

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XVIII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**PROCEEDINGS
of the XVIII International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**2023
Астана**

УДК 001+37
ББК 72+74
G99

**«GYLYM JÁNE BILIM – 2023» студенттер мен жас ғалымдардың
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XVIII
Международная научная конференция студентов и молодых
ученых «GYLYM JÁNE BILIM – 2023» = The XVIII International
Scientific Conference for students and young scholars «GYLYM JÁNE
BILIM – 2023». – Астана: – 6865 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.**

ISBN 978-601-337-871-8

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001+37
ББК 72+74

ISBN 978-601-337-871-8

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2023**

3. Han, Bing, Lawu Zhou, Fan Yang, and Zeng Xiang, "Individual Pitch Controller Based on Fuzzy Logic Control for Wind Turbine Load Mitigation," IET Renewable Power Generation, vol.10.5, pp.687-693, 2016

4. A.V.A. Macedo, and W.S. Mota, "Wind Turbine Pitch Angle Control Using Fuzzy Logic," IEEE, pp. 1-6, 2012.

УДК: 004.928

СҰЙЫҚТЫҚТАРДЫҢ 3D СИМУЛЯЦИЯСЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІ МЕН ӘДІСТЕРІ

Бауыржанқызы Аружан

bauyrzhanovaaruzhan@gmail.com

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Компьютерлік және программалық инженерия кафедрасының
магистранты, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекші – Т. Мирғалиқызы

Кіріспе. Сұйықтықты модельдеу компьютерлік графикада ұзақ тарихқа ие және соңғы үш онжылдықта жүздеген зерттеушілерді қызықтырды. Сұйықтықтың визуалды модельдері көптеген салаларда әртүрлі қолданыстарға ие, робототехникадан бастап киноиндустрия мен медицина салаларында, компьютерлік ойындар, VR және AR бағдарламалары үшін, виртуалды ота жасайтын симуляторлар, интерактивті программалар, үшөлшемді сурет көрмелерінде пайдаланылып келеді. Сұйықтық симуляциясының шынайы 3D анимациясында рендеринг үшін жоғары деңгейлі егжей-тегжейлі 3D моделі бар. Шынайы кескіннің нәтижесі көрсетілімге кететін уақытқа әсер етеді [1]. Сұйықтықты модельдеуде әртүрлі әдістер мен модельдер бар және оларды компьютерлік графикада қолдануға болады. Бұл мақалада сұйықтықтың үшөлшемді симуляциясын жүзеге асыруға болатын модель мен әдістер негізінде жалпы ғылыми шолу жасалды. Навье-Стокс тендеулеріне негізделетін Эйлер, Лагранж және гибриді әдістердің қазіргі кезде қолданысқа ие және өзекті түрде дамып келе жатқан түрлеріне қатысты библиографиялық шолу жасалды.

Сұйықтықтарды модельдеу. Қазіргі уақытта зерттеушілер шынайы визуалды эффектке қол жеткізу үшін нақты физиканы модельдеу қажет деп тұжырымдайды, сондықтан сұйықтықтарды графикалық визуализациялау саласы есептеу гидродинамикасы (CFD) деп аталатын сұйықтықтарды физикалық шынайы модельдеу аймағымен тығыз байланысты. Компьютерлік графика зерттеушілері компьютерлік графика қосымшалары үшін қолдануға және өзгертуге болатын алгоритмдерді іздеу үшін CFD туралы кең көлемді зерттеулер жүргізілуде. Сұйықтық симуляциясының мінез-құлқының өзгерісіне байланысты есептеу шығындары бар болғандықтан, әдетте сұйықтықты модельдеу автономды режимде жүзеге асырылады [2].

Моделдері мен әдістері.

