

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2023)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год _____

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://10.48081/BNAS6555>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., профессор

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

***Н. А. Алимбекова¹, Б. К. Мусетова², А. К. Жумадиллаева³**

^{1,2,3}Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.

email:nazakhatovna@mail.ru

СҰРЫПТАУ ҮШІН ПЛАСТИКАЛЫҚ КОНТЕЙНЕРЛЕРДІҢ КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛІН ЖАСАУ

Бұл мақалада қазіргі уақыттағы жаһандық экономикалық және экологиялық мәселеге айналған пластикалық контейнерлердің екінші реттік өңдеуге қажет ететін сұрыптау үшін классификациялық модел ұсынылған. Ұсынылған жоба пластикалық қалдықтарды қайта өңдеу өндірісінде, сорттау орындарындағы жұмыс механизмін жеңілдету мақсатындағы пластик бөтелкелердің түстері бойынша автоматты ажырату және жіктеудің мүмкін болатын моделдерін қарастырады. Бұл кеңейіп келе жатқан түстер жиынтығымен жұмыс жасау үшін әртүрлі материалдарда (мөлдір емес, мөлдір немесе жартылай мөлдір) пайда болатын жаңа түстер жиынтығын зерттей алатын және оларды анықтай алатын машиналық көру негізіндегі интеллектуалды жүйені әзірлеу үшін қажет. Пластикалық бөтелкелерді түсі бойынша сұрыптаудың автоматты жүйесі ретінде механикалық бөлігі және машиналық көру жүйесі арқылы бөліп қарастырылды. Бөтелкелерді түс бойынша сұрыптауда CMyCam5, PihuCam көру сенсоры, TCS3200 түс сенсоры, CCD камерасы және де түрлі камералар қолданылатындығы көрсетілді. Камера CCD пикселдерінің негізгі үш түрлі толқын ұзындығына реакциясы болатын сигналдарды шығарады. Пластикалық бөтелкенің түсін анықтаудағы ықтимал қиындықтар мен мәселелері анықталып, мәселені шешу жолдары көрсетілді. Пластикалық бөтелкелерді түсі бойынша сұрыптау классификацияның бір түрі ретінде көрсетілді, ал басқа түрлері автордың одан әрі зерттеулерінде жүргізілген.

Кілтті сөздер: Пластикті қайта өңдеу, Классификация, Цифрлық кескін; Машиналық көру, CCD камера.

Кіріспе

Қазіргі таңда қоғамда экологиялық мәселелерді шешу жұмыстары кеңінен қарастырылуда, осының ішіндегі ең ірі мәселелер қатарынан пластикалық қалдықтарды өңдеу болып табылады. Күн сайын тонна қалдықтар пайда болады, бұл әртүрлі қалалар мен олардың муниципалдық органдары үшін осындай қалдықтарды көмуге арналған полигондардың болмауына байланысты үлкен проблема тудырады. Сонымен қатар, қалдықтар арасындағы улы қауіпті материалдар денсаулыққа зиян келтіреді және қоршаған ортаға зиян келтіреді. Жергілікті аймақтар үшін қалдықтарды қайта өңдеуге көп қаражат жұмсалады. Қоршаған ортаны қорғау және қалдықтарды игеру мәселелері қоғамдық сананың алдыңғы қатарына шықты. Көптеген заманауи қалаларда зерттеулер жүргізілді, материалдарды жасанды интеллектке негізделген қайта өңдеу қондырғылары (фандоматтар, қосымша сұрыптау құрылғылары және т.б.) салынды және қайта өңдеу өнеркәсібінің экономикалық салдары қарастырылды.

Әлемде ПЭТ-бөтелкелер, ПП-бөтелкелер, бөтелке қақпақтары және т.с.с. қалдықтарды сұрыптау туралы жобалар кездеседі. Мысалы, Падилла Маганья Дж., [1] Боливиядағы Ла Салле университеті үшін лимон түсті таңдау жүйесін жасайды, мұнда CMuCam5 PixuCam көру сенсорын қолданады, ол лимон жасыл, сары және ашық жасыл болған жағдайда үш түсті анықтауға мүмкіндік береді.

