

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

№ 4 (2022)

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://doi.org/10.48081/UJEG4973>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алкасы – 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*
Новожилов Т. А., *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

***А. А. Ахмадия¹, А. Б. Мирманов¹, Н. К. Набиев¹,
Т. Г. Сериков¹, Г. Ж. Асаинов¹**

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.

ТАБЫНДЫҚ ЖЫЛҚЫ ШАРУАШЫЛЫҒЫНА АРНАЛҒАН ЗАМАНАУИ GPS–ТРЕКЕРЛЕРДІҢ ДЕРБЕСТІЛІГІ МЕН ДӘЛДІГІН БАҒАЛАУ

Табыншылардың жұмысын заманауи GPS трекерлерін қолдану арқылы жеңілдетуге болады. Нарық жасануларды бақылайтын GPS трекерлерінің алуан түрін ұсынады, трекерлер жетілдірілуде, ұялы телефоннан спутниктік байланысқа дейінгі GPS деректерін жіберу арналары көбейіп келеді. GPS координаттарын бағалаудың дербестігі мен дәлдігі, трекерлерге қызмет көрсету және пайдалану ыңғайлылығы табыншылар мен шаруа қожалықтарының иелері үшін өте маңызды болып табылады. Қазіргі уақытта жылқыларды бақылау үшін GPS трекерлерінде өте аз зерттеулер ұсынылған, өндірушілердің тікелей табыншылардың талаптарына жеткілікті көңіл бөлінбейді. Бұл мақалада Қазақстан Республикасының жылқы шаруашылықтарында заманауи GPS–трекерлерді салыстырмалы бағалау жүргізілді, сондай-ақ GPS координаттары мен дербестігін өлшеу қателігі сияқты негізгі сипаттамалар есептелді. Алғаш рет GPS деректерін арналар арқылы берудің әртүрлі принципі бойынша жұмыс істейтін трекерлер бағаланды: GSM, LoRa, VHF, спутниктік байланыс. Зерттеу кезінде қуат пен автономияны есептеу үшін тоқты өлшеу құралдары қолданылды. GPS координаттарының дәлдігін бағалау барлық 5 түрлі трекер орнатылған бақылау координаттарымен анықталды. Зерттеу нәтижелері GPS өлшеудің есептелген мәндерінің 98 % ықтималдықпен дәлдігін және дербестігін көрсетті. Трекерлер нағыз жылқы фермаларында далада сынақтан өтті.

Кілтті сөздер: трекерлер, GPS, дербестілік, дәлдік, табындық жылқы шаруашылығы.

Кіріспе

Жыл бойы немесе маусымдық жайылымда ұсталатын табын жылқы шаруашылығы Қазақстан Республикасында жайылымның негізгі нысаны болып табылады. 2021 жылға арналған ресми статистикаға сәйкес жылқылардың саны 3 миллион 180 мыңнан асты, бұл жылқы ұрлығынан болған шығынды есептемегенде. Жылқыларды немесе тұтас табындарды ұрлау нәтижесінде, егер кенеттен шығындар табынның 10 % – дан аспайтын болса, онда бұл кейбір ірі және орта шаруа қожалықтары (ШҚ) үшін норма және қолайлы шығын болып саналады. Мұндай мәселе көп жағдайда қарапайым дәстүрлі әдіспен, ауыстырылатын табыншылар санының артуымен және бақылаудың жоғары жиілігімен шешіледі. Негізінде табынның қызметі тек қорғалумен шектеледі мал, жайылымжәне дақылдарды мордантқа жол бермеу. Мұндай бақылаудағы адам факторы маңызды рөл атқарады, өйткені ұзақ жайылым және ұзақ қашықтықты өту табындардың шамадан тыс шаршауына әкеледі. Табыншылардың жұмысын заманауи GPS трекерлерін қолдану арқылы жеңілдетуге болады. Нарық жануарларды бақылайтын GPS трекерлерінің алуан түрін ұсынады, трекерлер жетілдірілуде, ұялы телефоннан спутниктік байланысқа дейінгі GPS деректерін жіберу арналары көбейіп келеді. GPS координаттарын бағалаудың дербестігі мен дәлдігі, трекерлерге қызмет көрсету және пайдалану ыңғайлылығы табыншылар мен шаруа қожалықтарының иелері үшін өте маңызды болып табылады. Қазіргі уақытта жылқыларды бақылау үшін GPS трекерлерінде өте аз зерттеулер ұсынылған, өндірушілердің тікелей табыншылардың талаптарына жеткілікті көңіл бөлінбейді. Бұл мақалада Қазақстан Республикасының жылқы шаруашылықтарындағы заманауи GPS–трекерлерге салыстырмалы бағалау жүргізілді, табыншыларға сауалнама жүргізілді және талаптар нақтыланды.