Навье-Стокс тендеулері. Көп жағдайда CFD есептерін шешу тұтқыр сұйықтық компоненттердің қозғалысын сипаттайтын сығылмайтын Навье-Стокс тендеулеріне негізделеді (1-2), [3, 3 б.]. Бұл тендеулер сұйықтықтағы кернеу диффузиялық тұтқыр мүшенің (жылдамдық градиентіне пропорционалды) және қысым мүшесінің қосындысы ретінде сұйықтықтың қозғалысына Ньютонның екінші заңын қолдану нәтижесінде пайда болады:

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} * \nabla \vec{u} + \frac{1}{\rho} \nabla p = \vec{g} + \nu \nabla^2 \vec{u} \quad (1)$$

$$\nabla * \vec{u} = 0 \quad (2)$$

мұндағы \vec{u} - жылдамдық, ρ – тығыздық және p – сұйықтық қысымы. \vec{g} – ауырлық күші әсерінен еркін түсу үдеуі. Соңғы мүше ν – кинематикалық тұтқырлық. Ол сұйықтықтың тұтқырлығын өлшейді, яғни сұйықтық ағынның деформациясына қаншалықты қарсы тұра алады.

Эйлер әдісі. Эйлер көзқарасы бойынша сұйықтықтың қасиеттері кеңістіктің бекітілген нүктелерінде сақталады және бақыланады. Әрбір нүктеде, сұйықтық бар аймақта жылдамдық, тығыздық немесе қысым сияқты шамалардың өлшемдері сұйықтық өткен сайын уақыт бойынша қалай өзгеретінін бақылауға болады [3, 7-9 б.]. Бұл нүктелердің орны ешқашан өзгермейді. Содан

кейін бұл шамалар Навье-Стокс теңдеулерінің кейбір дискретизациясына сәйкес жаңартылып отырады. Мысалы, суық сұйықтық жылы сұйықтықтың жанынан өткен қозғалыс кезінде, кеңістіктің бекітілген нүктесіндегі температура төмендейді – тіпті сұйықтықтағы әрбір жеке бөлшектің температурасы өзгермесе де.

Зерттеу жұмыстары. Компьютерлік графикада сұйықтықтың әйлерлік симуляциясын алғаш рет Фостер мен Метаксас [4], олар Навье-Стокс теңдеулерін шешу үшін ақырлы-айырымдық әдісті қолдана отырып, торға негізделген алғашқы үш өлшемді судың симуляциясын енгізді. Осы сала бойынша жаңашылдық енгізген ғалымдардың бірі - Стэм [5], ол адвекция үшін жартылай лагранждық әдісті қосып, оны тұрақты етіп жасады, бұл оның бұрынғы әдісіне қарағанда үлкен уақыт аралығын пайдалануға мүмкіндік берді. Әйлер әдісі бөлшектерге негізделген әдіс секілді айқын емес бос бетті анықтамайды [6]. Сұйықтықтың бос бетін бақылау үшін Фостер мен Федкив [7] лагранждық бөлшектерді деңгейлерді жинау әдісімен біріктірді, ал Харлоу мен Уэлч [8] маркер-бөлшектер әдісін енгізді. Сонымен қатар, үлкен көріністермен жұмыс істеу үшін сұйықтықты модельдеуді тездету үшін көптеген әдістер ұсынылды. Мысалы, есептеу күштерін маңызды салаларға шоғырландыру үшін адаптивті торларды қолдану ұсынылды. Осы әдістерге шолу, сондай-ақ қажетті жұмыстардың егжей-тегжейлі шолуын Чентанес пен Мюллердің мақаласынан табуға болады [9].

Сонымен, торға негізделген әдістердің артықшылығы - жоғары сандық дәлдіктің болуы (өйткені құрылымдалмаған бөлшектер бұлтынан айырмашылығы, бекітілген тордағы кеңістіктің туындыларымен жұмыс істеу оңайырақ) [3, б. 7], олар судың тегіс беттерін бақылайды [10] және сығылмайтындыққа да оңай қол жеткізіледі [11]. Алайда, олардың келесі кемшіліктері бар: ұсақ бөлшектерді қамту үшін үлкен тор ажыратымдылығы қажет [12, 2 б.], адвекция қиындықтары бар [11], олар көбінесе бөлшектерге негізделген модельдеуге қарағанда есептеулерді талап етеді [10] және таза Әйлер әдістері жоғары сандық диссипациядан зардап шегеді [3, 36-39 б.], ол физикалық емес тұтқырлық ретінде көрінеді – бұл су мен ауа сияқты тұтқырлығы төмен сұйықтықтарды модельдеуді қиындатады.

