-кварц) кеуекті мұнай немесе бұралған қабаттың үлгісі болып табылады [1-3]. Мұндай мысалдар электромагниттік толқындар үшін әкелуі мүмкін. Маңызды қолданбалы міндеттер: біртекті емес-кезеңдік құрылымдардың баяулататын қасиеттерін зерттеу, бекіту және өткізу жолақтарын анықтау, тербелістің ықшам және таратылған көздері бар периодтық біртекті емес құрылымдардың резонанстық қасиеттерін зерттеу.

Біртекті емес периодтық құрылымдарда толқындардың таралуын зерттеудің тікелей әдістері біртексіздіктің көптігіне байланысты мүмкін емес. Осыған байланысты біртекті емес бір өлшемді периодты ортада орнықты тербелістерді сипаттайтын есептердің жиілік спектрінің құрылымын зерттеу үлкен маңызға ие.

1-сурет. Құрылым геометриясы және белгілері

Бір өлшемді емес периодты орта екі компоненттен тұрады $M1=\{c_1,\rho_1\}$ және $M2=\{c_2,\rho_2\}$ - дыбыс жылдамдығы және тыныштық тығыздығы, $p^{(1)}$ және $p^{(2)}$ сәйкесінше 1-ші және 2-ші ортадағы акустикалық қысымның өзгеруі.

M_2 көпіршіктерінің тізбегі *M_1* -ге немесе *M_2* тамшыларының тізбегі *M_2* -ге

орналастырылды деп болжауға болады. Тізбектің кеңістіктік периодтығы бар деп болжанады. L - бір өлшемді периодты ортаның ең кіші кеңістіктік кезеңі болсын.

Дөңгелек жиілігі ω тұрақты акустикалық қысымның тербелісі M_1 және M_2 медиаларында теңдеулер көмегімен сипатталған

$$p_{xx}^{(1)} + \lambda^2 p^{(1)} = 0, \qquad p_{xx}^{(2)} + \lambda^2 \kappa^2 p^{(2)} = 0 \tag{6}$$

Ортаның түйіспе шекарасында қысым мен жылдамдық үздіксіздігінің шарттары (динамикалық және кинематикалық жағдайлар) орындалуы тиіс.)

$$p^{(1)} = p^{(2)}, \qquad \tau \cdot \mathrm{p}_{\mathrm{x}}^{(1)} = \mathrm{p}_{\mathrm{x}}^{(2)} \tag{1}$$

(1) - (2) ара қатынасы *T* есебі деп аталады. Бұл есеп акустикалық толқындардың біртекті емес бір өлшемді-мерзімді ортада таралуын толық сипаттайды.

Қарастырылып отырған тізбек кезеңдік болғандықтан, кеңістіктік айнымалы бойынша трансляция тобына қатысты оның инварианттылығын пайдалануға болады [5]. Рұқсат етілген симметрия тобы шешім кеңістігін осы топқа сәйкес инвариантты ішкі кеңістікке бөлуге мүмкіндік береді. Трансляция тобы коммутативті болғандықтан, онда оның кез келген рұқсат етілген шешімдер бейнеленуі кеңістікте унитарлы және бірөлшемді, сондықтан кеңістік шешімдерін бірөлшемді инвариантқа бөлуге болады. Бұл ішкі кеңістік келесі қасиеттерге ие:

1. Көптеген инвариантты ішкі кеңістіктің қуаты-континуум.
2. Егер функция $p^{(1)}, p^{(2)}$ - бір кезеңде (ұяшықта) есепті шешу - осы ішкі кеңістіктердің біріне тиесілі болса, онда олар шартты қанағаттандырады (тербеліс фазасының жылжуы)

$$p^{(1)}(x+1) = p^{(1)}(x)e^{i\xi}, \qquad p^{(2)}(x+1) = p^{(2)}(x)e^{i\xi} \qquad -\pi \le \xi < \pi \tag{3}$$

Екінші сипаттан бір ұяшықта есепті тұжырымдау және шешу жеткілікті, яғни $0<x<1$ кезінде, (3) қосымша шартымен. Барлық тізбектегі шешімді бір ұяшықта шартты (3) қолдану арқылы мәселені шешу жалғасы арқылы алуға болады. (1) - (3) есептерін – *TM* есептері деп белгілейміз.

