ҒТАМР 50.43.15 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.28-1018**

КӨЛІК ҚҰРАЛДАРЫН ОРНАЛАСТЫРУ ҮШІН ЛОГИКАЛЫҚ МАГНИТТІК ДАТЧИКТЕРДІ ПАЙДАЛАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

[1]Б.А. Бельгибаев, [2]Д.С. Жамангарин, [3]Е.Қ. Майлыбаев, [4]А.Д. Тулегулов,

[1]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Казахстан,
[2]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
[3]Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан,
[4]К. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан
Корреспондент-автор: tad62@ya.ru

Ақылды қала тұжырымдамасында қарастырылған бағыттардың бірі - бағдаршамды басқару. Қалалық жерлерде халық санының және автомобильдер санының өсуі, жанармайдан кейін пайда болған газдар шығарындыларын азайту, уақыт қажеттілігі болып отыр, нақтырақ айтқанда, өмір сүру сапасын арттыру үшін жол қозғалысын басқаруды талап етеді. Қала жолдарындағы көліктердің кептелісі көптеген зерттеулерді алаңдатты. Ғалымдар әртүрлі типтегі датчиктер немесе құрылғылар негізінде зерттеулер ұсынды. Бұл мақалада металл көліктермен жердің магнит өрісінің тартылыс күшін өлшеуге негізделген анықтаудың салыстырмалы түрде жаңа әдісін қолдану әрекеті келтірілген. Зерттеудің мақсаты өте төмен қуат тұтынуы және сымсыз радиожиілік байланысы арқылы деректерді беру диапазоны бар магниттік сенсор негізінде көлікті анықтау модулінің прототипін жобалау, өндіру және сынау болды. Мақсатқа жету үшін прототип қуатты өте төмен микроконтроллер негізінде lora және жаңа long range технологиясы негізінде жасалған. Сынақтар көлік құралын анықтаудың ең жақсы дәлдігін және ең аз қуат тұтынуды қамтамасыз ету үшін тиісті алгоритмді табуға бағытталған.

Түйін сөздер: ақпараттық технологиялар, алгоритм, трафикті басқару, блок-схема, Көлік құралдарын анықтау, магниттік сенсор.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

[1]Б.А. Бельгибаев, [2]Д.С. Жамангарин, [3]Е.Қ. Майлыбаев, [4]А.Д. Тулегулов,

[1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
[2]Евразийский национальный университет имени Л. Гумилева, Астана, Казахстан,
[3]Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан,
[4]Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Астана, Казахстан,
e-mai: tad62@ya.ru

Одним из направлений, рассмотренных в концепции умного города, является управление светофорами. Рост населения и количества автомобилей в городских районах, сокращение выбросов газов, образующихся после сжигания топлива, становится необходимостью во времени и, в частности, требует управления дорожным движением для повышения качества жизни. Пробки на дорогах города вызвали беспокойство у многих исследователей. Ученые предложили исследования на основе различных типов датчиков или устройств. В этой статье представлена попытка использовать относительно новый метод определения местонахождения транспортного средства, основанный на измерении силы тяжести магнитного поля Земли с помощью металлических транспортных средств. Целью исследования было проектирование, производство и тестирование прототипа транспортного модуля обнаружения местонахождения транспортного средства на основе магнитного датчика с очень низким энергопотреблением и диапазоном передачи данных через беспроводную радиочастотную связь. Для достижения цели прототип был разработан на основе микроконтроллера с очень низким энергопотреблением lora и новой технологии long range. Тесты направлены на поиск

подходящего алгоритма для обеспечения наилучшей точности обнаружения транспортного средства и минимального энергопотребления.

Ключевые слова: информационные технологии, алгоритм, управление дорожным движением, блок-схема, обнаружение транспортных средств, магнитный датчик.

FEATURES OF USING LOGICAL MAGNETIC SENSORS FOR VEHICLE POSITIONING

[1]B.A. Belgibaev, [2]D.S. Zhamangarin, [3]E.K. Mailybaev, [4]A.D. Tulegulov✉,

[1]al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,
[2]L. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
[3]International Transport and Humanitarian University, Almaty, Kazakhstan,
[4]K.Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,
e-mai: tad62@ya.ru

One of the areas considered in the concept of a smart city is traffic light control. In urban areas, the growth of the population and the number of cars, the reduction of gas emissions generated after fuel, is becoming a necessity of time, specifically, requiring traffic management to improve the quality of life. Traffic jams on city roads have worried many studies. Scientists have proposed studies based on sensors or devices of various types. This article presents an attempt to apply a relatively new method of determination based on measuring the gravitational force of the Earth' s magnetic field with metal vehicles. The purpose of the study was to design, manufacture and test a prototype vehicle detection module based on a magnetic sensor with extremely low power consumption and data transmission range via wireless radio frequency communication.

To achieve the goal, the prototype was built on the basis of a powerful ultra-low microcontroller lora and the new long range technology. The tests are aimed at finding the appropriate algorithm to ensure the best vehicle detection accuracy and minimum power consumption.

Key words: information technology, algorithm, traffic management, flowchart, vehicle detection, magnetic sensor.