Лагранж әдісі. Әйлер әдістерінен айырмашылығы, Лагранж көзқарасында үзіліссіз орта бөлшектер жүйесі ретінде қарастырылады. Оларды сұйықтықтың айналасында қозғалатын бөлшектердің үлкен жиынтығы ретінде елестетуге болады. Сұйықтықтағы немесе қатты денедегі әрбір нүкте масса, позиция, жылдамдық, тығыздық, температура және т.б. сияқты әртүрлі қасиеттері бар жеке бөлшек ретінде белгіленеді. Содан кейін жеке бөлшектер кеңістік пен уақыт бойынша орын ауыстырған кезде байқалады [13, 70-73 б.]. Әрбір бөлшекті сұйықтықтың бір молекуласы ретінде елестетуге болады.

Зерттеу жұмыстары. Лагранждық көзқарасты қолданатын схема, мысалы торсыз құйындар әдісін 1986 жылы Ягер және басқа ғалым-зерттеушілер [14], Гамито және басқалар [15] немесе Ангелидис және басқа зерттеушілер [16], Парк пен Ким [17] сипаттаған. Оларда үлкен уақыт қадамдары қолданылады, ал есептелінетін элементтер тек ағын пайда болған жерде болады – негізінен аэродинамикада есептеулер үшін қолданылады. Тағы бір схема – Десбрун мен Кани енгізген тегістелген бөлшектердің гидродинамикасы (SPH) әдісі [18] 1996 жылы және кейінірек Премозе және басқа ғалымдар бұл әдісті жетілдірген [6], онда бөлшектер гидродинамикалық және гравитациялық күштердің әсерінен қозғалады.

Бөлшектерге негізделген әдістерді интуитивті түсінікті деп санауға болады (сұйықтықтың қозғалысы - бұл бөлшектердің қозғалысы), оларды программалау және түсіну оңайырақ, олар адвекциямен толықтай орындалады [19], сандық диссипациясы төмен [20], бос беттерді айқын емес түрде өңдейді [6], міндетті түрде соңғы тормен шектелмейді (есептеулер тек қажет болған жерде ғана орындайды) және әдетте торға негізделген әдістерге қарағанда жылдамырақ [10], сондықтан нақты уақыттағы қосымшаларда қолдануға ыңғайлы.

Сонымен, Лагранж әдістері құрылымдалмаған бөлшектер жиынтығында кеңістіктің туындыларымен жұмыс істеудегі қиындықтар сияқты маңызды кемшіліктері бар [3, б. 7], бөлшектердің тығыздығы жеткіліксіз болған кезде нашар дәлдіктің болуы (нақты нәтиже алу үшін бөлшектердің көп көлемі қажет) [12], сондай-ақ үлкен уақыт қадамдарын пайдалану кезінде сығылмайтын күйдің тұрақтылығына қатысты мәселелер бар [11]. Тегіс беттерді белгілеу және

бөлшектерге негізделген сұйықтықтарға рендеринг жасау, жоғарыда айтылғандай, мәселе тудыруы мүмкін.

Гибридті әдіс. Эйлер торы мен Лагранж бөлшектерін біріктіретін гибридті әдістер бар. Екі әдістің де артықшылықтарына байланысты, тор қысым мәселесіне байланысты есептерді шешу үшін қолданылады (сығылмайтындығын қамтамасыз етеді), ал бөлшектер адвекция үшін қолданылады (төмен сандық диссипацияны қамтамасыз етеді) [20] және бос бетті айқын емес түрде бақылауға мүмкіндік береді. Дегенмен, бұл әдістер тек Эйлер әдістеріне қарағанда жоғары есептеу өнімділігіне ие, өйткені бөлшектерді де, торды да ұстап тұруға септігін тигізеді.