Біртекті емес монодисперсті тізбектің толқынды қасиеттері. Ортаның бір байланысқан (желілік шоғырлануы) қабатының ұзындығы M_1, k_1 тең, ортаның бір байланысқан қабатының ұзындығы M_2 (желілік шоғырлануы) k_2 тең болсын. $1 = k_1 + k_2$ - болғандықтан, (1-сурет) құрылымның өлшемсіз кеңістіктік кезеңі, $k_2 = 1 - k_1$ және монодисперсті тізбекті толық сипаттау үшін k_1 жеткілікті, ары қарай $k_1 = k$. Негізгі ұяшықтағы тербелістер (1) теңдеулермен, трансмиссия шарттарымен (2) және көршілес фундаменталды ұяшықтардағы тербеліс фазасының жылжу шарттарымен (3) сипатталады [1-4]. Фундаменталды ұяшықтың шекарасындағы шарттар

$$p^{(1)}(-k/2)\exp(i\xi) = p^{(2)}(1-k/2), \tau p_x^{(1)}(-k/2)\exp(i\xi) = p_x^{(2)}(1-k/2) \tag{4}$$

Ары қарай (1), (2) және (3) *TM* есебі деп аталады. *TM* міндеттерінің жиынтығы бір өлшемді-кезеңдік тізбектегі барлық біртекті емес өзара іс-қимылдарды толық ескеретінін атап өту қажет[1-2].

Аймақтардағы Гельмгольц теңдеуі шешімінің жалпы түрі $\{x: -k/2 \le x \le k/2\}$ және $\{x: k/2 \le x \le 1-k/2\}$, M_1 және M_2 ортасында бос емес, мынадай түрге ие

$$p^{(1)} = a_1 \exp(i\lambda x) + b_1 \exp(-i\lambda x), \qquad p^{(2)} = a_2 \exp(i\lambda\kappa x) + b_2 \exp(-i\lambda\kappa x) \tag{5}$$

Сондықтан *TM* есебі $A(\lambda)Y = 0$, айнымалылары белгісіз $(a_1, b_1, a_2, b_2) = Y$ сызықтық жүйелер теңдеуімен эквивалентті. Осы жүйенің $A(\lambda)$ матрицасы мына түрге ие

$$A(\lambda)=\begin{pmatrix} \exp\left(i\dfrac{\lambda k}{2}\right), & \exp\left(-i\dfrac{\lambda k}{2}\right), & -\exp\left(i\dfrac{\lambda k\kappa}{2}\right), & -\exp\left(-i\dfrac{\lambda k\kappa}{2}\right) \\ \tau\exp\left(i\dfrac{\lambda k}{2}\right) & -\tau\exp\left(-i\dfrac{\lambda k}{2}\right) & -\kappa\exp\left(i\dfrac{\lambda k\kappa}{2}\right) & \kappa\exp\left(-i\dfrac{\lambda k\kappa}{2}\right) \\ \exp\left[i\left(-\dfrac{\lambda k}{2}+\xi\right)\right], & \exp\left[i\left(\dfrac{\lambda k}{2}+\xi\right)\right], & -\exp\left[i\lambda\kappa\left(1-\dfrac{k}{2}\right)\right], & -\exp\left[-i\lambda\kappa\left(1-\dfrac{k}{2}\right)\right], \\ \tau\exp\left[i\left(-\dfrac{\lambda k}{2}+\xi\right)\right], & -\tau\exp\left[i\left(\dfrac{\lambda k}{2}+\xi\right)\right], & -\kappa\exp\left[i\lambda\kappa\left(1-\dfrac{k}{2}\right)\right], & \kappa\exp\left[-i\lambda\kappa\left(1-\dfrac{k}{2}\right)\right], \end{pmatrix} \quad 6)$$

TM есебінің прививиалды емес шешімі бар, егер $A(\lambda)$ матрицасының анықтауышы нөлге тең болса. Сондықтан *TM* толқынның мәндері $\det[A(\lambda)]$ аналитикалық функцияның нөлдері болып табылады.