Кіріспе. Магниттік датчиктерді қолданатын жол қиылысындағы бағдаршамды бақылау жүйесі - бұл біздің әзірлеген ғылыми жұмыс нәтижесі қолданбалы зерттеу болып табылады. Зерттеу автомобильдерді анықтау жүйелерінің қазіргі уақыт жағдайында талдаудайды [1],[2]. Датчиктердің (ультрадыбыстық, инфрақызыл, пьезоэлектрлік, пассивті акустикалық массив, a.s.o.) немесе құрылғылардың (микротолқынды радар, бейне кескін процессоры, индукциялық цикл) әртүрлі типтері негізінде анықтаудың бірнеше әдістері әзірленді [3]. Ғылыми тұрғыдан қабылданғандай, Жердің магнит өрісі оның ядросының өткізгіш материалындағы электр тогының әсерінен пайда болады; магнит өрісі Жердің ішкі бөлігінен ғарышқа дейін созылады. Оның Жер бетіндегі магнитудасы орналасуына байланысты 20 мкт-тан 80 мкт-қа дейін ауытқиды. Жердің магнит өрісі үш өлшемді вектормен бейнелеуі мүмкін, бірақ жалпы көрініс X (Солтүстік), Y (Шығыс) және Z (Төмен) координаттарында болады. Жердің магнит өрісін сезу және өлшеу магнитометр деп аталатын құралдың көмегімен жүзеге асырылады. Техникалық прогресс интегралды микросхемалар пакетіне орналастыруға болатын миниатюралық магнитометрлерді жасауға мүмкіндік берді. Бағдаршамды бақылау кезінде магнит өрісі датчиктерінің басты артықшылығы олардың қозғалыс кернеуімен уақытылы сигнал беруі болып табылады. Кемшіліктері: интрузивті технология, тоқтап қалған көліктерді анықтай алмауы. Магниттік сенсордан алынған мәліметтер бақылау орталығына шлюзі бар радиобайланыс арқылы жіберіледі.

Басқа датчиктерден артықшылығын анықтау үшін жобалау алдында кейбір аспектілерді ескеру қажет:

- дәлдік: көлік құралдарын анықтау индуктивті сигналға негізделген қолданыстағы шешім-

дермен салыстырғанда өте дәл болуы керек; бұл шешілуі керек мәселелер: жүк көліктері немесе тіркемелер сияқты ұзын көліктерді екі рет анықтау, іргелес жолақтардан көліктерді анықтау;

- сымсыз байланыс: сымды байланыс қымбатқа түседі, ол жолдың астына кабель төсеу қажет етеді және көше жұмыстары кезінде сымның үзілу қаупі бар;

- қуатты аз тұтыну: электрондық модульдің қуат көзі бірнеше уақытқа созылуы керек;

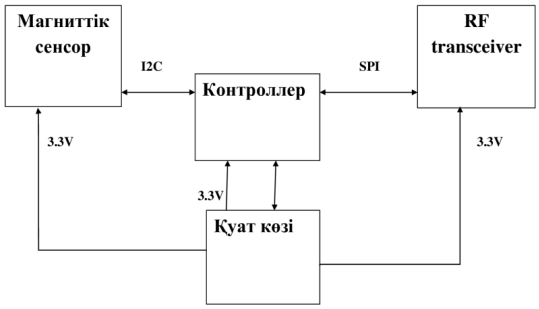
- төзімділік: электрондық модуль жолдың астына көміліп, 10-15 см тереңдікте жұмыс істеуі керек және ауыр жүк көліктерінің өтуіне немесе тіпті орналасуына қолдау көрсете алуы керек;

- жұмыс температурасының кең диапазоны: электронды модуль қатаң ауа райында дұрыс жұмыс істеуі керек; қыста температура -30°C-тан төмен түсуі мүмкін, ал жаз күндері жол бетіндегі температура 70°C-тан асуы мүмкін. Термиялық кернеуге, механикалық кернеуге, ылғалдылыққа, химиялық агенттерге, тұншығуға байланысты жұмыс жағдайлары қатал орта ретінде қарастырылуы мүмкін; асфальт жолда жарықтар судың, мұздың, тұздың және аязға, майға және басқа заттарға қарсы қолданылатын химиялық заттардың сенсор төзімді болу керек;

- экологиялық таза: өнім көшеде, іс жүзінде жерге орнатылғандықтан, ол қоршаған Ортаны қорғауға қатысты Барлық Еуропалық директивалар мен ережелерге сәйкес келуі керек;

- экономикалық тиімділік: қалада көптеген қиылыстар бар, сондықтан сенсорлардың санын барынша азайту керек; электрондық модульдің құны сапа / баға арақатынасы арасындағы байланысты болуы керек, өйткені кеңейтілген температура диапазонында сертификатталған компоненттер өнеркәсіптік, -40°C ...85°C коммерциялық (0°c ...70°C) қарағанда қымбатырақ.