Аренас Кампроверди Альфредоның жұмысында пластикалық бөтелке қақпақтарын 4 түске бөліп сұрыптайды, [2] ол жұмыста көру сенсоры қолданылды. Чжаокун Ван, Бинбин Пан, Янцзюнь Хуан және Гуанцюн Сун орындауында [3] Нанкин ғылым және технологиялар университетінің машина жасау мектебінен Қытай мен Канададағы Ватерлоо университетінің машина жасау және мехатроника факультеті 2018 жылдың желтоқсанында жасанды көруді қолдана отырып, пластикалық бөтелкелерді қайта өңдеуге арналған 7 түсті сұрыптау технологиясын ұсынды [4]. Индонезиядағы Гунадарма технологиялар университетінің ақпарат факультетінің түлектері Эфраим Грегорио мен Бенни Ахмадтың жұмыстарында TCS3200 түс сенсорын пайдаланады [5], бұл сұрыптау технологиясында белгілі бір объект басқа бір объектпен салыстырылады, яғни алдын ала белгілі бір түс беріледі, кейін басқа объекттердің түстері салыстырылып сұрыпталады.

Үндістандағы Модинагар Газибад университетінің SRM инженерлік факультетінен түлектері Амитеша Сачдева, Махеш Гупта, Маниша Пандей және Прабхам Ханделвалдың жұмысын байқауға болады [6]. Олар нысандарды түс бойынша таңдайтын роботтың қолын жасады, алайда, бұл жүйе тек қана жасыл, көк және қызыл түстермен жұмыс жасайды.

Зерттеу әдістері мен нәтижелері

Пластикалық бөтелкелерді автоматты түрде сұрыптау кезінде түстерді жіктеу қажеттілігі артып келеді, өйткені пластикалық бөтелке өндірушілері түстер спектрін қолдануға тән маркетингтің артықшылықтарын пайдалануға дайындалуда. Сонымен қатар, пластикалық бөтелкелерге жаңа түстер жиынтығын енгізу үрдісі бар [7]. Түстердің кең таңдауы пластикалық бөтелке маркетингтері үшін жақсы болғанымен, ол жаңа қиындықтар туғызады және пластикалық бөтелкелерді қайта өңдеуге кететін шығындарды арттырады. Бұл кеңейіп келе жатқан түстер жиынтығымен жұмыс жасау үшін әртүрлі материалдарда (мөлдір емес, мөлдір немесе жартылай мөлдір) пайда болатын жаңа түстер жиынтығын зерттей алатын және оларды анықтай алатын машиналық көру негізіндегі интеллектуалды жүйені әзірлеу қажет. Бұл тұрғыда түстерді жіктеу жүйесін әзірлеу кезінде жаңа түстерді енгізу маңызды мәселе болып табылады. Шын мәнінде, адамдар түстерді үш негізгі түстер (қызыл, жасыл және көк) арқылы қабылдайды, бірақ бұл қабылдау әр түрлі болуы мүмкін болғандықтан [8], дәстүрлі CCD камералары шығаратын әдеттегі RGB (Қызыл, Жасыл, Көк) сигналдарын HSI (Реңк, Қанықтылық, Қарқындылық) аймағына түрлендіру қажет. Пластикалық бөтелкенің түсін бағаламас бұрын, қарқындылық параметріне тәуелді емес реңк параметрін қолдану керек, өйткені ол жарықтандырудың өзгеруіне, тағы да басқа себептерге тәуелді болады [9].

І қарқындылығы жалпы жарық қарқындылығына жатады және келесі формула арқылы анықталады:

$$I = \frac{R+G+B}{3} \quad (1)$$

Н – негізгі түс мәні, ал S қыркындылығы – жарықтықтың әсерінен өзгермейтін дәреже көсеткіші (ақ түс үшін S нөлге тең).

S мына формуламен берілген:

$$S = 1 - \frac{3\min(R,G,B)}{R+G+B} \quad (2)$$

S белгілі бір түс көрсетпейтінін көруге болады, алайда, ол түс пропорциясын және ақ түстен айырмашылығын көрсетеді.