Бұдан шығатыны, *TM* есебінің толқындық мәні $\lambda^*(\tau,\xi)$нақты оське дискретті болып келеді және үнемі $0\le\tau<1$ и от ξ, $|\xi|\le\pi$ жиынында τ тәуелді болады.

Тұрақты $\kappa,\ \tau,\ k$ $\det[A(\lambda)]=0$ теңдеулер үшін ол (ξ,λ) жазықтықтағы *TM* есебінің барлық толқындық мәндерінің $\lambda_n=\lambda_n(\xi)$, $n=1,\ 2,\ \ldots$ жиынтығының құрамдас бөліктері болып табылатын толқындардың барлық режимдері үшін дисперсиялық қатынастарды білдіреді.

TM-есебінің барлық толқындық тербелістері үшін дисперсиялық қатынастар келесі түрде болады:

$$\begin{aligned} &4\tau\kappa[1+\cos(2\xi)]-(\tau+\kappa)^2\{\cos[\lambda(k-\kappa k+\kappa)+\xi]+\cos[\lambda(k-\kappa k+\kappa)-\xi]\}+ \\ &+(\tau-\kappa)^2\{\cos[\lambda(k+\kappa k-\kappa)+\xi]+\cos[\lambda(k+\kappa k-\kappa)-\xi]\}=0 \end{aligned} \quad (7)$$

$$2\kappa\tau\cos\xi-2\kappa\tau\cos(\lambda k)\cos(\lambda k\kappa-\lambda\kappa)-(\tau^2+\kappa^2)\sin(\lambda k)\sin(\lambda k\kappa-\lambda\kappa)=0 \quad (7^*)$$

Әр түрлі қосымшалар үшін ең маңызды болып ұзын (төмен жиілікті) толқындардың біртекті емес бірқалыпты тізбек бойынша таралуын зерттеу болып табылады. Бұл жағдайда толқын ұзындығы құрылым кезеңінен және біртекті емес мөлшерден айтарлықтай асып түседі. *TM* есебінің толқынды мәндері үздіксіз τ және $\lambda=0$ байланысты, $\tau=0$ болғанда (7) шешімі бар. Осыдан шығатыны, ТМ есебі үшін $\lambda_1^*(\tau)$ толқындық мәні $\lim_{\tau\to0}\lambda_1^*(\tau)=0$ болады. Бұл мән көпіршіктердің монодисперсті тізбегінің толқынды тербелісінің төменгі жиілігіне сәйкес келеді. Төменгі толқынды жиілікке сәйкес келетін тербелістер жылжымалы тербелістер деп аталады. Айта кету керек, жылжымалы тербеліс толықындарының ұзындығы гетерогенділік мөлшерінен асады.

Егер (6) матрицасының анықтауышы немесе (7) дисперсия коэффициентін λ Тейлор қатарына $\lambda=0$ жіктеу және $\approx\lambda^3$ қосындыларды елемей, онда төменгі толқынды жиіліктер үшін жақын өрнек алуға болады

$$\lambda_1(\tau,\xi)=\sqrt{2\tau[1-\cos(\xi)]}\Big/\sqrt{(k+\tau-k\tau)(k\tau-k\kappa^2+\kappa^2)} \quad 8)$$

Кіші τ үшін әділ шешім болатын теңдеу $\lambda_1(\tau,\xi)=\sqrt{2\tau[1-\cos(\xi)]}\Big/\sqrt{\kappa^2k(1-k)}$.

Айта кету керек, жылжымалы тербелістің толқындық жиілігі сызықтық концентрацияға k, $k\approx0$ және $k\approx1$ үшін тәуелді, сөйтіп қозғалу режимі үшін өткізу жолағы өздігінен кеңейеді. Әр түрлі қосымшалар үшін, «су-ауа» және $k=0{,}5$ үшін сызықтық концентрацияның функциясы ретінде толқындардың жиіліктің ғаламдық минимумы болуы маңызды. «Су-кварц» жағдайында бұл қасиет сақталмайды, өйткені ортаның тығыздық мәндері жақын.