Материалдар мен әдістер. Магниттік сенсорды қолдана отырып, бағдаршамды бақылау жүйесінің негізгі бөлігі - бұл автомобильдерді анықтау сенсоры, байланыс блогы, контроллер және қуат көзі болады.(сур.1)



1 - сурет. Электрондық модульдің блок-схемасы

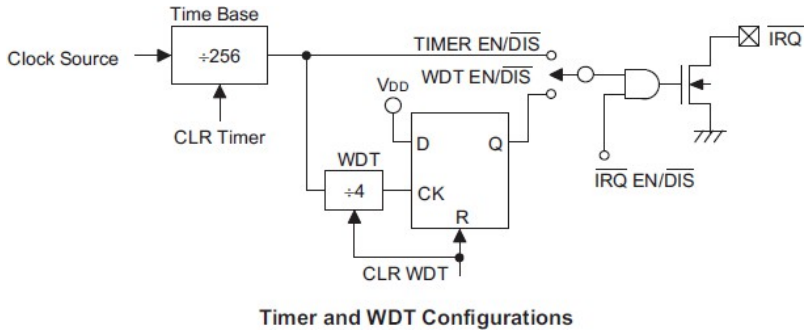
Компоненттерді таңдаудың негізгі критерийі ең аз қуат тұтыну болды.

Осылайша, электронды модульдің прототипі atmel/ Microchip ұсынған ATmega328P микроконтроллерінің айналасында жасалған, AVR архитектурасына негізделген 8 биттік mega AVR құрылғысы болады. Ультра төмен қуат тұтынуды және төмен қуатты ұйқы режимдерін ұсынатын picoPower технологиясы қолданылады[4],[5]. Белсенді режимде, 1 мгц, 1,8 В, 25°C температурада микроконтроллерге 0,2 ма қажет, ал қуатты үнемдеу режимінде ол 0,75 мка пайдаланады, оның ішінде 32 кгц нақты уақыт сағаты (RTC).

Магниттік сенсор - бұл 3 осьті сандық магнитометр, MAG3110 Freescale-ден [6]. Интегралды схема (IC) магнит өрістерін шығыс жылдамдығы (ODR) 80 Гц-ке дейін өлшеуге қабілетті; бұл шығыс жылдамдығы 12 мс-ден бірнеше секундқа дейінгі үлгі аралықтарына сәйкес келеді. Бұл жағдайда белсенді режимдегі максималды қоректендіру тогы 900μа құрайды. Тіз-

бекте өлшеу координаталары жүйесі болғандықтан толық масштаб диапазоны әдетте ±1000 мкт құрайды. Схемада өлшеу координаталары жүйесі болғандықтан IC осьтерінің жол осіне қатысты орындалады. Сондықтан модульдің қаптамасында X оң бағыты жазылады.

Таңдалған байланыс стандарты long range, low power technology (LoRa) болды. Белгілі болғандай, LoRa-бұл машинадан машинаға (M2M) және заттар интернетіне (IoT) арналған сенсорлар мен жетектер арқылы ұзақ қашықтыққа төмен деректер жылдамдығымен байланыс орнатуға мүмкіндік беретін сымсыз технология. Таңдалған схема HOPERF Electronic RFM96W болды, loratm spread spectrum модемі кіреді, ол қолданыстағы жүйелерге қарағанда едәуір ұзақ диапазонға қол жеткізуге қабілетті. Жиілікті ауыстыру пернесі (FSK) немесе Қосу-Өшіру пернесі (O) модуляциясы. Ол радио спектрінің өндірістік, ғылыми және медициналық (ISM) диапазондарынан 433 Мгц жиілік диапазонында жұмыс істейді. Бұл басқа бәсекелестерге қарағанда аз қуат тұтынады және арзанырақ (сур.2).



2 - сурет. HOPERF Electronic RFM96W магнитометрінің өлшеу координаталар жүйесі

1 кесте - Негізгі тізбектердің қуат тұтынуы, ICC [μA]

Тізбек	Жұмыс режимі		
	Белсенді (Rx/Tx режимі)	Қуатты үнемдеу/Күту режимі	Қуатты өшіру
ATmega328P, Atmel	200	0,75	0,1
MSP430F2274, Texas Instruments	270	2	
MAG3110, Freescale	550 (@ODR 40Hz)	2	
HMC5883L, Honeywell	100	2	
RFM96W, Hoperf Electronic	12100	1800	1
RN2483, Microchip Technology	14200/22800	2800	1,8

1-кестеде салыстыру үшін таңдалған тізбектердің және кейбір эквивалентті тізбектердің қуат тұтынуы келтірілген.

Қуат көзі келесі сипаттамалары бар литий тионилхлоридті аккумулятор болып табылады: номиналды кернеу: 3,6 В, номиналды ток: 4ма; номиналды сыйымдылығы: 19Ah, максималды үздіксіз разряд тогы: 340ма, импульстік ток мүмкіндігі: 600ма, температура диапазоны: -55°C ...85°C.

Жақсы механикалық қасиеттерді қамтамасыз ету үшін электронды модуль эпоксидті шайырға батырылды (сур.3).



3 - сурет. Электрондық модуль эпоксидті шайырға батырылған

Оны үлкен батареяны байқауға болады. Герметикалық жабылғанға дейін магниттік сенсор блогына қол жеткізуге болады

Эксперименттің дизайны

Эксперименттердің мақсаттары:

а) MAG3110 сандық магнитометрі негізінде металл бөлшектерін анықтау тұжырымдамасын дәлелдеу;

б) әр түрлі автомобильді қағидаларын анықтау;

в) автомобильді санаудың ең жақсы дәлдігін алудың тиісті алгоритмін табу.