Материалдар мен әдістер

GPS–трекерлерді сынау Қазақстан Республикасының бес облысында: Солтүстік Қазақстан, Ақмола, Шығыс Қазақстан, Павлодар және Жамбыл облыстарында жүргізілді. Осы экспериментке жеті ШҚ жұмылдырылды, географиялық жағынан олар ҚР–ның Солтүстік, Орта, Шығыс және оңтүстік бөліктерінде орналасқан, әртүрлі климаттық ерекшеліктері мен жер бедерінің ландшафты бар (сурет 1). Әр ШҚ 500 гектардан 40000 гектарға дейін жайылымға ие. Әр ШҚ–да жылқылардың саны 120–дан 2000–ға дейін.



Сурет 1 – ШҚ географиясы: СК СХОС, Агрофирма Акжар Ондирис, Саумал, Науан, Агросерпін, Ертай және Бектөбе

Қазақстанның солтүстік бөлігіндегі температура 2021–2022 жылдары $-27 - 36^{\circ}\text{C}$, оңтүстік бөлігінде $-1 - 37^{\circ}\text{C}$ құрады. Климаттық деректерге сүйене отырып, $-40 - 60^{\circ}\text{C}$ температура аралығында жұмыс істейтін GPS трекерлерінің бес моделі таңдалды:

- 1 Globalstar Smartone C спутниктік трекері, 17 дана (сурет 2а);
- 2 SPOT Trace спутниктік GPS трекері, 17 дана (сурет 2б);
- 3 Neomatica ADM50 GPS трекері, 15 дана (сурет 2с);
- 4 Lora GPS трекері, 20 дана (сурет 4);
- 5 TT15 және T5 mini Garmin Alpha 100 VHF GPS трекері, 17 дана (сурет 5).



Сурет 2 – Спутниктік және GSM GPS трекерлері:
а) Globalstar SmartOne C; б) SPOT Trace; с) Neomatica ADM50

Спутниктік трекерлердің алғашқы екі моделі AAA типті батареяларымен жұмыс істейді, сәйкесінше жоғарыда аталған температура диапазонында жұмыс істеу үшін Energizer Ultimate Lithium AAA (FR03) батареялары таңдалды. Компанияның айтуынша бұл литий батареялары +40–60 °С диапазонында жұмыс жасайды. Қалған GPS трекерлері бөлек +5 вольт тұрақты ток көзімен қайта зарядталады. Тізімдегі төртінші модель ресивермен (қабылдағышпен) және жайылымды толық жабу үшін таратылған қайталағыштар (қабылдап–таратқыштар) желісімен бірге жұмыс жасайды.

Мұнда сымсыз LoRa GPS деректер технологиясы қолданылады, байланыс қашықтығы 10 км. Әйгілі Garmin сатушысының соңғы GPS трекері қашықтан басқару пультімен жұмыс істейді, онда дисплейде жануар мен табыншының (бақылаушының) координаттары көрсетіледі. Мұнда диапазонның VHF жиілігі қолданылады, қашықтық рельефке байланысты, 2 км–ден 50 км–ге дейін.

Спутниктік және GSM трекерлерімен бірге өрт шлангісінен жасалған қарғыбау сынақтан өтті. GPS трекер қарғыбаудың ішіне бекітілген (сурет 3).



Сурет 3 – Қарғыбаудың материалы (сол жақ) және жылқыға тағылған қарғыбау (оң жақ)

Lora GPS трекері Samsung компаниясының қарғыбауымен жабдықталған. Қайталағыш далада биіктігі 4 метрден асатын діңгекке қойылып, күн батареясынан қуат алады.



Сурет 4 – Loga трекері, қабылдағышы және қайталағышы (сол жақта), трекерге арналған қарғыбау (оң жақта)

Garmin ALPHA 100 VHF GPS трекерінің де өз қарғыбауы бар (сурет 5).