(7) өрнегі кіші τ үшін әділетті.

Сызықтық концентрацияның k функциясы ретінде жылжымалы тербелістің толқындық жиілігінің ең кіші мәні $k = 1/2$ нүктеге жетеді.

Әр түрлі практикалық қолдану үшін толқын ұзындығы көпіршікті тізбектің кеңістіктік кезеңінен әлдеқайда ұзын болған жағдайда, толқын ұзындығының асимптотикалық сипатын және жылжымалы тербелістің фазалық жылдамдығын қарастырған жөн [1]. Жылжымалы тербелістің L_w толқын ұзындығы, жиілікке сәйкес келетін $\lambda_1(\xi,k,\tau)$, келесі түрге ие $L_w = 2\pi/\xi$. L_w үлкен мәндері үшін жылжымалы тербелістің толқын саны нөлге жақын ($\xi \approx 0$). Кіші ξ үшін (8) мына түрде болады: $\lambda_1(\xi,k,\tau) = \xi\sqrt{\tau}\Big/\sqrt{(k+\tau-k\tau)(k\tau-k\kappa^2+\kappa^2)}$.

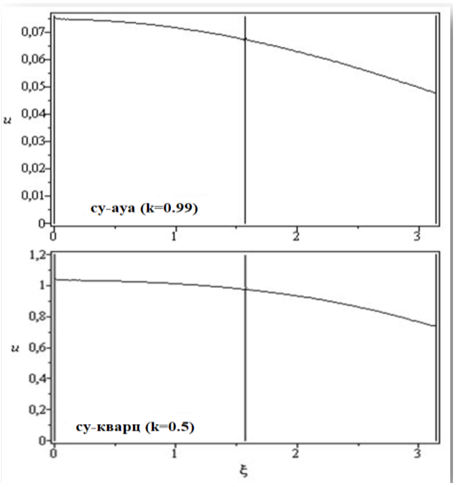
Өлшемсіз фазалық жылдамдығы $C_{ph}^{(1)}(\xi,k,\tau)$ үшін ұзын толқындардың таралу жылжымалы тербелісі анықталды, ол $C_{ph}^{(1)}(\xi,k,\tau) = \lambda_1(\xi,k,\tau)/\xi$ түрінде және келесі түрге ие:

$$C_{ph}^{(1)}(\xi,k,\tau) = \sqrt{\tau}\Big/\sqrt{(k+\tau-k\tau)(k\tau-k\kappa^2+\kappa^2)} = \sqrt{\tau\Big/(k+\tau-k\tau)(k\tau-k\kappa^2+\kappa^2)} \qquad (9)$$

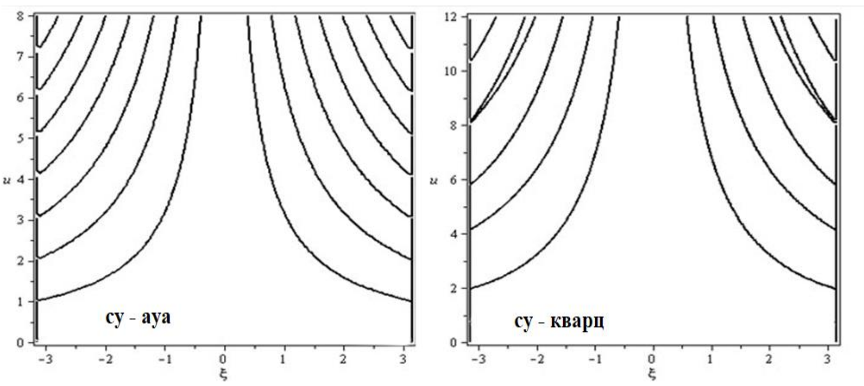
Кіші τ үшін:

$$C_{ph}^{(1)}(\xi,k,\tau) = \sqrt{\tau}\Big/\left[\kappa\sqrt{k(1-k)}\right] = (c_2/c_1)\sqrt{\tau/k(1-k)}$$

Айта кету керек, жылжымалы тербелістің ұзын толқынының фазалық жылдамдығы тек концентрацияға, дыбыс жылдамдығының арақатынасына және тізбекті құрайтын екі медианың тығыздығының арақатынасына байланысты.