г) қуат тұтынуды азайту үшін тиісті шешім табу.

Сынақтар зертханада эксперименттік үлгіде және ашық ауада индуктивті рычаг орнатылған қиылыста жол астына көмілген құрылғының капсулаланған прототипінде жүргізілді. Уақытша тікелей санауды адам бақылаушысы үшінші тарапқа сілтеме жасау үшін жүргізді. Екі жүйенің деректері бағдаршамды бақылау орталығында (ТМС) жиналды және өңделді.

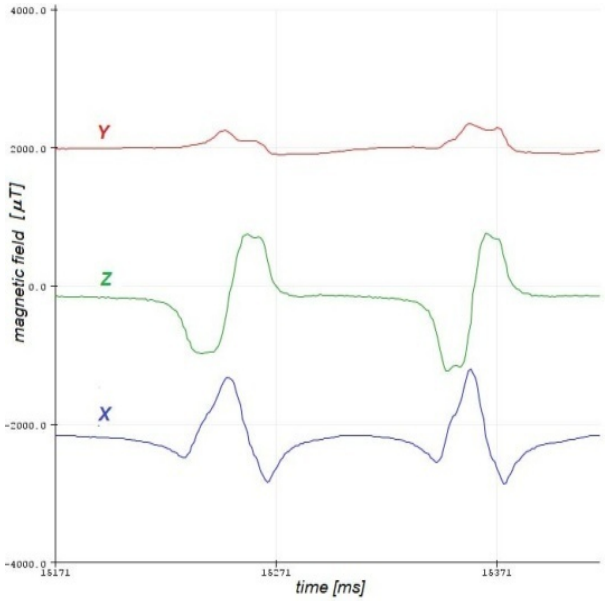
А. *Зертханалық зерттеулер*

Магниттік сенсоры бар электронды модуль үстелге қойылып, FTDI USB интерфейсі арқылы дербес компьютерге (ДК) өзара байланысты болды. Датчиктің үстінен металл зат өткен кезде алынған мәліметтер компьютерде Arduino 1.6.12 сериялық плоттер бағдарламалық жасақтамасының көмегімен салынған. Сенсордың үстінен өту қозғалыс бағытын (X) сақтай отырып, бірнеше рет қайталанды, содан кейін қозғалыс бағытын өзгертетін экспериментті қайталанды. Диаграммалар 4 және 5-суреттерде келтірілген (тек алғашқы екі өту үшін) [7].

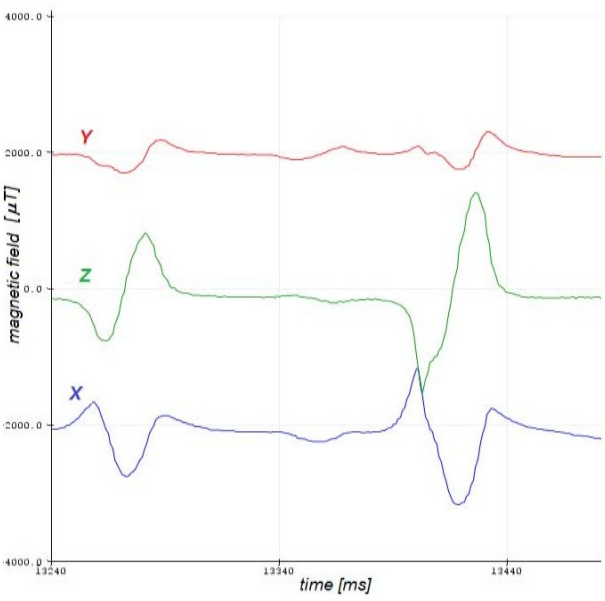
Металл заттың сенсор арқылы қозғалуына байланысты магнит өрісінің бұзылуы екі бағытта айқынырақ көрінеді: тік (Z) және қозғалыс бағыты (X), ал перпендикуляр қозғалыс бағыты

(Y). Әрбір бағыттың бір айнымалыдағы үлесін есепке алу үшін шамасы енгізілген [8]:

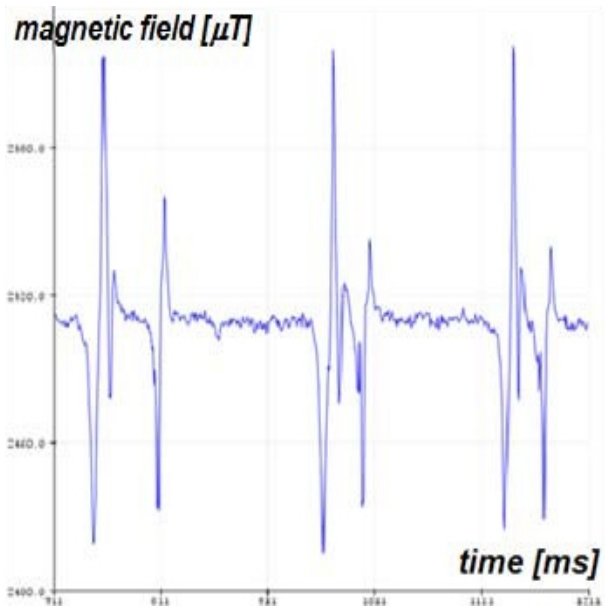
$$M = X^2 + Y^2 + Z^2 \quad (1)$$



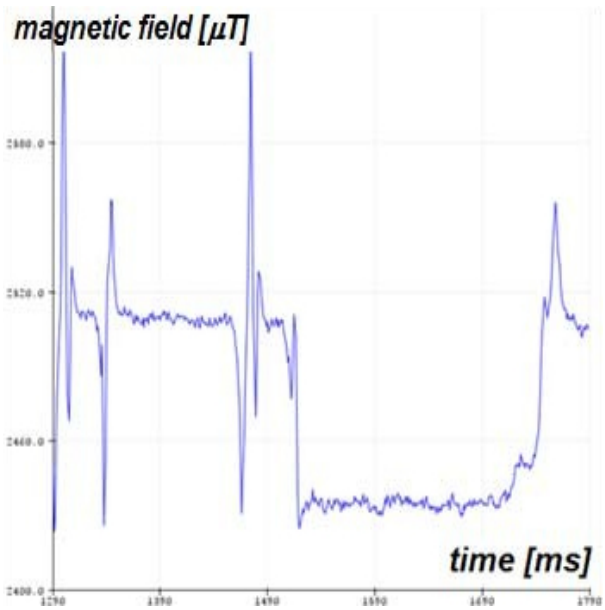
4 - сурет. Алға (X) қозғалыс үшін магнит өрісінің өзгеруі



5 - сурет. Кері қозғалыс үшін магнит өрісінің өзгеруі



6 - сурет. Өтіп бара жатқан үш көліктің үлгісі



7 - сурет. Тоқтаған көліктің үлгісі

Бағыт қабылдау әр өту үшін тексерілді.

В. *Сыртқы сынақтар*

Электронды модуль жерге көміліп, оның үстінен түрлі көліктер өтіп жатыр. М айнымалысының заңдылықтары әр түрлі жағдайлар үшін анықталды.

Екі оське сәйкес келетін әрбір автомобиль үшін екі ауысу байқалды. Бұл тек ауысулар ескерілсе, екі рет анықтауға әкелуі мүмкін.

С. *Нақты бағдаршам сынақтары*

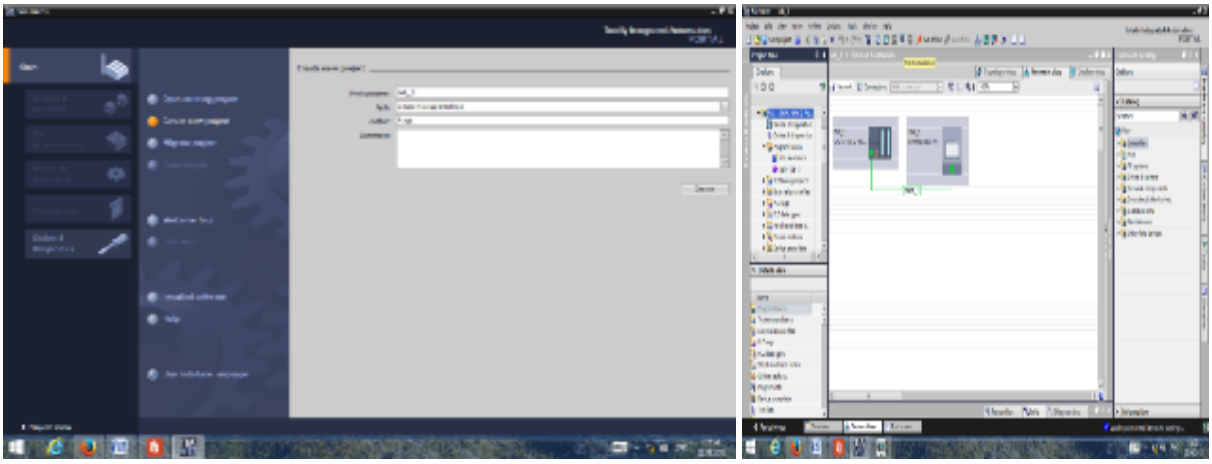
Электрондық модуль жолдың астына толып жатқан қиылыста көмілген (8-сурет), онда ин-

дуктивті цикл орнатылған және ТМС ішінде екі құрылғы үшін де деректерді жинау жүйесі бар. Индуктивті цикл деректерді көлік құралы анықталған бойда жібереді, магниттік сенсоры бар түйін деректерді минутына бір рет жібереді [9].

HMI TOUCH операторының дисплейіне және PLC Simulation бағдарламасына арналған WinCC интерфейстері бар TIA PORTAL дербес компьютерде (ДК) орнатылған. Бұл бағдарламалық жасақтама конфигурациясында микроконтроллердің физикалық болуы талап етілмейді. Цифрлық контроллердің жұмысын модельдеудің бүкіл процесі нақты құрылғылармен пайдалануға дайын жобаның соңғы сақталуымен ДК ішінде жүзеге асырылады [46, б.465]:

1-қадам. Жаңа жобаны іске қосу және құру.8-суретте жаңа жобаны құру кезінде TIA portal негізгі терезесінің күйі, сондай-ақ HMI KTP 900 Basic PN бар PLC S7-314 C2-PN/DP конфигурациясының нәтижесі көрсетілген. Жасыл сызық аппараттық және бағдарламалық жасақтама деңгейінде PLC-дің HMI-мен виртуалды байланысы туралы хабарлайды.