Сурет 5 – Garmin Alpha 100 VHF GPS трекері TT15c қашықтан басқару пультімен және T5mini

Тәжірибелер кезінде қуат пен автономияны (жұмыс ұзақтығын) есептеу үшін тоқты өлшеу құралдары қолданылды. GPS координаттарының дәлдігін бағалау барлық 5 түрлі трекер орнатылған бақылау координаттарымен

анықталды. Бақылау координаттарының көрсеткіштері GarminMontana 610 навигаторынан алынды, GPS деректерінен бір сағат ішінде орташа координат есептелді, онда ± 3 метр дәлдікке қол жеткізілді (сурет 6), біз мұны рұқсат етілген қателік деп санаймыз[1].



Сурет 6 – Garmin Montana 610 навигаторы

Спутниктік және GSM GPS трекерлері 2021 жылдың желтоқсан айының басында барлық жеті жылқы шаруашылығында орнатылды, табыннан бір бие және бір айғыр буыннан ерекшеленді, оларға бірдей трекерлер орнатылды. GPS деректерін жіберу аралығы 1 сағаттан 8 сағатқа дейін қойылды, мұндай интервал кездейсоқ тандалмады, бұл батареяларды жиі ауыстырып, құрылғыларды зарядтамау үшін оңтайлы, сигнал жіберудің жоғары жиілігінде уақыт қысқарады. Қалған Lora және Garmin Alpha 100 VHF GPS трекерлері 2022 жылдың көктемінде 5 ШҚ–да орнатылды, уақыт аралығы 2 минуттан 1 сағатқа дейін.

Координаттардың дәлдігін бағалау. GPS координаттары бойынша қателік, әдетте, статикалық режимде (объект тыныштықта болғанда) немесе динамикалық режимде (объект қозғалыста болған кезде) анықталады. Статикалық режимде қателік аз болады, өйткені тыныштық кезінде сіз көптеген мәліметтер жинай аласыз және статистиканы қолдана отырып, орташа және орташа квадраттық ауытқуды анықтай аласыз. Жоғары дәлдікке сыртқы факторлар да әсер етеді, өйткені GPS сигналдары шамадан тыс шағылысуы, ионосфераның және бұлттардың төменгі қабаттарының әсеріне ұшырауы мүмкін немесе кейбір кедергілер GPS деректерін бұрмалауы мүмкін [2].

Сен көрсеткіші – бұл шеңбердің шартты радиусы онда көлденең жазықтық, ендік және бойлық бойынша координаталық орындардың $n\%$

түседі. Ол ағылшын тілінде – CircularError деп аталады, GPS өлшемдерінің дәлдігін бағалаудың ең оңай жолы болып саналады (сурет 7). Мұнда, мысалы, CEP95 = 6 м, онда ол келесі нұсқалардың бірі болып оқылады:

Өлшеулердің 95 %-ы радиусы 6 м шеңбер ішінде орналасқан;

Жаңа өлшем радиусы 6 м шеңбер ішінде болу ықтималдығы 95 %;

Жасалған өлшемдердің 95%-ы орташа статистикаға қарағанда 6 м–ге дәлірек.

GPS трекерлерінің басқа дәлдік көрсеткіштері LEP (Linear Error Probable) және SEP (Spherical Error Probable) сызықтық және сфералық ықтималдық көрсеткіші болып табылады. Осылайша, статикалық режимде барлық трекерлер үшін GPS өлшемдерінің көп саны түсетін радиус есептеледі, 98 % ықтималдығын алайық. Кем дегенде 100 өлшем жеткілікті болады, мысалы, GPS деректер аралығы 1 сағат болатын трекерлер үшін 100 сағат, аралығы 2 минут трекерге 3 сағат 20 минутты құрайды. Деректер неғұрлым көп болса, орташа компонентті есептеу статистикасы дәлірек болады. Орташа компонентті есептегеннен кейін модульді есептеу жүргізіледі, яғни қашықтық R_1 орташа $M(x,y)$ компоненттен өлшенген $GPSM(x_1,y_1)$ мәндеріне дейін. Көптеген қашықтықтардың кесіндісінен өсу массиві салынады және осы қашықтықтардың соңғы 2 % массиві жойылады, соңғы максималды қашықтық CEP98 сериясын көрсетеді (сурет 7).