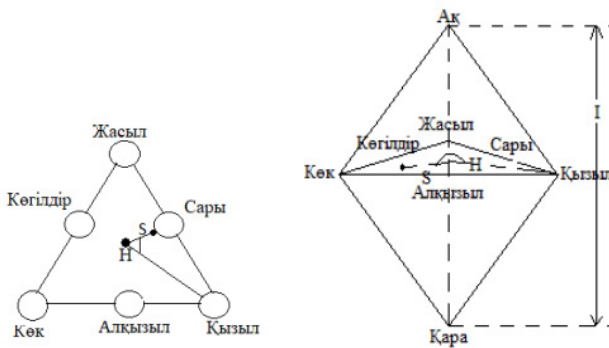
1-суретте көрсетілгендей реңк түс үшбұрышындағы W орталық ақ нүктесінің айналасындағы бұрылу бұрышы ретінде анықталады [10]. Бұл R-W векторымен анықталған таза қызыл бағыт пен C-W векторымен

анықталған C түсінің бағыты арасындағы бұрыш, нәтижесінде H нүктелік көбейтіндіге(C-W) тәуелді $\cos(H)$ -пен сипатталуы мүмкін.(R-W):

$$H = \cos^{-1} \left(\frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{1/2}} \right) \quad (3)$$

Немесе егер $B > G$ болса, осы мәннен 2π азайту керек [10]

Пластикалық бөтелкенің түсін тексеру кезінде реңк түсті өлшеудің ең маңызды параметрі болып табылады. Түстерді реңктердің таралуын құру және оны сәйкес оқу жиынтығының реңктерінің таралуымен салыстыру арқылы мұқият тексеруге болады. Салыстырудың ең оңай жолы-салыстырылатын екі үлестірімнің орташа мәні мен стандартты ауытқуын есептеу және қалыпты үлестіру функцияларын қамтитын дискриминантты талдау.



Сурет 1 – Түрлі түсті үшбұрыш

CCD камера. Зарядталған құрылғылар-металл оксид конденсаторлары (фотогейттер) бар матрицалық детекторлар. Спектрдің фокустық сызығымен жарықтандыру кезінде қақпаның астында жиналатын заряд (электронды тесік буы) пайда болады. Пиксель CCD үшін құрылыс материалы болып табылады, ол бейне кескіні бағытталған тікбұрышты пиксель массиві болып табылады. Матрицадан оқу арнайы синхрондау схемаларына сәйкес қақпа потенциалдарын өзгерту арқылы зарядты беру арқылы жүзеге асырылады. Пиксель зарядтары бір уақытта қозғалу(сдвиг) регистріне(леріне) беріледі, содан кейін заряд пропорционалды кернеуге айналатын Шығыс бөліміне беріледі [11]. Мұны орындайтын түйін алдымен сілтеме деңгейіне (қысқыш деңгейіне), содан кейін сигнал деңгейіне орнатылады. Айырмашылық соңғы

сигнал ретінде қолданылады. Бұл әдіс корреляцияланған кос үлгі (CDS) деп аталады және жүйенің шуын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді.

Әр пиксельден келетін сигнал уақыт бойынша өзгертін бейне сигналы болып табылады. Тік және көлденең позициялар үшін уақыт туралы ақпарат және сенсордың мәні бейне сигналымен біріктіріледі.

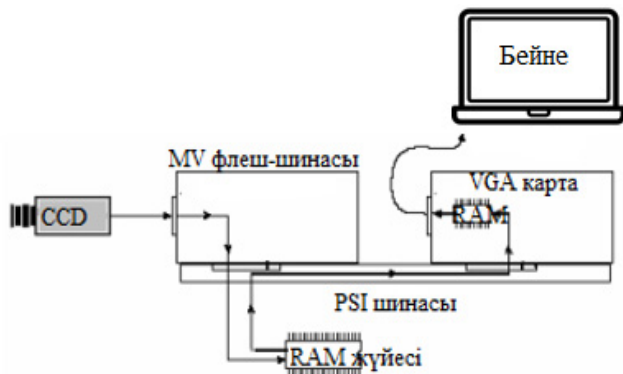
Стандартты аналогтық камералар үшін CCD сызықтары кескінді жаңарту жылдамдығын арттыру үшін кезектесіп отырады. Бұл дегеніміз, алдымен тақ сандары бар жолдар сканерленеді (тақ өріс). Содан кейін жұп сандары бар өрістер сканерленеді (жұп өріс).

Бұл екі өріс бір жақтауды құрайды. Электрондық өнеркәсіп қауымдастығы (EIA) RS-170 NTSC камералары 640×480 жолдық ажыратымдылықпен секундына 30 кадр жылдамдықпен жаңартылады. Аналогтық камералардың бағасы төмен және стандартты аналогтық деректерді жинау құрылғыларымен интерфейсте қарапайым [12].