2-қадам. Түймені басу деректерді қалпына келтіру контроллердің компьютерге қосылуына әкеледі 8-суретте көрсетілгендей.



а – бастау терезесі *б – желілік байланыс терезесі*

8 - сурет. TIA portal негізгі терезесі мен желілік байланыс терезесінің көрінісі

Нәтижелер мен талқылау. Қуат тұтынуды барынша азайту қажеттілігіне байланысты микроконтроллердің жұмыс режимі белсенді және қуатты үнемдеу режимдерін ауыстыруы керек. Сондықтан көлік құралдарын санаудың ұсынылған принципі магнит датчигін (Tr) мерзімді оқу және магнитудасын есептеу және оны эталонмен және шекті мәнмен салыстыру үшін орталық блокқа шлюз арқылы мерзімді деректерді беру (tt) болып табылады.. Уақытты таңдау тұтынуды азайту үшін пайдалы ұзақ кезеңдер мен дәл анықтау үшін пайдалы қысқа кезеңдер арасында оңтайландырылуы керек, әсіресе жылдамырақ көліктер өтіп бара жатқанда (сур.9). Екі уақыт кезеңі Tp қарастырылды:

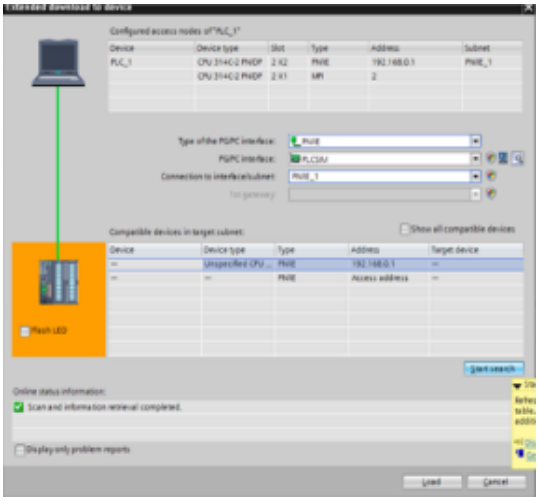
1.120 мс: шаманы (1) пайдаланып есептегенде, шаманың өзгеруі шекті мәнді орнатуды қиындатты. Алгоритм кейбір жағдайларда екі рет анықтауға әкеледі. Бұл у компонентін елемеу арқылы шама формуласының өзгеруіне әкелді:

$$M = X^2 + Z^2 \qquad (2)$$

(2) формуланы пайдалану арқылы іргелес жолақтардағы көлік құралдарының әсері азайды.96 сағат ішінде анықталған көлік құралдарының санын салыстыру индуктивті циклмен салыстырғанда магниттік сенсор анықтаған көлік құралдарының шамамен 30% жоғалуын көрсетті (сур.10)



9 - сурет. Магниттік сенсор қиылыста көмілген



10 - сурет. Компьютердің микроконтроллерге қосылу терезесі

2 кесте - Бақылаушы анықтаған және есептеген көлік құралдарының саны

Сағат	Цикл	Айырмашылық L-O	Магнитті	Айырмашылық M-O	Бақылаушы
10:15	171	-65	291	55	236
10:30	207	-4	219	8	211
10:45	222	-5	231	4	227
11:00	222	-78	300	75	225
11:15	273	-18	315	24	291
11:30	222	-29	303	52	251

2) 60 мс: шамасын есептеу және оқуды калибрлеу үшін жаңа сынақ жүргізілді.2 сағат ішінде трафикті адам бақылаушысы да бақылап отырды. Машиналарды бақылау және адамдарды бақылау нәтижелері 9-суретте келтірілген.

Нәтижелер айтарлықтай жақсарды. Датчик 0,5 м-ден астам қашықтықтағы іргелес жолақтардағы көліктерге әсер етпейді. Магниттік сенсор арқылы анықталған көліктердің саны нақты саннан үш есе көп болды.

Дегенмен, индукциялық циклды санау мен магниттік сенсорды санау арасында айырмашылықтар бар. Себептердің бірі санаудың екі түрі арасында синхрондаудың болмауы мүмкін. Кідіріс 59 секундқа дейін созылуы мүмкін, оның ішінде адамдар көп жиналатын кезеңде 30-дан астам көлік өтуі мүмкін. Сондықтан магниттік сенсор ТМК-ға автомобильдердің санын жіберетін уақыт кезеңі 30 секундқа орнатылды. Осылайша, сенсор жоғары оқу жиілігіне ие және жоғары жылдамдықпен қозғалатын немесе бір-біріне өте жақын қозғалатын көліктер тудыратын күйдің өзгеруін алып келеді. Екі жүйе арасындағы санау айырмашылығы айтарлықтай жақсарып, 9% - ға дейін төмендеді (2 кесте).

Осы жақсартулардан кейін адамның бақылауы арқылы жаңа сынақ жүргізілді. Көріп отырғанымыздай, цикл әрқашан автомобильдерді жоғалтты, ал магниттік сенсор әрқашан автомобильдердің көбірек санын анықтады.

Бұл екі қорытындыға әкеледі:

- магнитті анықтау әдісінің дәлдігін оның кемшіліктері бар басқа әдіспен тексеру дұрыс емес тәсіл болып табылады;

- магниттік сенсордың сезімталдығы тым

жоғары және көрші жолақтардағы көліктер де есептеледі.

Жаз күндерінің ыстық уақытта анықталған көліктер санында үлкен айырмашылықтар бар екені байқалды. MAG3110 сандық магнитометрін өндіруші магнит өрісін өлшеуге температураның қандай да бір әсерін көрсетпейді. Екі сенсордың мерзімді есептері арасындағы шамалы айырмашылықтарға қарамастан, олардың арасындағы айырмашылық 0,298% құрады.

Батареяның қызмет ету мерзімін бағалау белсенді және ұйқы/қуатты өшіру режимдеріндегі құрылғыларының қуат тұтынуын, сондай-ақ осы режимдерге қатысты уақыт кезеңдерін сыналады:

- магниттік датчиктің оқылу кезеңі, Тр (60 мс);

- магниттік сенсордың кіші бағдарламасын оқу ұзақтығы (6 мс);

- шлюзге деректерді беру кезеңі, Тт (30с);

- тарату ішкі бағдарламасының ұзақтығы (100 мс).

Магниттік сенсор әрқашан белсенді, себебі ояту процедурасы уақытты қажет етеді және көлік құралын анықтауды жоғалтуы мүмкін. Демек, әрбір тізбек үшін сағатына ояту уақытын (tph) және сағатына ұйқы уақытын (stph) есептеуге болады.

Белгілі есептеу формуласынан бастап [10] жылдармен көрсетілген батареяның қызмет ету мерзімін келесідей алуға болады:

$$Y = 0.85 \cdot C \cdot \frac{msph}{24 \cdot 365} \cdot \left[\sum_i (Icc_{\text{w}} \cdot wtph + Icc_{\text{s}} \cdot stph) \right] \quad (3)$$

мұндағы:

Y = батареяның қызмет ету мерзімі,

C = батарея сыйымдылығының рейтингі [мач];

msph = 3 600 000 мс (бір сағатта), Icc_w = ояу кездегі құрылғылардың тогы [ма], Icc_s = ұйқы кезіндегі құрылғылардың тогы/қуаты төмен [ма], i = қосынды модульдің әрбір іс үшін орындалатынын білдіреді.

1, 2 Кестелердегі, деректер парағындағы және формуладағы (3) ақпаратты пайдалана отырып, батареяның есептелген қызмет ету мерзімі 2,9 жылды құрайды [11].

Сенсорды жолдың астына көму үшін қолданылатын материалдың сапасы магниттік сенсордың сезімталдығына әсер ететіні байқалды. Ең жойқын материал кварц құмының бір түрі болды, ол есептелген көлемнің жартысына дейін төмендеді.

Қорытынды.Тәжірибелер магниттік сенсордың үстінен өтіп бара жатқан көлікті тек екі осьті, тік осьті және жолақ бағытына параллель осьті пайдаланып анықтау мүмкіндігін дәлелдеді. Іргелес жолақты көлікті анықтау 0,5 м-ге дейін қысқарды, бірақ оны толығымен алып тастау мүмкін болмады.

Әдісті тексеру үшін сілтеме ретінде индуктивті цикл таңдалды. Магниттік сенсордың көрсеткіші 60 мс және деректерді беру кезеңі 30 секунд ішінде жақсы нәтижелерге қол жеткізілді. Индуктивті цикл мен магниттік сенсорды санау арасындағы айырмашылық 9% құрады. Тәжірибелер температураның өзгеруін ескере отырып калибрлеу жүргізілсе, айтарлықтай жақсарғанын көрсетті. Индуктивті цикл мен магниттік сенсорды санау арасындағы айырмашылық 0,298% - ға дейін төмендеді.

Алайда, санау дәлдігі басқа әдіспен салыстырылды, ол өзі дәл емес. Сондықтан әдісті жоғары сенімділікпен растау үшін тікелей санауды жүргізу керек.

Жалпы қуат тұтынуды азайту үшін магниттік сенсордың артық іріктеу коэффициенті (OSR) өңделетін және процессорға жіберілетін үлгілердің аз санын оқу үшін таңдалуы мүмкін. Төмен OSR тұтынуды азайтуды білдіреді, себебі мәнді жіберу үшін сенсор азырақ көрсеткіштер-

ді орындауы керек. Бұл шудың жоғарылауына, бірақ қуат тұтынудың төмендеуіне әкеледі.

Таңдалған байланыс стандарты, LoRa, жер асты эмитентінен сигналдарды қабылдай алатындығы дәлелденді.

Әдебиеттер

1. Atmel, «ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P», Atmel-8271J-AVR - ATmega- Data Table, 11/2015. URL: https://ww1.microchip.com. - Қаралған күні: 05.05.2025.

2. Freescale Semiconductor, «MAG3110. Three-axis, digital magnetometer»// Technical data. - 2022. URL: https://www.nxp.com. - Қаралған күні: 05.05.2025.

3. Microchip Technology, «PIC16F631/677/685/687/689/690» // Datasheet. -DS40001262F. -2015. URL: https://forum.microchip.com. - Қаралған күні: 05.05.2025.

4. Battery Life Calculator/ Oregon Embedded. URL: http://oregonembedded.com. - Қаралған күні: 05.05.2025.5. Микроэлектроника, «RFM95/96/97/98 (W) - маломощный модуль приемника дальнего действия, V1.0»// Таблица Данных. – 2023. URL: www.hoperf.com. - Қаралған күні: 05.05.2025.6. Bugdol M., Krechichvost M., Kasperek P. Vehicle detection system using magnetic sensors// Transport problems. - 2014. - Vol.9 (1). P. 49-90.

7. Anthony S., Lucas D., Theodore T. Fuzzy modeling approach for combined forecasting of urban traffic flow // Computer. - 2008. - Vol. 23 (7). - P.521–535. DOI 10.1111/j.1467-8667.2008.00558.x.

8. Chen H., Grant-Muller S.. Using sequential learning for short-term traffic flow forecasting //Transfer. Summary. Part C: Emerg. Technol. -2001. -Vol.9 (5). - P.319– 336. DOI 10.1016/S0968-090X(00)00039-5.

9. Lin W., Zhang J.1999. Experimental study of real-time bus arrival time prediction with GPS data // Engineering, Computer Science, Geography, Environmental Science. - 1999.-Vol.1666(1) - P.101-109. DOI 10.3141/1666-12.

10. Xie Y., Zhang Y. A wave network model for predicting short-term traffic volumes // Journal of Intelligent Transportation Systems Technology Planning and Operations. - 2006. - Vol.10 (3). -P.141-150. DOI 10.1080/15472450600798551.

11. Zhang Y., Zhirui E. Short-term prediction of traffic flow using fuzzy logic system methods // J. Huajong University. Scientific. Technology.- 2008. -Vol.12 (3). - P.102–112. DOI 10.1080/15472450802262281.

References

1. Atmel, «ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P», Atmel-8271J-AVR - ATmega- Data Table, 11/2015. URL: https://ww1.microchip.com. - Date of address: 05.05.2025.2. Freescale Semiconductor, «MAG3110. Three-axis, digital magnetometer»// Technical data. - 2022. URL: https://www.nxp.com. - Date of address: 05.05.2025.

3. Microchip Technology, «PIC16F631/677/685/687/689/690» // Datasheet. -DS40001262F. - 2015. URL:https://forum.microchip.com/s/search?searchTerm=DS40001262F&page=1&offset=0&selectedTab=comments. - Date of address: 05.05.2025.

4. Battery Life Calculator/ Oregon Embedded. URL: http://oregonembedded.com. - Date of address: 05.05.2025.5. Mikrojelektronika, «RFM95/96/97/98 (W) - malomoshhnyj modul’ priemnika dal’ nego dejstvija, V1.0»// Tablica Dannyh. – 2023. URL: www.hoperf.com. - Қаралған күні: 05.05.2025. [in Russian]

6. Bugdol M., Krechichvost M., Kasperek P. Vehicle detection system using magnetic sensors// Transport problems. - 2014. - Vol.9 (1). P. 49-90.

7. Anthony S., Lucas D., Theodore T. Fuzzy modeling approach for combined forecasting of urban traffic flow // Computer. - 2008. - Vol. 23 (7). - P.521–535. DOI 10.1111/j.1467-8667.2008.00558.x.

8. Chen H., Grant-Muller S.. Using sequential learning for short-term traffic flow forecasting //Transfer. Summary. Part C: Emerg. Technol. -2001. -Vol.9 (5). - P.319– 336. DOI 10.1016/S0968-090X(00)00039-5.

9. Lin W., Zhang J.1999. Experimental study of real-time bus arrival time prediction with GPS data // Engineering, Computer Science, Geography, Environmental Science. - 1999.-Vol.1666(1) - P.101-109. DOI 10.3141/1666-12.

10. Xie Y., Zhang Y. A wave network model for predicting short-term traffic volumes // Journal of Intelligent Transportation Systems Technology Planning and Operations. - 2006. - Vol.10 (3). -P.141-150. DOI 10.1080/15472450600798551.

11. Zhang Y., Zhirui E. Short-term prediction of traffic flow using fuzzy logic system methods // J. Huajong University. Scientific. Technology.- 2008. -Vol.12 (3). - P.102–112. DOI 10.1080/15472450802262281.

Авторлар туралы мәлімет

Бельгибаев Б. А. - техника ғылымдарының докторы, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: bbelgibaev@list.ru;

Жамангарин Д.С. - Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, PhD доктор, қауымдастырылған профессор, Астана, Қазақстан, e-mail: Dus_man89@mail.ru;

Майлыбаев Е.Қ. - PhD доктор, Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: ersind@mail.ru;

Тулегулов А.Д.-физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ. Құлажанов атындағы ҚазТБУ, Астана. Қазақстан, e-mail: tad62@ya.ru;

Information about the authors

Belgibaev B.A. -Doctor of Technical Sciences, Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Kazakhstan, e-mail: bbelgibaev@list.ru;

Zhamangarin D.S. - L. N. Gumilyov Eurasian National University, PhD, Associate Professor, Astana, Kazakhstan, e-mail: Dus_man89@mail.ru;

Mailybaev Ye.K.- PhD, International Transport and Humanitarian University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: ersind@mail.ru;

Tulegulov A.D. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, K.Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: tad62@ya.ru;