Зерттеу жұмыстары. Тор мен бөлшектерді бірге қолданатын гибридті алғашқы тәсіл – сығылатын сұйықтықтарды модельдейтін Харлоу [21] ұсынған тордағы бөлшек жүйесі (PIC). Барлық күштер эйлерлік шешуші сияқты торда есептеледі, ал адвекция тордың интерполяцияланған жылдамдығын пайдаланып, тек бөлшектерде ғана орындалады. Содан кейін алынған жылдамдықтар бөлшектерден торға қайта жіберіледі. Осы орташалау мен интерполяцияның арқасында PIC шамадан тыс сандық диссипацияға ұшырайды [4]. Бұл мәселе Брэкбил мен Руппель ұсынған Fluid Implicit Particle (FLIP) әдісімен шешілді [22], онда бөлшектердің жылдамдығы алдыңғы қадамдағы тор жылдамдығының өзгеруімен жаңартылып отырады. Кейінірек PIC және FLIP әдістері сұйықтықтың сығылмайтын ағынына байланысты бейімделді [11]. Қазіргі уақытта гибридті әдістер әлі де зерттелуде, мысалы, Джианг және басқа зерттеушілер ұсынған ұяшықтағы аффиндік бөлшек әдісі (APIC) [23], ол әрбір бөлшекті жергілікті тұрақты жылдамдық сипаттамасымен емес, жергілікті аффиндік сипаттамамен толықтыру арқылы PIC әдістеріндегі тасымалдау дәлдігін жақсартады. Бұл тарихи FLIP әдісі баламасындағы шудан зардап шекпей, түпнұсқа PIC-тің диссипациясын азайтуға мүмкіндік берді. Одан кейінгі жұмыста APIC әдісін жалпылау ұсынылған, ол PolyPIC [24] деп аталады. Бұл әдісте әрбір бөлшек жалпы жергілікті функциямен толықтырылады, бұл бастапқы APIC-пен салыстырғанда энергия мен құйынды сақтауды айтарлықтай жақсартады. Сондай-ақ, бұл жалпылаудың нәтижесінде жергілікті көпмүшелік функциялардың белгілі бір класын пайдалану кезінде APIC-пен салыстырғанда шамалы екендігі көрсетілген және ол APIC және PIC филтрлеу қасиетін сақтайды және осылайша шуға қарсы төзімділікке ие.

Қорытынды. Ұсынылған мақалада сұйықтықтың үшөлшемді симуляциясын жүзеге асыруға болатын модель мен әдістер негізінде жалпы ғылыми шолу мен библиографиялық шолу жасалды.

Қорыта келе, компьютерлік графикада 3D модель мен анимация сапасына қойылатын талаптар үнемі өсіп отырғандықтан компьютерлік ойындар, нақты уақыттағы хирургиялық модельдеу сияқты салаларда және анимацияның нәтижесі туралы көрініс бере алатын интерактивтілік үшін де сұйықтықтың 3D симуляциясы маңызды болып табылады.

Сұйықтықтың анимациясы CFD – ден ерекшеленеді, өйткені сұйықтық анимациясы негізінен визуалды эффекттілер үшін қолданылады: аз фокуспен сұйықтық қозғалысының мінез-құлқында сапалы визуалды эффекттерін эмуляциялау, ал CFD сұйықтықтардың мінез-құлқын ғылыми тұрғыдан зерттеу үшін қолданылады. Дегенмен, сұйықтық симуляциясының анимациясында көбінесе шынайы сұйықтық физикасын басқаратын Навье-Стокс теңдеулерінің шешімдеріне, әдістер мен модельдеріне сүйену қажет. Компьютерлік графикада сұйықтықты модельдеу модельдері мен әдістерін қолдана отырып, шынайы сұйықтықтың физикалық параметрлерін де қолданып, есептеу гидродинамикасының негізгі математикалық теңдеулеріне негізделетін әдістер негізінде сұйықтық симуляциясын шынайы визуалды әсерлері байқалатын, интерактивті түрде өзгеріп отыратын сұйықтық симуляциясының үшөлшемді анимациясын алуға болады.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1. M. J. Harris. Fast Fluid Dynamics Simulations on the GPU. In GPU Gems, Programming Techniques, Tips, and Tricks for Real-Time Graphics, Edited by R. Fernando, Chapter 38. Addison-Wesley, 2004.