Жақтауды (раманы) түсіру. Кадрларды түсіру PCI Direct Memory Access (DMA) беру арқылы кескінді жіберуді қамтамасыз ететін бейнені масштабтау процессоры негізінде жасалған. Бұл PCI шинасын басқару құрылғысы кескін деректерін тікелей жүйеге немесе дисплей жадына нақты уақыт режимінде жібере алады, бұл басқа тапсырмаларды орындау үшін орталық процессорды бос қалдырады.

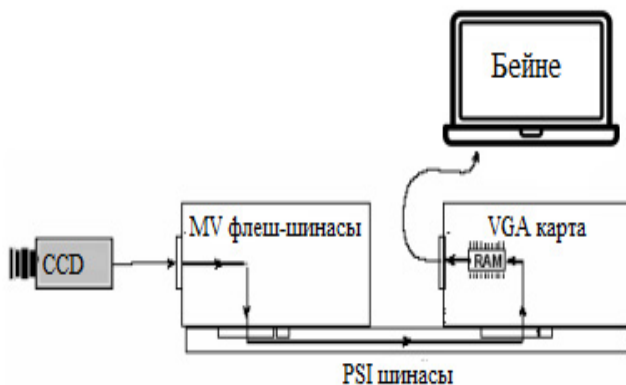
Кадрларды түсіру нақты уақыттағы бейнелерді жүйелік жадқа жіберу үшін PCI шинасын пайдаланады. PCI шинасының теориялық жылдамдығы нақты уақыттағы бейне деректерін беру үшін жеткілікті; дегенмен, нақты өнімділік процессор, жадты кәштеу, карталар арасындағы өзара әрекеттесу, операциялық жүйе, шинаны енгізу, аналық плата микросхемалары жиынтығы және BIOS нұсқасы сияқты факторларға байланысты. Жақтауды түсіруде екі түсіру режимі бар: экраннан тыс және экран режимі.

Экраннан тыс түсіру режимі. Экраннан түсірілген кезде бейне алдымен жүйелік жадқа тасымалданады. Содан кейін ол VGA дисплейінің жадына жіберіледі (2-сурет). Жаңарту жылдамдығы қолданылатын VGA картасына, түсіру терезесінің өлшеміне және таңдалған түс бит өлшеміне байланысты өзгереді. Бейне кадр жиілігі жүйенің конфигурациясына байланысты секундына 5-тен 15 кадрға дейін болуы керек. Бұл режим кез-келген VGA карталарында қолдануға арналған.



Сурет –2 Экраннан тыс түсіру режимі

Экранда түсірілген кезде бейне тікелей дисплей жадына жіберіледі (3-сурет). Толық өткізу қабілеттілігіне қол жеткізу үшін жоғары өнімді дисплей картасын пайдалану қажет. Бұл VGA мониторында бейнені секундына 30 кадрда толық көрсетудің ең жақсы тәсілі.



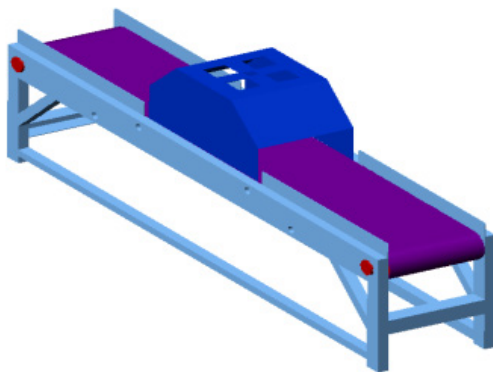
Сурет – 3 Экранда түсіру режимі

Пластиклық бөтелкелерді түсі бойынша сұрыптаудың автоматты жүйесі екі негізгі бөліктен тұрады:

- Механикалық бөлігі;
- Машиналық көру жүйесі.