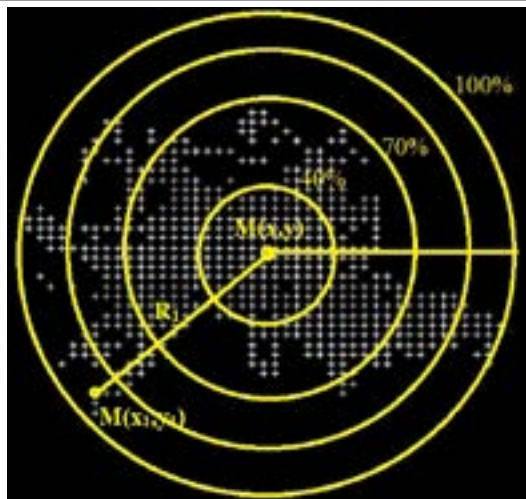
Орташа компонентті есептеу x және y үшін бөлек жүргізіледі:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}; \bar{y} = \frac{\sum y_i}{N}$$

Демек, $M(\bar{x}, \bar{y})$ – GPS өлшеу мәндерінің бұлтының орталық координаты.

Орталық координатадан кез келген i -ші координаталық нүктеге дейінгі қашықтық келесі формула бойынша есептеледі [3, 4]:

$$R_i = \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2}$$



Сурет 7 – GPS өлшеу мәндерінің бұлтты

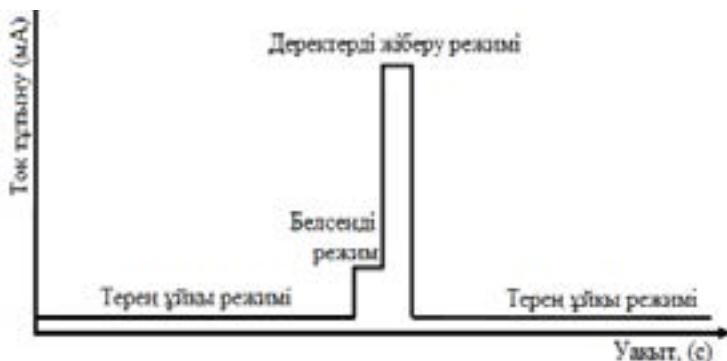
Автономияны бағалау. GPS деректерін жиі жіберу батареялардың немесе қайта зарядталатын трекердің батареясының тез таусылуына әкеледі. Деректерді жіберу кезінде құрылғының ұйқы режимінде немесе белсенді емес күйіне қарағанда энергияның көп бөлігі жұмсалады. Сондықтан, құрылғы көп уақыт белсенді болмаса немесе беріліс қысқа уақыт аралығында болған кезде, бұл аккумулятордың немесе батареяның ұзақ өмір сүруіне қамтамасыз етеді.

Аккумуляторлардың немесе батареялардың алуан түрлілігі стандартты өлшемдермен, кернеулермен және олар сақтай алатын энергия мөлшерімен ерекшеленеді. Олар сақтай алатын энергия мөлшері бұл маңызды параметр, оны көбінесе батарея сыйымдылығы деп атайды, миллиампер–сағатпен (мАс) өлшенеді. Аккумулятордың немесе батареяның жалпы өлшемдері оның сыйымдылығына байланысты, сыйымдылығы неғұрлым үлкен болса, соғұрлым олар үлкен болады. Батареяның немесе аккумулятордың қызмет ету мерзімі T (сағат), сондай–ақ оның сыйымдылығымен корреляция жасалады (мАс), GPS трекер тұтынатын орташа ток A (мА) мөлшеріне тәуелді және келесі формула бойынша есептеледі [5]:

$$r = \frac{C}{A}$$

GPS трекерлерінде әдетте үш жұмыс режимі бар, ол төменде графикте көрсетілген, көп уақытты терең ұйқы режимі – DeepSleepMode алады, одан кейінгі GPS датчиктерін оқу – ActiveMode және үшінші соңғы, энергияны көп

қажет ететін, деректерді жіберу режимі – SendMode, бұл режимде ағымдағы GPS орналасу деректері жіберіледі (сурет 8). Деректерді жіберу VHF, ұялы, LoRa және спутниктік байланыс арналары арқылы жүзеге асырылады [6, 7].