2-сурет. Фазалық жылдамдықтың толқын санынан жылжымалы тербеліске дейінгі тәуелділігі



3-сурет.Келесі тербелістер үшін фазалық жылдамдық

(8) -ден жылжымалы тербеліс үшін дыбыс жылдамдығына байланысты концентрацияны есептеу формуласын аламыз:

$$k = \frac{1}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{\tau}{\kappa^2 C^2}}\right) \tag{10}$$

Монодисперс тізбегі үшін дисперсиялық қатынастар (7) және полидисперс тізбегі үшін ұқсас элементтер акустикалық толқындардың бір өлшемді периодты емес біртектес емес тізбегі арқылы өту мәселесінің беріліс және құлыптау жолақтарын анықтауға мүмкіндік береді.

4-сурет. Спектордың жұқа құрылымы

Айта кету керек, өткізу қабілеті мен құлыптау саны шексіз. Біртекті емес біртектес периодты тізбек арқылы акустикалық толқындардың таралуын сипаттайтын есептің жиілік спектрінің ұсақ құрылымы суретте көрсетілген, σ_n тарату жолақтары және s_n, $n = 1,\ 2,\ \ldots$ құ лыптау жолақтары.

Толқындық пакеттердің таралуын және біртекті емес периодты тізбектің резонанстық қасиеттерін зерттеу үшін жылжымалы тербелістің топтық жылдамдығын $C_{гр}^{(n)}(\xi, k, \tau)$ зерттеу керек $\lambda_n = \lambda_n(\xi)$ ($n = 1,\ 2,\ \ldots$). $\xi = m\pi$ ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$) нүктелеріндегі толқын саны ξ қатысты $C_{гр}^{(n)}(0, k, \tau) = 0$ және $C_{гр}^{(n)}(\pm\pi, k, \tau) = 0$ теңсіздіктері әділетті, толқындық мәселелердің симметриясына байланысты және толқындар жиілігінің сәйкес мәндері үшін $\lambda_n(0)$, $\lambda_n(\pm\pi)$ ($n = 1,\ 2,\ \ldots$). Айта кету керек, толқындар жиілігінің мәндері $\lambda_n(0)$ және $\lambda_n(\pm\pi)$ өту және құлыптау жолақтарының шекаралары болып табылады, $\lambda_n(0)$ мәні s_n құлыптау жолағына жатады, ал $\lambda_n(\pm\pi)$ мәні σ_n ($n = 1,\ 2,\ \ldots$) өткізу жолағына жатады.

Негізгі нәтижелер. Жұмыста су-кварц орта үшін электрлік жиіліктер зерттелген. Мәселенің негізгі параметрлері есептеледі және концентрация дыбыс жылдамдығына байланысты анықталады. Алғашқы үш тербеліс үшін толқын режимдерінің нысандары (акустикалық қысым өрістері) алынды. Полидисперсияның табиғи жиіліктерге әсері зерттеледі. «Су-кварц» жақын тығыздықтары бар орта үшін салыстырмалы талдау жүргізілді және бір ортаның тығыздығы басқа «су-ауа» тығыздығынан едәуір асып түседі. Өткізгіш және құлыптау жолақтары табылды. Полидисперстіктің құлыптау жолағына әсері зерттелді. Полидисперстіктің фазалық жылдамдыққа әсері зерттелді.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Сухинин С.В. Толқындардың таралуы және біртекті емес ортадағы резонанстық құбылыстар. // Қолданбалы механика және техникалық физика. Т.42 №3, 32-42 б.
2. Сухинин.С.В. Периодтық тізбектің меншікті толқындары. Тұтас ортаның серпіні: Сб. ғылым. ең./ АН СССР. Сиб. Бөлімшесі, гидродинамика институты, 1992, Вып. 106, .234-243 б.
3. Бриллюэн Л., Пароди М. Периодтық құрылымдарда толқындардың таралуы. М.: Шетел әдебиетін шығару, 1959, 457 б.