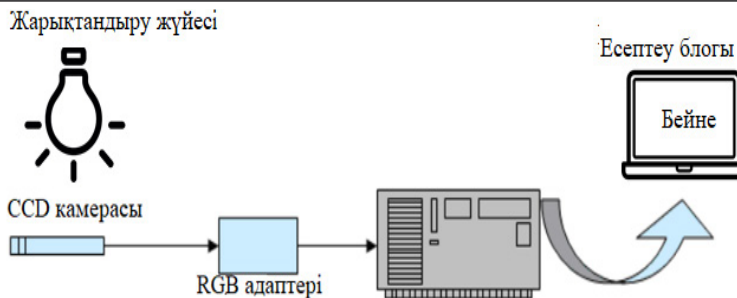
Механикалық бөлігі. Зауыттағы практикалық жағдайда тұрмыстық қалдықтардан жасалған пластикалық бөтелкелер таспалы конвейерлермен тасымалданады және басқару жүйесі қозғалыста ұсталған пластикалық бөтелкелердің суреттерінде жұмыс істейді. Механикалық жүйе конвейерлік жүйемен ұсынылған, ол негізінен беріліс қорабы бар айнымалы ток қозғалтқышымен басқарылатын резеңке жолақ болып табылады. Қозғалтқыштың айналу жиілігі жиілік түрлендіргішімен реттеледі, бұл жүйе тексерілгендерді жібереді. Бөтелке жүйенің ортасына орнатылған басқару камерасы арқылы қорап тексерілетін бөтелкені сыртқы жарықтандырудан оқшаулайтын және қораптың жоғарғы жағына орнатылған шамдармен сынақ аймағын тұрақты жарықтандыруды қамтамасыз ететін етіп жасалған. Шамдар қораптың шатырының ортасына орнатылған CCD камерасын қоршайды.

Жүйенің прототипі тексеру үшін қозғалтқышты тоқтатпай, бөтелкенің түсін жылдам анықтауға арналған. Сондықтан қозғалтқыштың жылдамдығы сызықтық жылдамдық диапазонын қамтамасыз ететіндей етіп анықталды. 4-суретте жүйенің схемалық диаграммасы көрсетілген



Сурет – 4 Механикалық жүйенің схемасы

Көру жүйесі. Көру жүйесінің алдында пластикалық бөтелкелердің суреттерін түсіру, алынған кескіндерді өңдеу, түс белгілерін алу және бөтелкенің түсін жіктеу міндеті тұр. Көру жүйесі RGB адаптері бар CCD камерасынан, кадр түсіру құрылғысынан, артқы жарық блогынан, есептеу блогынан және дисплей блогынан тұрады.



Сурет –5 Машиналық көру жүйесінің негізгі компоненті

CCD камерасы пикселдерінің үш түрлі толқын ұзындығына (қызыл, жасыл және көк) реакциясы болып табылатын аналогтық сигналдарды шығарады. Бұл сигналдарды RGB адаптері қабылдайды және NTSC аналогтық сигналына түрлендіреді. Сигналды сандық түсті кескінді алу үшін кескінің мультиспектральды сигналын іріктеуді, цифрландыруды және кванттауды жүзеге асыратын кадрларды түсіру құрылғысы алады. Кескінді түстерді жіктеу алгоритмдерін орындайтын өңдеу блогы талдайды. 5-суретте машиналық көру жүйесінің негізгі компоненті көрсетілген.

Алдын ала өңдеу операциялары қажетті өлшемдерді орындау және белгілерді алу және оларды классификаторларға беру үшін деректерді талдау арқылы алынған кескінді дайындау үшін қолданылады. Алдын ала өңдеу шуды және артық деректерді азайтуға бағытталған, өйткені жеткіліксіз детекторлар мен жарықтандыру, тегіс емес беттегі жарықтандыру немесе басқа шу көздеріне байланысты оңтайлы сапалы кескін алу кейде мүмкін емес [13].

Пластикалық бөтелкенің түсін анықтаудағы ықтимал қиындықтар мен мәселелер конвейер таспасының кескінінен бөтелке кескінін ажырату және қозғалыстағы пластик бөтелкенің бұлдырлығын жою кіреді. Бөтелкенің түсін бөтелке суретінің ерікті аймағынан анықтау мүмкін емес, өйткені анықтау процесінде сыртқы жапсырма мен қақпақтың түсі кедергі келтіреді. Классификация алгоритмі геометриялық тәуелсіз болуы керек, яғни ол әртүрлі бағытта орналасқан бөтелкелерді анықтау тиіс болады.

Алынған кескінді өңдеудің басында анықталған бөтелке кескінін фондық конвейер таспасынан оқшаулау өте маңызды. Бұл әрекет өңделетін пикселдер деректерінің көлемін азайтады. Бұл операцияның дәлдігі келесі сұрыптау операцияларының нәтижелері үшін өте маңызды.