Сурет 8 – GPS трекерінің үш режимдегі жұмыс уақытының иллюстрациясы

GPS трекерінің жалпы батареясының қызмет ету мерзімін есептеу үшін, ең бастысы, аккумулятордың немесе батареяның жалпы сыйымдылығын білу керек, бұл деректер әдетте стандартты, анықтамалық болып табылады. Екіншіден, әр режимдегі тұтыну тогын және жоғарыда аталған режимдердің әрқайсысына бір циклде бөлінген уақытты білу қажет. Цикл бұл GPS деректерін жіберу жиілігі, бір минуттан, бір сағаттан жарты күнге дейін. Мұны есептеудің жалпы формуласы циклі үшін қуат тұтыну (мАс) келесідей есептеледі:

$$P_{cycle} = I_{dsm} t_{dsm} + I_{am} t_{am} + I_{sm} t_{sm}$$

мұнда, келесі режимдердегі тұтыну тогы (мА): I_{dsm} – терең ұйқы режимі; I_{am} – белсенді режим; I_{sm} – деректерді жіберу режимі. Тиісінше, t_{dsm} , t_{am} және t_{sm} режимдердің уақыты (секундпен).

GPS трекердің батареясын зарядтамай және батареяны ауыстырмай, гипотетикалық түрде T (сағат) жұмыс істей алады, ол келесі формула бойынша есептеледі [8, 9]:

$$T = \frac{C}{P_{cycle}}$$

Нәтижелер мен талқылау

Зерттеу нәтижелері GPS өлшеудің есептелген мәндерінің 98% ықтималдықпен дәлдігін және дербестігін көрсетті, яғни трекерлер жұмыс істей алатын орташа уақыт. Эксперименттің жалпы уақыты GPS сигналының жиілігіне байланысты болды, GPS өлшеулерінің саны жүзден асты. Негізгі нәтижелер 1–кестеде көрсетілген.

Кесте 1 – GPS трекерлерінің координаталық дәлдігі мен дербестігін салыстырмалы бағалау

№	Трекер атауы	GPS өлшемдерінің абсолютті қателігі (метр)	GPS деректерін жіберу жиілігі (сағат)	Есептелген дербестілік (күн)	Нақты дербестілік (күн)
1	Smart OneC	±10	8	198	100 ÷ 180
2	SPOT Trace	±8	1	87	60 ÷ 70
3	Neomatica ADM50	±5	1	110	88 ÷ 98
4	Lora LivesTalk	±7	1	90	60 ÷ 70
5	Garmin Alpha 100 VHF TT15 және T5 mini	±1	0.0333 (2 мин.)	2,2	1,8 ÷ 2

Қаржыландыру туралы ақпарат

Зерттеу ҚР АШМ BR10865103 «АӨК субъектілерінің өзекті өндірістік міндеттеріне цифрландыруды енгізудің әр саласы бойынша әр түрлі кемінде 3 цифрлық шешімдерді қолдана отырып, ғылыми негізделген Смарт–фермаларды (табындық жылқы шаруашылығы, етті мал шаруашылығы) әзірлеу және құру және оған фермерлік және шаруа қожалықтарының қызметкерлерін оқытуға және білім алушыларға цифрлық білімді беруге арналған анықтамалық база қалыптастыру» бағдарламалық–нысаналы қаржыландыру шеңберінде жүзеге асырылды.

Қорытынды

Дәлдікті салыстырмалы бағалау көрсеткендей, ең жақсы дәлдік координатаны анықтауға Garmin компаниясының трекерлері қол жеткізеді, себебі компания ұзақ уақыт бойы навигациялық құрылғылар нарығында, олар шығаратын навигаторлар көбінесе GPS бойынша координаттарды анықтау дәлдігі ±3 метр. Дегенмен, Garmin трекерлері GPS деректерін жіберудің үлкен жиілігіне байланысты әлі де төмен дербестілікке ие екенін атап өткен жөн. Мұндай трекерлер егер жылқылар табыны әр 1–2 күн сайын құрылғыларды қайта зарядтау үшін қайта оралатын болса ғана ыңғайлы болуы мүмкін. Олар сондай–ақ ШҚ иелері үшін табыншыларды бақылап, оларды тез табу қажет болса, балама құрылғы бола алады. Табыншылар

трекерді еркін жайылатын айғырларға немесе биелерге қарағанда, өздерінің жылқыларына тақса, трекерлердің жоғалып қалу ықтималдылығы төмен болады. Neomatica трекерлері басқа трекерлерге қарағанда, баға жағынан қол жетімді және пайдаланылуы оңай, оларды кем дегенде 2G ұялы байланысы жақсы қамтылған, қолайлы GPS дәлдігі бар жерлерде пайдалануға болады. Loga трекерлері революциялық технология болғанымен, GPS дәлдігі мен дербестігі бойынша орташа санатта болды, себебі қамту аймағын кеңейту үшін арнайы Loga қабылдау және тарату құрылғыларының желісін құру қажет. Бұл трекерлерді пайдалану тәжірибесі қарапайым пайдаланушы үшін MaTalk (қазақстандық нұсқа) қосымшасында бағдарлаудың қиын екенін көрсетті, өйткені онда жердің спутниктік ғарыштық суреттерінің орнына векторлық ГАЗ карталары пайдаланылды. Жалпы, егер бұл бағдарлама бойынша бағдарлау мәселесі шешілсе, онда ол шағын аумақта жылқыларын бағып жүрген ШҚ үшін трекерлер арасында өз орнына лайық болуы мүмкін. Келесі Smart OneC және SPOT Trace спутниктік трекерлеріне табыншылар мен ШҚ иелері арасында ерекше назар аударылды, олар әлемнің кез келген нүктесінен GPS деректерін тікелей спутниктерге жібере алады, сәйкесінше спутниктік байланысты қамтуды алаңдамауға болады. Алайда, Украина мен Ресей арасындағы соңғы оқиғалар спутниктердің жұмысына кері әсер етті, өйткені халықаралық санкцияларға байланысты Global Star Ресей Федерациясының аумағына және онымен шектесетін елдерге қызмет көрсетуді (спутниктік байланыспен қамтуды) тоқтатты. Осы себепті Қазақстанда спутниктік трекерлердің жұмысында 2022 жылдың наурыз–қыркүйек айлары аралығында ақаулар байқалды. Осы мәселелерге қарамастан, бұл трекерлер пайдаланушылар арасында көбірек мақұлдау алды, әсіресе бұл Smart OneC трекері. Smart OneC трекерінің артықшылығы, 6 айдан астам қалыпты температура жағдайында жоғары дербестілікті қамтамасыз етті. 1-кестеде көрсетілгендей, нақты дербестілік елдің климаттық белдеулеріне байланысты болды, мысалы, Қазақстанның оңтүстік бөлігінде қыста трекерлер солтүстікке қарағанда бір зарядта ұзақ жұмыс жасады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Hampson, B. A., Morton, J. M., Mills, P. C., Trotter, M. G., Lamb, D. W. and Pollitt, C. C. «Monitoring distances travelled by horses using GPS tracking collars» *Australian Veterinary Journal*, vol. 88, no. 5, P. 176–181, May 2010, doi: 10.1111/j.1751-0813.2010.00564.x.

2 Reinau, K. H., Harder, H., Overgard, C. H., Rasouli, S. and Timmermans, H. *Horses for Courses: Designing a GPS Tracking Data Collection*

3 **Skeivalas, J., Parseliunas, E., Putrimas, R. and Slikas, D.** «An influence of the correlation due tracking the same satellite on the accuracy of the GPS time dissemination», Measurement, vol. 121, P. 62–65, Jun 2018, doi: 10.1016/j.measurement.2018.02.048.

4 **Lin, J. Y., Yang, B. K., Do, T. A. and Chen, H. C.** «The Accuracy Enhancement of GPS Track in Google Map» 2013 Eighth International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA 2013), P. 524–527, 2013, doi: 10.1109/bwcca.2013.90.

5 **Ge, X., Gu, R. N., Lang, Y. F. and Ding, Y. Y.** «Design of Handheld Positioning Tracker Based on GPS/GSM», 2017 IEEE 3rd Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC), P. 868–871, 2017.

6 **Hadwen, T., Smallbon, V. Zhang, Q. and D'Souza, M.** «Energy efficient LoRa GPS tracker for dementia patients», in Proceedings of the 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC 2017, P. 771–774, Republic of Korea, July 2017.

7 **Sardon, E. and Zarraoa, N.** «Estimation of total electron content using GPS data: How stable are the differential satellite and receiver instrumental biases?», Radio Science, vol. 32, no. 5, P. 1899–1910, Sep–Oct 1997, doi: 10.1029/97rs01457.

8 **Kirchev, A.** «Battery Management and Battery Diagnostics», Electrochemical Energy Storage for Renewable Sources and Grid Balancing, pp. 411–435, 2015, doi: 10.1016/b978-0-444-62616-5.00020-6.

9 **Rahimi-Eichi, H. and Chow, M. Y.** «Batteries», World Scientific Handbook of Energy, vol. 3, P. 405–426, 2013.

10 **Ghosh, S. K., Rashid, M. M., Tuba, N. S., Neerjhor, M. M. A., Kader, A., Peata, T. N. and Pritom Biswas** Development of anti-theft offline GPS tracker. ITEGAM – Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAM–JETIA), 2020, doi:10.5935/2447-0228.20200023.

Материал баспаға 15.12.22 түсті.

A. A. Ахмадия¹, А. Б. Мирманов¹, Н. К. Набиев¹,

**Т. Г. Сериков¹, Г. Ж. Асаинов¹*

¹Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Астана

Материал поступил в редакцию 15.12.22.

ОЦЕНКА АВТОНОМНОСТИ И ТОЧНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ

GPS–ТРЕКЕРОВ ДЛЯ ТАБУННОГО КОНЕВОДСТВА

Работа табунищика может быть облегчена с применением современных GPS–трекеров. Рынок предлагает большое разнообразие GPS–трекеров по слежению за животными, трекеры совершенствуются, все больше каналов передачи GPS–данных задействуются, начиная от мобильной и кончая спутниковой связи. Автономность и точность оценки GPS–координат, обслуживание и удобство использования трекеров становятся крайне важными для табунищиков и владельцев коневых хозяйств. Настоящее время, крайне мало исследований представлено по GPS–трекерам для слежения за лошадьми, не уделяется достаточное внимание производителями на требования непосредственно табунищиков. В данной статье была проведена сравнительная оценка современных GPS–трекеров в конных хозяйствах Республики Казахстан, также вычислили основные характеристики, такие как погрешность измерения GPS координат и автономности. Впервые, были оценены трекеры работающие по разному принципу передачи данных GPS по каналам: GSM, LoRa, УКВ, спутниковой связи. Во время экспериментов были использованы приборы измерения тока для расчета потребляемой мощности и автономности. Оценка точности GPS–координат определялась по контрольным координатам, где были установлены все 5 разных трекеров. Результаты исследования представляют с собой вычисленные значения точности GPS измерений с 98% вероятностью, и автономностью. Испытание трекеров проводилось в полевых условиях в реальных коневых хозяйствах.

Ключевые слова: трекеры, GPS, автономность, точность, табунное коневодство.

**А. А. Akhmadiya¹, А. В. Mirmanov¹, N. K. Nabiyev¹,
T. G. Serikov¹, G. Zh. Assainov¹*

*¹Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin,
Republic of Kazakhstan, Astana*

Material received on 15.12.22

ASSESSMENT OF THE AUTONOMY AND ACCURACY OF MODERN GPS TRACKERS FOR HERD HORSE BREEDING

The work of a herder can be facilitated with the use of modern GPS trackers. The market offers a wide variety of GPS trackers for tracking

animals, trackers are being improved, more and more GPS data transmission channels are being used, ranging from mobile to satellite communications. The autonomy and accuracy of GPS coordinates estimation, maintenance and usability of trackers are becoming extremely important for herders and owners of horse farms. Currently, very few studies are presented on GPS trackers for tracking horses, not enough attention is paid by manufacturers to the requirements of herders directly. In this article, a comparative assessment of modern GPS trackers in equestrian farms of the Republic of Kazakhstan was carried out, and the main characteristics, such as the measurement error of GPS coordinates and autonomy, were also calculated. For the first time, trackers working on different principles of GPS data transmission via channels: GSM, LoRa, VHF, satellite communications were evaluated. During the experiments, current measuring devices were used to calculate power consumption and autonomy. The accuracy of GPS coordinates was estimated by reference coordinates, where all 5 different trackers were installed. The results of the study represent the calculated values of the accuracy of GPS measurements with 98 % probability, and autonomy. The trackers were tested in the field in real horse farms.

Keywords: trackers, GPS, autonomy, accuracy, herd horse breeding.

Теруге 15.12.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2022 ж. қол 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 № 4019

Сдано в набор 15.12.2022 г. Подписано в печать 30.12.2022 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 № 4019

«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