4. Сухинин С.В. Гетерогенді ортада сигналдардың таралу ерекшеліктері.// Сб. ғылым. ең. Сем. Гомогенді және гетерогенді сұйықтықтар ағысының тұрақтылығы бойынша. Новосибирск, 1998, 98- 103 б.
5. Сухинин С.В. Кедергілердің периодтық тізбегінің толқынды, аномальды және шепчущая қасиеттері/ Индустриалды математика Сібір журналы, 1998, Т. 1, №2. 175 – 198 б.

ӘОЖ 004.93,004.89

АДАМНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ІС-ӘРЕКЕТІН ЖАДЫЛЫ RECURRENT NEURAL NETWORK АЛГОРИТМІ НЕГІЗІНДЕ ТАНУ

Сансызбай Нұрболат
nurbolatsnk@gmail.com
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, ақпараттық технологиялар факультетінің 2-курс магистранты
Ғылыми жетекшісі – Сатыбалдина Д.Ж.

Кіріспе

Жасанды сана(ЖС) адамның өмірін жеңілдетіп, оның қабілеттерін ұлғайта алады. Өз кезегінде ЖС шешімдер қабылдай алу үшін, алғы шарттарының бірі, шынайы өмірмен әрекеттесу интерфейстері мен құралдарының болуы, үлкен ақпараттар қорынан үлгілерді тани алуы болып табылады. Атап айтқанда, machine learning және deep learning әдістері кеңінен қолданысқа ие. Machine learning әдістері өз кезегінде бағдарламаның, бағдарламашысыз жазылу мүмкіндігін ие болса, Deep Learning әдістері сызықты және сызықты емес ақпараттан үлгілерді тануға мүмкіндік береді.

2020 жылғы жалпы әлемдік пандемия, ақпараттық технологияларда өңдеуші бағдарламаның болуы, онымен күресуге ықпал етуші шарттардың бірі екенің көрсетті. Соның ішінде орнатылған бейнекамераларда, адамның іс-әрекетін анализдеу, мақсатын анықтау маңызды. Мұнымен қоса, іс-әрекетті тану, денсаулықты бақылауда[1,2], ақылды үйлерде[3,4], адам-компьютер арақатынасында кеңінен қолданысқа ене алады.

Бейнелерден үлгілерді тануда, CNN(Convolutional neural network) орны ерекше. ImageNet деректер қорын жинаған Stanford университетінің оқытушысы Fei-Fei Li[5] еңбектерін атап айтуға болады. Алайда, CNN алгоритмі тек статикалық суреттерден керекті кілтті белгілерін шығару фильтрлері арқылы, бір бағытта үлгілерді тани алады. Ал адамның іс-әрекеті динамикалық процесс болғандықтан, әрбір суреттегі адамның қалпы алдыңғы қалпын ескеру арқылы ғана болжам жасауға болады. Сондықтан адамның-іс әрекетін тануға арналған нейрондық желіге қойылатын талаптар келесідей:

1. Адамды бейнеден тану мүмкіндігінің болуы;
2. Танылған адамның орналасу қалпын анықтай алу;
3. Орналасу қалпы анықталған бірнеше суреттер тізбегінен адамның іс-әрекетін тани алуы.

Адамның іс-әрекетін тану мақсатында, осы мақалада OpenPose,Recurrent Neural Network, LSTM алгоритмдерін қарастырамыз.

Алгоритмдер мен әдістерге шолу

Адамның іс-әрекетін тану негізгі екі қадамнан тұрады:

- Бейнеден адамның кілтті белгілерінің позициясын анықтау;
- Позициялар қатарынан іс-қимыл үлгісін тану.