2. Heintz Christian, Grunwald Moritz, Edenhofer Sarah, Hahner Jorg, von Mammen Sebastian. The game of flow - cellular automaton-based fluid simulation for realtime interaction, VRST '17: Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, Article No.76, November 2017, pp. 1-2.
3. Bridson Robert. Fluid Simulation for Computer Graphics, 2nd ed. Wellesley, Massachusetts: A K Peters, Ltd., 2015. ISBN 978-1-35196-884-3.
4. Foster Nick, Metaxas Dimitri. Modeling water for computer animation. Communications of the ACM, 2000, vol. 43, no. 7, pp. 60-67.
5. Stam Jos. Stable fluids. In: Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. 1999, pp. 121–128.
6. Premoze Simon, Tasdizen Tolga, Bigler James, Lefohn Aaron, Whitaker Ross T. Particle-Based Simulation of Fluids. Computer Graphics Forum. 2003, vol. 22, no. 3, pp. 401–410. DOI: 10.1111/1467-8659.00687.
7. Foster Nick, Fedkiw Ronald. Practical animation of liquids. In: Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. 2001, pp. 23–30.
8. Harlow Francis H, Welch J Eddie. Numerical calculation of timedependent viscous incompressible flow of fluid with free surface. The physics of fluids. 1965, vol. 8, no. 12, pp. 2182–2189.
9. Chentanez Nuttapon, Muller Matthias. Real-time Eulerian Water Simulation Using a Restricted Tall Cell Grid. ACM Trans. Graph. 2011, vol. 30, no. 4, pp. 82:1–82:10. ISSN 0730-0301. DOI: 10.1145/2010324.1964977.
10. Braley Colin, Sandu Adrian. Fluid simulation for computer graphics: A tutorial in grid based and particle based methods. Virginia Tech, Blacksburg. 2010.
11. Zhu Yongning, Bridson Robert. Animating sand as a fluid. ACM Transactions on Graphics (TOG). 2005, vol. 24, no. 3, pp. 965–972.
12. Engleson Dan, Kilby Joakim, Ek Joel. Fluid Simulation Using Implicit Particles. 2011.
13. Batchelor, George Keith. An introduction to fluid dynamics. Cambridge, UK: Cambridge university press, 1973. ISBN 0-521-66396-2.
14. Yaeger Larry, Upson Craig, Myers Robert. Combining Physical and Visual Simulation—Creation of the Planet Jupiter for the Film “2010”. SIGGRAPH Comput. Graph. 1986, vol. 20, no. 4, pp. 85–93. ISSN 0097-8930. DOI: 10.1145/15886.15895.
15. Gamito Manuel Noronha, Lopes Pedro Faria, Gomes Mario Rui. Two-dimensional simulation of gaseous phenomena using vortex particles. In: Terzopoulos Demetri, Thalmann Daniel (Eds.). “Computer Animation and Simulation ’95”. Vienna: Springer Vienna, 1995, pp. 3–15. ISBN 978-3-7091-9435-5.
16. Angelidis Alexis, Neyret Fabrice. Simulation of smoke based on vortex filament primitives. In: Proceedings of the 2005 ACM SIGGRAPH/Eurographics symposium on Computer animation, 2005, pp. 87–96.
17. Park Sang II, Kim Myoung Jun. Vortex fluid for gaseous phenomena. In: Proceedings of the 2005 ACM SIGGRAPH/Eurographics symposium on Computer animation, 2005, pp. 261–270.
18. Desbrun Mathieu, Cani Marie-Paule. Smoothed particles: A new paradigm for animating highly deformable bodies. In: Computer Animation and Simulation’96. Springer, 1996, pp. 61–76.
19. Kouril Pavel. Underwater Excavation Serious Game. 2017. Master’s thesis. Masarykova univerzita, Fakulta informatiky, Brno. Supervised by Fotios LIAROKAPIS.
20. Dukowicz John K. A particle-fluid numerical model for liquid sprays. Journal of Computational Physics. 1980, vol. 35, no. 2, pp. 229–253. ISSN 0021-9991. DOI: 10.1016/0021-9991(80)90087-X.
21. Harlow Francis H. The particle-in-cell computing method for fluid dynamics. Methods Comput. Phys. 1964, vol. 3, pp. 319–343.
22. Brackbill Ju, Ruppel Hm. FLIP: A method for adaptively zoned, particle-in-cell calculations of fluid flows in two dimensions. Journal of Computational Physics. 1986, vol. 65, no. 2, pp. 314–343.