Қозғалмалы фонда қозғалмайтын объектінің бейнесін алу үшін фондық алу әдісі кеңінен қолданылады. Конвейерге түскен түсті зат кездейсоқ болғандықтан, конвейер уақыт өте келе ластануы сияқты түрлі түсті шулар

пайда болуы мүмкін. Бұл әсерді азайту үшін конвейерде әртүрлі анықтамалық белгілер орналастырылады және фондық кескінді өңдеу арқылы үздіксіз жаңартылып отырады.

Бөтелкенің жапсырмасы мен қақпағы бөтелке түсін көрсетпейді, сондықтан пластикалық бөтелкенің бағытын табу оның түсін анықтаудың маңызды қадамы болып табылады. Бұл жұмыста бөтелке бағытын табу үшін негізгі құрамдас талдау (РСА) қолданылады. РСА өлшемді азайту және деректерді қысу үшін кеңінен қолданылады және деректер жиынтығының негізгі осін анықтау үшін тиімді әдіс болып табылады.

РСА-да екілік кескіндегі ақ пикселдердің (алдыңғы пландағы пикселдердің) XY координаталарымен ұсынылған екі өлшемді кеңістіктегі N нүктеден тұратын S жиыны немесе функция векторлары эквивалентті өлшемді кеңістікке проекциялануы мүмкін, мұнда трансформацияланған векторлардың құрамдас бөліктері корреляциясыз болуға бағытталған (яғни векторлардың шашырау матрицасы диагональ бойынша орналасқан). Осы құрамдастардың біріншісі d құрамдастарынан ең үлкен ауытқуды қамтамасыз етеді. Нәтижесінде негізгі компоненттерді түрлендіруді тасымалдау және таза айналу деп санауға болады. Екі өлшемді кеңістікте X координаттар жүйесіндегі объект нүктелерінің жиынтығы болады.

Қорытынды

Бұл мақала пластикалық бөтелкелерді автоматты сұрыптауға арналған бірнеше деңгейлі классификаторлардың бір түрі: түс бойынша ССD камерасына негізделген машиналық көру арқылы түстерді жіктеу қарастырылды. Әрбір жіктеу кезеңі екі негізгі архитектурадан тұрады: аппараттық және бағдарламалық жасақтама архитектурасы. Пластикалық бөтелкенің түсін тану жапсырмасына қол жеткізу үшін квадраттық дискриминант функциясына негізделген классификатор мен шешім ағашының классификаторы біріктірілді.

Мақала авторлары жақын инфрақызыл спектроскопияның көмегімен бастапқы мәліметтер жинақтап, Машиналық оқытуды қолдану арқылы пластикалық типті жіктеу, яғни пластиктің түрлері бойынша сұрыптау және екінші өңдеуге жатпайтын зиянды қалдықтары бар жіктеулер бойынша да жұмыстар жүргізуде.

Бұл жүйе бір бөтелке классификациясын емес, бірнеше бөтелке классификациясын қолдау үшін кейінірек әзірленуі мүмкін. Пішін классификациясы қатты деформацияланған пластик бөтелкелерді, сондай-ақ бөтелке емес пішінді пластикалық материалдарды бөлу үшін де жүзеге асырылуы мүмкін.

Сұрыптау қадамы қайта өңдеу процесінің ажырамас бөлігі болып табылады, сондықтан автоматтандырылған сұрыптау жүйесіне қажеттілік

жоғары өнімділік пен дәлдікке деген өсу қажеттілігінің табиғи нәтижесі ретінде қарастырылуы мүмкін. Нақты дәлдікке қол жеткізе отырып материалды қолмен сұрыптауға болады, бірақ өнімділік пен өндіріс құнының құны бойынша, әсіресе ауқымды өңдеуге қатысты болғанда тиімсіз болып табылады. Сондай-ақ, әзірленіп жатқан әдістер мен оларды шешудің бағдарламалық-алгоритмдік құралдары басқару теориясының, шешімдер қабылдаудың зияткерлік жүйелерінің ғылыми әдістерін әлемде және Қазақстанда дамытуға мүмкіндік береді. Болашақта күтілетін нәтижелер оңтайлы режимдерді табуға және Қазақстан Республикасының өндірістік кәсіпорындарының күрделі технологиялық объектілері мен процестерін тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Padilla-Magaña, Sánchez-Suárez J. I. and Oseguera-Espinoza P.** «Automatic control of a color sorting machine using the PixyCam CMUCAM5 for quality assurance» // *Technology and Innovation Magazine*. – Vol 3. – No. 8. P 35–44, September 2016, Bolivia.

2 **Arenas, A.** «Design and implementation of a scale prototype of a vision color sorting machine» Catholic University of Santiago de Guayaquil, September 2018, Ecuador.

3 **Zhaokun, W., Binbin, P., Huang, Y. and Sun G.,** «Classification for plastic bottles recycling based on image recognition» // *Waste Management*. – Vol. 88. P 170–181. – April 2019, Elsevier Ltd.

4 DF Robot, «DF Robot: Drive the Future». – 2017 [Electronic resources] [.URL:https://media.digikay.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/SEN0101_Web.pdf](https://media.digikay.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/SEN0101_Web.pdf)

5 **Efrain G. and Benny, A.** «Development of Robotic Arm for Color Based Goods Sorter in Factory Using TCS3200 Sensor with a Web-Based Monitoring System» // 2018 Third International Conference on Informatics and Computing (ICIC). – Agosto 2018. – DOI 10.1109/IAC.2018.8780461. – IEEE, Indonesia.

6 **Sachdeva A., Gupta, M. Pandey, M. and Khandelwal, P.** «Development Of Industrial Automatic Multi Colour Sorting and Counting Machine Using Arduino Nano Microcontroller and TCS3200 Colour Sensor,» // *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*. – Vol. 6. – P. 56–59. 2017. – India

7 **H. A. Rodriguez-Arias and A. Mendoza-González.** «Automatic Classification System by Color of Plastic Bottle Caps (SISAC)» // *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering* 844 012037, 2020.

8 **Child, J.** «Vision-Based Sorting System Helps Recyclers Distinguish a Spectrum of Plastic-Bottle Colors using Custom Image-Processing Software»

Vision System Design, Web Article. 2002. [Electronic resource] – http://vsd.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Archives&Subsection=Display&ARTICLE_ID=133298&KEYWORD=DALSA.

9 **Davies, E. R.** «Machine Vision : Theory, Algorithms, Practicalities». – ISBN 0122060938. – Amsterdam ; Boston : Elsevier., 2005

10 **Gonzalez, R. C. Woods, R. E.** «Digital Image Processing». – ISBN 0-201-18075-8. – Second Edition. Prentice Hal., 2002.

11 JETI Technische Instrumente GmbH «Basics of Spectral Measurement». – 2005, May

12 Image Acquisition Tutorial, Developer Zone, National Instruments. [Electronic resource] – URL: <http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/a49b1d8d7fe14f1a86256b250077210c?OpenDocument>.

13 **Y. Tachwali, Y. Al-Assaf, A.R. Al-Ali,** Automatic multistage classification system for plastic bottles recycling «Resources, Conservation and Recycling 52». P. 266–285–2007.

REFERENCES

1 **Padilla-Magaña, J. Sánchez-Suárez I. and Oseguera-Espinoza P.** «Automatic control of a color sorting machine using the PixyCam CMUCAM5 for quality assurance» // Technology and Innovation Magazine. – Vol 3. – No. 8. – P. 35–44. – September 2016, Bolivia.

2 **Arenas, A.** «Design and implementation of a scale prototype of a vision color sorting machine». Catholic University of Santiago de Guayaquil – September 2018 – Ecuador.

3 **Zhaokun, W., Binbin, P., Huang Y. and Sun G.,** «Classification for plastic bottles recycling based on image recognition» // Waste Management. – Vol 88 – P. 170–181 – April 2019. – Elsevier Ltd.

4 **Robot, DF** «DF Robot: Drive the Future» 2017. [Electronic resource] URL:https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/DFRobot%20PDFs/SEN0101_Web.pdf

5 **Efrain G. and Benny A.,** «Development of Robotic Arm for Color Based Goods Sorter in Factory Using TCS3200 Sensor with a Web-Based Monitoring System» // 2018 Third International Conference on Informatics and Computing (ICIC) – Agosto 2018 – DOI 10.1109/IAC.2018.8780461, IEEE, Indonesia.