23. Jiang Chenfanfu, Schroeder Craig, Selle Andrew, Teran Joseph, Stomakhin Alexey. The affine particle-in-cell method. ACM Transactions on Graphics (TOG). 2015, vol. 34, no. 4, pp. 51.
24. Becker Markus, Teschner Matthias. Weakly compressible SPH for free surface flows. In: Proceedings of the 2007 ACM SIGGRAPH/Eurographics symposium on Computer animation. 2007, pp. 209–217.

УДК 004.5

ІОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ЖЫЛЫЖАЙДЫ БАСҚАРУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГЛЕУ ЖҮЙЕСІ

Бектаева Сандугаш Аристанкизи
bektaevasandugash@mail.ru

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті «Есептеу техникасы және бағдарламалық
қамтамасыз ету» БББ студенті, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекші – К.А. Дюсекеев

Аннотация: Автоматтандырылған ақылды жылыжай – бұл қазіргі заман технологиясы шеңберінде жылыжайды көп күшсіз тиімді қашықтықтан басқару, уақытты үнемдеу, көп өнім алу, сонымен қатар, жылыжайды толыққанды бақылау мүмкіндіктерін беретін программалық-аппараттық кешен. Мақалада ақылды көп функционалды ақылды жылыжайдың программалық-аппараттық кешені моделін әзірлеу барысында қолданылатын техникалық, программалық, теориялық және әдістемелік құралдардың сипаттамасы берілген. Сонымен қатар құрылатын жылыжай моделінің басқару жүйесінің жұмыс алгоритмі мен оны Arduino IDE ортасында жүзеге асырылуы қарастырылған.

Кілт сөздер: микроконтроллер, ақылды жылыжай, ардуино, жылу изоляциясы, автоматты суару, автоматты желдету.

Елімізде ауа-райының әр өңірде әртүрлі құбылуы аясында асытық, дәнді-дақыл өнімдері, жеміс-жидектер, сондай-ақ көкөніс өнімдері бір өңірде бар, ал бір өңірде тапшы, әрі бағасы жоғары болып келеді. Сонымен қатар, кейбір біздің климатымызда өспейтін өсімдіктерді сыртқы тасымалмен алғанша, ақылды жылыжай арқылы күнделікті қосымшамен бақылаудың арқасында өсіруге қол жеткіземіз. Еліміздің әр аймағында болатын қажеттіліктеріне (әсіресе жылу мәселесінде) қарай, қазіргі таңда бізге тиімді болатын технологияларды, жылу изоляциясын пайдаланамыз. Сондай-ақ, ақылды жылыжайлар көкөністі өсіру ғана емес, оның тез әрі дәмді, жылдың төрт мезгілінде де өндіру, қол жетімді болуына мүмкіндік береді.

Бүгінгі таңда ауыл шаруашылығы саласына заттардың интернетін енгізуді негізінен ірі кәсіпорындар жүзеге асырады: олар IoT құрылғыларының желісін орналастыруға мүмкіндік алады, соның арқасында олар процесті автоматтандырып, өнімді жақсартып алады. Дегенмен, шағын шаруа қожалықтары да бұл технологияны енгізу үшін қарастыра бастады, оларды жүйелерді орнатудың қарапайымдылығы және пайдаланудың жылдам әсерлері қызықтырады [1].

Құрастырылған жылыжай моделі микроконтроллер құрылғылары арқылы жылыжай температурасы, ылғалдылығы, өрт кезіндегі жағдайлары, автоматты тамшылатып суару, автоматты желдету, жылуды автоматты іске қосу мен жасанды жарықтандыру жүйесін қамтиды. Сондай-ақ, ардуиноның bluetooth құрылғысы арқылы смартфонға қосымшаны жүктеп, бақылау мүмкіндігі қарастырылған.

Өсімдік шаруашылығында, оның ішінде көкөніс өсіру саласында өсімдікті суару, жарық мөлшері, оның өнімділігі, тақы да басқалары бойынша түрлі нормалық көрсеткіштер бар. Ол көрсеткіштер түрлі факторларға байланысты өз-ара ерекшеленеді. Мысал ретінде 1-кестеде құлпынай жидегінің әр түрлі өсіру форматына байланысты өнімділік көрсеткіштері көрсетілген.