6 **Sachdeva, A. Gupta, M. Pandey, M. and Khandelwal P.,** «Development Of Industrial Automatic Multi Colour Sorting and Counting Machine Using Arduino Nano Microcontroller and TCS3200 Colour Sensor» // The International Journal of Engineering and Science (IJES). – Vol. 6 P. 56–59 – 2017. – India

7 **Rodriguez-Arias, H. A. and Mendoza-González A.**, «Automatic Classification System by Color of Plastic Bottle Caps (SISAC)» // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – 844 012037. – 2020.

8 **Child, J.** «Vision-Based Sorting System Helps Recyclers Distinguish a Spectrum of Plastic-Bottle Colors using Custom Image-Processing Software» Vision System Design, Web Article. 2002. [Electronic resource] – http://vsd.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Archives&Subsection=Display&ARTICLE_ID=133298&KEYWORD=DALSA.

9 **Davies, E. R.** «Machine Vision : Theory, Algorithms, Practicalities». – ISBN 0122060938 – Amsterdam ; Boston : Elsevier., 2005.

10 **Gonzalez, R. C. Woods R. E.**, «Digital Image Processing». – ISBN 0-201-18075-8 – Second Edition. Prentice Hal., 2002.

11 JETI Technische Instrumente GmbH «Basics of Spectral Measurement» – 2005, May.

12 Image Acquisition Tutorial, Developer Zone, National Instruments. URL: [Electronic resource] – <http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/a49b1d8d7fe14f1a86256b250077210c?OpenDocument>

13 **Tachwali Y., Al-Assaf Y., Al-Ali A.R.**, Automatic multistage classification system for plastic bottles recycling «Resources, Conservation and Recycling 52» – P. 266–285 – 2007.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

**Н. А. Алимбекова¹, Б. К. Мусетова², А. К. Жумадилаева³*

^{1,2,3} Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,

Республика Казахстан, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КЛАССИФИКАЦИИ ПЛАСТИКОВЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ СОРТИРОВКИ

В данной статье представлена модель классификации сортировки пластиковых контейнерах, нуждающейся во вторичной переработке, которая на сегодняшний день стала глобальной экономической и экологической проблемой. В предлагаемом проекте рассматриваются возможные модели автоматического разделения и классификации пластиковых бутылок по цвету с целью упрощения механизма работы на сортировочных предприятиях при производстве переработки пластиковых отходов. Это необходимо для разработки интеллектуальной системы на основе машинного зрения, способной изучать и идентифицировать новые наборы цветов,

проявляющиеся в различных материалах (непрозрачных, прозрачных или полупрозрачных), для работы с расширяющимся набором цветов. В качестве автоматической системы сортировки пластиковых бутылок по цвету рассматривались механическая часть и система машинного зрения. Показано, что для сортировки бутылок по цвету используются СМуСам5, датчик технического зрения PixyСам, датчик цвета TCS3200, CCD и различные камеры. Камера излучает сигналы, пиксели CCD которых реагируют на три основные длины волн. Сортировка пластиковых бутылок по цвету была показана как один из видов классификации, и в дальнейших исследованиях автора упоминаются и другие этапы.

Ключевые слова: переработка пластика, классификация, цифровое изображение, машинное зрение, CCD камера.

**N. Alimbekova¹, B. Musetova², A. Zhumadillayeva³*

^{1,2,3} L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Republic of Kazakhstan, Astana

Material received on 13.03.23

DEVELOPMENT OF A CLASSIFICATION MODEL FOR PLASTIC CONTAINERS FOR FURTHER SORTING

This article presents a classification model for sorting plastic containers in need of recycling, which has become a global economic and environmental problem today. The proposed project considers possible models for automatic separation and classification of plastic bottles by color in order to simplify the mechanism of work at sorting enterprises in the production of plastic waste processing. This is necessary to develop an intelligent machine vision system capable of learning and identifying new sets of colors appearing in different materials (opaque, transparent or translucent) to work with an expanding set of colors. As an automatic system for sorting plastic bottles by color, the mechanical part and the machine vision system were considered. It is shown that СМуСам5, PixyCam vision sensor, TCS3200 color sensor, CCD and various cameras are used to sort bottles by color. The camera emits signals whose CCD pixels respond to three main wavelengths. The sorting of plastic bottles by color was shown as a type of classification and other stages were referred to.

Keywords: plastic recycling, classification, digital image, machine vision, CCD camera.

Теруге 13.03.2023 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4039

Сдано в набор 13.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4039

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz