

V. КАРТОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

<http://doi.org/10.17721/1728-2721.2021.80-81.11>
УДК 528.421

Т. Гуцул, канд. техн. наук, асист.

ORCID ID: 0000-0002-7192-3289

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці, Україна,
Д. Проданюк, асп.

ORCID ID: 0000-0001-7435-9647

Інститут географії НАН України, Київ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ МОБІЛЬНОЇ НАВІГАЦІЇ СТОСОВНО ДАНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Усеохоплювальний розвиток мережі мобільного зв'язку в сегменті покриття швидкісним інтернетом практично всієї території держави формує передумови для використання технології А-GPS. Особлива актуальність для населених пунктів, де, з одного боку, така надбудова функціонує оптимально через підвищений рівень розвитку мобільної мережі, а з іншого – формується більший споживацький попит на навігаційні й детальні картографічні дані, часто в режимі реального часу. Виявлено тенденцію стрімкого зростання точності й доступності мобільних засобів, обладнаних модулями ГНСС для пересічних користувачів. Розглянуто процес позиціонування з використанням засобів мобільного зв'язку та технології А-GPS. Установлено, що попри аналогічні дослідження питання щодо діапазону точності одержаних мобільними засобами координат залишається не розкритим. Виробники пристроїв указують на ймовірність зниження точності вимірювань лише за умови появи перешкод (ділянок високої деревної рослинності та забудови). Розглянуто механізми отримання просторових даних для мобільних пристроїв, що функціонують з операційною системою Android. Адже для оперативного тематичного картографування залишається відкритим питання стосовно способів отримання вихідних даних у доволі стислі терміни. Використання мобільних пристроїв як засобів збору, редагування та зберігання даних у польових умовах у режимі реального часу оптимізує подальший процес оперативного картографування. Експериментальну частину дослідження проведено з використанням мобільних пристроїв різних виробників на одному із пунктів державної геодезичної мережі. За наявності значної кількості додатків для визначення місцеположення основну увагу приділено модулю Geodesist. З використанням програмного забезпечення Trimble GNSS Planning заплановано GPS-спостереження та одержано прогнози дані щодо ймовірної розрахункової точності. Проведено комплекс різночасових вимірювань на пункті державної геодезичної мережі, координати якого визначено лінійно-кутовою побудовою та супутниковими методами з використанням професійного обладнання. Порівняння дозволило визначити діапазон точності використовуваних мобільних засобів. У такий спосіб підтверджено доцільність застосування мобільних пристроїв для наземних геодезичних спостережень як засобів збору просторових даних для середньомасштабного топографічного й тематичного картографування.

Ключові слова: А-GPS; GNSS; GPS; ГНСС; геолокація; позиціонування; місцеположення; навігація.

Постановка проблеми. Станом на січень 2019 р. за даними міжнародного дослідницького агентства "We are social" нараховувалося 5,112 млрд унікальних мобільних абонентів (що становить близько 67 % усього населення) (Керп, 2019). Серед усіх засобів, які підтримують технологію GNSS, близько 80 % становлять мобільні телефони. Типова точність навігації на мобільних пристроях заявляється виробниками від кількох до десятка метрів і має тенденцію до оптимізації в кожних наступних поколіннях мобільних засобів.

При цьому виробники пристроїв указують на зниження рівня точності лише при появі перешкод, переважно будівель, не деталізуючи діапазони цих показників узагалі. Відсутність відповідних публікацій обумовлює припущення щодо їхнього тестування в ідеальних умовах на відкритій місцевості. Проте існує ряд інших факторів, які можуть суттєво вплинути на вимірюваний результат, зокрема на час спостереження, наявність і рівень сигналу Wi-Fi-мережі, стан тропосфери і т. п. Установлення точності та дослідження впливу різних факторів можливе лише шляхом проведення комплексу вимірювань відносно контрольних (еталонних) точок.

Нещодавно на базі Національного університету біоресурсів і природокористування відбулося урочисте відкриття першого контрольного пункту для перевірки точності мобільних пристроїв (Zhuk, 2019).

Актуальність дослідження. Мобільні телефони – повсякденний, незамінний атрибут будь-якої активної людини. Від їхньої появи в червні 1983 р. і до сьогодні відбувся стрімкий еволюційний розвиток. Сучасні технічні характеристики часто конкурують, а то й перевершують

потужності персональних комп'ютерів. у сфері навігації починається справжнє змагання з туристичними GPS-приймачами. Зокрема, на конференції "ION GNSS+2017" компанія Broadcom Limited представила перший чіп GPS нового покоління, із заявленою точністю визначення місцеположення ± 30 см (Alyzar, 2017).

З огляду на План заходів щодо впровадження в Україні системи рухомого (мобільного) зв'язку п'ятого покоління (5G) на жовтень 2021 р. (Ukrinform multimedia platform, 2020), а також розвитку глобальної супутникової системи Star Link – доступність і забезпеченість населення швидкісним інтернетом невпинно зростатиме. Разом із тим, підвищуватиметься і точність визначення координат мобільними засобами.

Купуючи смартфон у переліку його характеристик можна помітити підтримку GPS та А-GPS. Остання є надбудовою до системи глобальної навігації й додає важливу функцію – потрійного позиціонування. Позиціонування за трьома різноманітними джерелами дозволяє не тільки прискорити одержання координат, а й зіставити їх між собою, миттєво підвищуючи точність до кількох метрів. Для мобільних засобів обладнаних А-GPS виникає потреба зв'язатися з віддаленим сервером, який надає для приймача телефону оновлення альманаху через інтернет-з'єднання (Wi-Fi) або мережу стільникового зв'язку.

Геолокація застосовується в багатьох мобільних додатках. Подальше покращення точності позиціонування важливе швидше для військової, ніж цивільної сфери (Shlemyn, 2017).

Проте вже на сьогодні можна стверджувати про перспективність використання даного засобу для рекогноскування місцевості, збору геопросторових даних з метою тематичного, дрібномасштабного топографічного картографування та цифрового моделювання рельєфу.

Зростання обсягів просторових даних випереджає темпи їхньої обробки. Останні досягнення у сфері відкритих даних і програмного забезпечення для оперативного картографування формують нові можливості для їхнього збору та візуалізації. Важливими ознаками оперативного картографування є систематизація даних з великою кількістю користувачів, забезпечення їхньої якості. Наочним прикладом такого масиву даних є інформація, яка отримана на основі мобільних спостережень. Актуальним питанням є поширення коронавірусної хвороби (COVID-19), як у більшості випадків ідентифікація користувача та отримання належної інформації про нього здійснюється за контактним номером. Відслідковуючи місце розташування окремого користувача чи групи дозволить змодельовати ймовірні варіанти поширення даного виду ризику. Зростає поширення ризиків для населення, що пов'язані з небезпеками, вимагає вдосконаленого підходу до обміну даними з метою підвищення ефективності управління ризиками. Відкриті дані стають передумовою для розуміння, ідентифікації й управління ризиками. За таких умов, веб-платформи, які оперують відкритими даними щодо соціальних ризиків з метою своєчасного встановлення надзвичайного стану на місцевому, національному, регіональному та загальнодержавному рівнях, мають відповідати керівним рамкам інфраструктури просторових даних та ініціатив щодо їхнього обміну.

Варто визнати важливість кросплатформної технології мобільних карт. Мобільні геодезично-картографічні системи, безсумнівно, відіграють життєво важливу роль у застосуванні міської інформатики, оскільки своєчасні та точні геопросторові дані є ключовим компонентом упровадження цифрової інфраструктури, для будь-якого регіону населення. Потрібно всебічно розглядати технології мобільної зйомки й картографування. Компоненти технології мобільного картографування містять окрему геопросторову технологію, яка використовується для збору даних, як-от: комп'ютерний аналіз, одночасне позиціонування та відображення (SLAM) і роботизоване картографування.

Незважаючи на наукову значущість, практичну користь і зацікавленість з боку українських та закордонних дослідників, методи й технології оперативного картографування з використанням мобільних пристроїв у науковій картографічній літературі висвітлені доволі поверхнево.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розвитку геодезії останнього десятиріччя характерним є не лише підвищення рівня точності традиційних методів вимірювань, але й постановка та розв'язання множини задач з використанням супутникових технологій. Супутникові методи зарекомендували себе простими, надійними та з високим рівнем автоматизації робіт (Pishko, 2015).

Попередні дослідження свідчать про роботу мобільних навігаційних пристроїв у двох режимах. У першому режимі модуль супутникового позиціонування активується, тоді як модуль обчислень відключено. Процесор обчислює координати мобільного навігаційного пристрою на основі супутникових навігаційних сигналів, отриманих модулем супутникового позиціонування. У другому режимі модуль супутникового позиціонування вимкнено, коли активовано модуль невідомих розрахунків, і проце-

сор оновлює координати на основі переміщень та обертань інерційної системи, виявлених модулем обчислень (Yun-Long Tun & Hsing-Chiang Huang, 2013).

Поступово з дороговартісного професійного обладнання відбулося проникнення і у звичайні мобільні телефони. У роботах (Kulyk, & Paradnia, 2020) проведено встановлення точності визначення координат та їхніх відхилень мобільними засобами Samsung Galaxy S8 і Xiaomi Redmi Note 5. З'ясовано, що практична точність позиціонування виявилася нижче заявленої виробником. Унікальні можливості використання інформаційних технологій у правоохоронній діяльності полягають у позиціонуванні рухомих об'єктів (геолокації) (Volkova & Karavaeva, 2020).

Дослідниками (Papaskiri, Ananicheva, Shevchuk, Baidakova & Dronina, 2020) проведено експеримент порівняльного аналізу точності визначення координат поворотних точок земельної ділянки й обчислення її площі з використанням GPS-обладнання та мобільних засобів.

Наприкінці 2020 р. компанія Oppo анонсувала нову технологію RTK для смартфонів, яка дозволить досягти точності позиціонування на рівні ± 1 м без залучення додаткового обладнання. Алгоритм передбачає використання всієї інформації про станції мобільного зв'язку, датчики акселерометра, антени та гіроскоп всередині телефону (PCnews, 2020).

Вплив різних факторів на точність визначення положення приймачів досліджували багато вітчизняних та закордонних учених. Зокрема, К. Третяк аналізував, як впливає тривалість проведення вимірів на точність побудови державних геодезичних мереж 1-го та 2-го класу. П. Баран з'ясовував оптимальну точність під час побудови локальних GPS-мереж. Я. Костецька встановлювала тривалість сеансів GPS-спостережень залежно від вектор-бази, впливу іоносферних факторів і кута відсічки. Ф. Заблоцький аналізував тропосферну затримку та її складові. С. Савчук досліджував питання проблемних моментів під час вимірювань у режимі RTK. Ц. Шпехт, Т. Шот і П. С. Домбровський провели дослідження, використовуючи смартфони серії Galaxy від Samsung. Мета полягала у визначенні точності місця розташування за допомогою статистичних моделей і аналізу порівняння отриманих результатів на шести пристроях серії Galaxy. У той самий період М. Урадзинський і М. Бакула здійснювали перевірку точності позиціонування смартфона Huawei P30 pro, оснащеного двочастотним приймачем GNSS. На тлі загальної доступності технічних параметрів смартфонів результати проведеного дослідження вважатимуться актуальними.

Мета дослідження. З'ясувати діапазони точності визначення координат засобами мобільних телефонів за різних умов, а також можливість їхнього подальшого застосування для середньомасштабного топографічного й тематичного картографування.

Методика та методологія. Сформулювати й обґрунтувати вибір точки спостереження за каталогом координат пунктів ДГМ. Здійснити польове рекогноскування та встановлення стану точки спостереження. Спланувати проведення ГНСС-спостереження за допомогою програмного забезпечення Trimble GNSS-Planning. Провести багаторазове вимірювання координат на геодезичному пункті в різні періоди мобільними засобами із вбудованими модулями GPS. Порівняти одержані результати та провести оцінювання їхньої точності. Сформулювати рекомендації щодо можливого використання мобільних засобів для розв'язання прикладних задач.

Результати досліджень. Для мобільних телефонів існує декілька режимів визначення місцеположення (Kulyk, & Paradnia, 2020):

1. *Висока точність.* Для визначення місцеположення використовується GPS, а також мережа Wi-Fi. Такий спосіб пришвидшує витрати заряду акумулятора, але оптимальніше встановлює місцеположення. Доступний тільки на засобах з певною версією Android.

2. *Середня точність.* Для визначення місцеположення залучається виключно модуль GPS. Доступний практично в усіх версіях Android.

3. *Низька точність.* У цьому режимі місцеположення встановлюється наближеним способом від базових станцій мобільного зв'язку. Застосовуваний метод Cell Of Origin був одним із перших і визначав належність абонента до комірки (соти). Точність позиціонування залежала від радіусу соти. У містах – це 100-150 м, для більшої частини базових станцій – кілометр і більше (Onufryeva & Shchaveleva, 2017).

Під час одержання даних безпосередньо із супутників можливі неточності, обумовлені перешкодами (переважно високими об'єктами забудови та рослинного покриву), що унеможливають пряме потрапляння сигналу на антену GPS-приймача. Для мінімізації означеного впливу на сьогодні більшість мобільних телефонів використовує A-GPS (Assisted GPS), і за неможливості одержання даних із супутників, телефон одержує їх з альтернативних джерел, наприклад GSM-мережі. A-GPS – оптимальний спосіб геолокації за швидкістю та точністю (Shlemya, 2017).

Планування ГНСС місії є найважливішою складовою будь-якого проекту та спрямоване на вибір оптимального часу проведення вимірювань і мінімізацію ймовірних помилок, зокрема у складних умовах (з наявністю перешкод). Програмний засіб Trimble Planning 2.7 є складо-

вою частиною комплексу Trimble Office та призначено саме для розв'язання означеної задачі (рис. 1). Перед початком роботи варто з офіційного сайту системи ГНСС (у даному випадку, GPS) завантажити актуальний файл параметрів орбіт усіх супутників (альманах). До програми користувачу пропонується ввести вихідні дані: географічні координати району проведення робіт, абсолютну висоту, значення кута відсічення, дату та час проведення вимірювань. У цьому випадку планування проведено для місцевості із орієнтовними географічними координатами 48°18' пн. ш. і 25°55' сх. д. з висотою 284 м та значенням кута відсічення 15° на дату 14 травня 2021 р.

Пояснення: В нормативно-правових актах в сфері геодезії та картографії, а саме в Інструкції по топографічних зніманнях масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 всюди зустрічається конструкція "району робіт" (фізико-географічна характеристика..., топографо-геодезична забезпеченість..., схема ... і т. ін.). Збірник укрупнених кошторисних розцінок на топографо-геодезичні роботи аналогічно визначає поняття "район робіт". Проте, думаю це не критично і можна живувати синоніми – місцевості, території і т. ін.

У дослідженні спостереження проводилися в пункті державної геодезичної мережі 3-го класу "Університет" з 8:00 до 16:00 з інтервалом через кожну годину. Географічні координати центру пункту у світовій системі WGS-84 становлять: 48°17'52,5538" пн. ш. та 25°55'16,5130" сх. д., а висота – 284,221 м. Вимірювання проводилися двічі: із увімкненим і вимкненим мобільним інтернетом. Мобільний пристрій встановлювався безпосередньо над центром марки та задля усунення можливих коливань закріплювався штативом.

DOP (all)

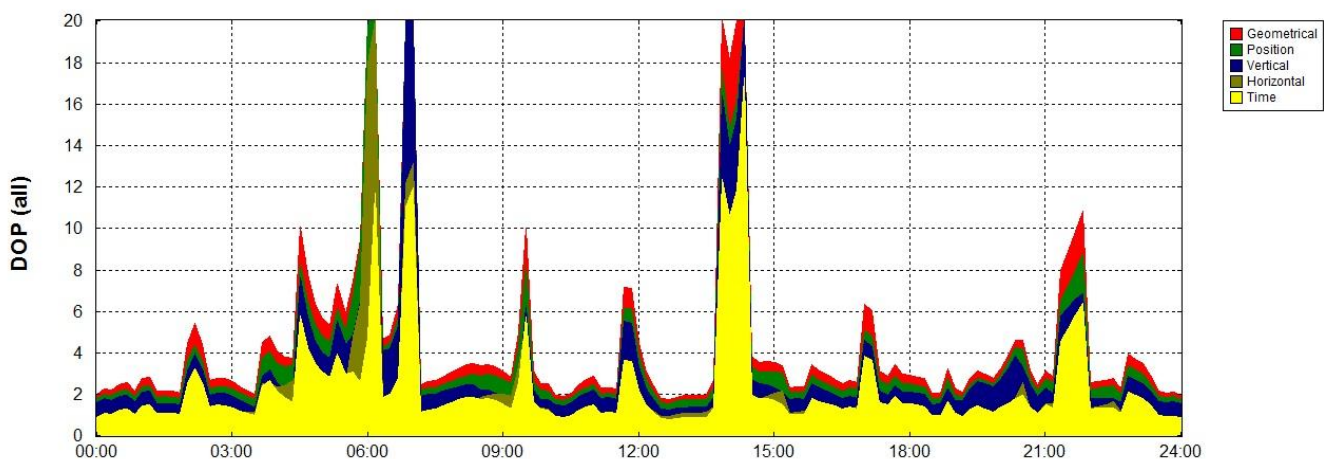


Рис. 1. Параметри зниження точності для точки спостереження "Університет" на 14 травня 2021 р.

Для вимірювання застосовувалися мобільні пристрої Samsung Galaxy M31 та Sony Xperia L2 H4311. Обидва функціонують в операційній системі Android, підтримують режими A-GPS і GPS. Окрім підтримки супутникових систем GPS і ГЛОНАСС, у Samsung Galaxy M31 доступна європейська Galileo та китайська Beidou.

Для роботи із супутниковими системами на мобільних телефонах розроблено близько 500 додатків, пере-

важно орієнтованих на операційну систему Android. Проте для зручного управління та вилучення геопросторових даних на мобільні телефони можна виокремити не більше десятка, зокрема Geodesist.

Geodesist – продукт вільного використання, доступний у Google Play. Відповідно до статистичних відомостей із 2015 р. програму встановлено понад 100 тис. разів. Користувачі високо оцінили додаток,

відзначивши його 4,36 балами із 5-ти можливих. За замовчуванням, вимірювання відбуваються у World Geodetic System 1984 (WGS-84).

Процес вимірювання полягає у запуску програми та виборі піктограми Location, яка визначить поточне місцезнаходження користувача. За допомогою кнопки Marks – Add marks створюємо точку (вводимо її назву, формат відображення координат) і зберігаємо. Ре-

зультати вимірювань можна вилучати шляхом експорту в Geodesist marks file (*.gmrks) та GPX format file (*.gpx). Такий формат даних безпосередньо підтримують OziExplorer, Google Earth і GPS-навігатори. Результати вимірювань для зручності сприйняття величин просторових зміщень відображено в середовищі ГІС у проекції Меркатора WGS84 [EPSG: 3395] у вигляді прямокутних координат (див. табл. 1).

Таблиця 1. Результати вимірювань у пункті "Університет" на 14 травня 2021 р. (з 8:00 до 16:00)

Модель мобільного	Режим вимірювань	Координати й розходження	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Samsung Galaxy M31	з мобільним інтернетом	X, м	2885544,15	2885538,78	2885540,74	2885543,87	2885543,75	2885540,90	2885544,07	2885538,98	2885541,46
		Y, м	6156563,17	6156566,92	6156561,03	6156557,94	6156571,57	6156564,25	6156568,18	6156557,24	6156561,37
		ΔX , м	-3,37	2,00	0,04	-3,09	-2,97	-0,12	-3,29	1,80	-0,68
	без мобільного інтернету	X, м	2885544,15	2885539,66	2885541,70	2885545,39	2885544,51	2885540,86	2885543,07	2885538,62	2885540,22
		Y, м	6156563,17	6156561,03	6156561,37	6156564,57	6156570,72	6156564,27	6156565,65	6156559,20	6156563,57
		ΔX , м	-3,37	1,12	-0,92	-4,61	-3,73	-0,08	-2,29	2,16	0,56
Sony Xperia L2 H4311	з мобільним інтернетом	X, м	2885546,71	2885544,79	2885544,03	2885546,15	2885545,71	2885542,59	2885538,90	2885545,59	2885537,45
		Y, м	6156554,13	6156554,91	6156564,51	6156558,14	6156571,53	6156559,48	6156572,37	6156575,37	6156568,36
		ΔX , м	-5,93	-4,01	-3,25	-5,37	-4,93	-1,81	1,88	-4,81	3,33
	без мобільного інтернету	X, м	2885547,91	2885543,14	2885541,22	2885536,45	2885540,34	2885542,02	2885542,22	2885545,59	2885537,45
		Y, м	6156567,86	6156565,01	6156557,48	6156564,51	6156572,03	6156546,94	6156565,67	6156575,37	6156560,31
		ΔX , м	-7,13	-2,36	-0,44	4,33	0,44	-1,24	-1,44	-4,81	3,33
		ΔY , м	-3,85	-1,00	6,53	-0,50	-8,02	17,07	-1,66	-11,36	3,71

За даними табл. 1 максимальні розходження Δx та Δy для пристрою Samsung Galaxy M31 становлять $\pm 3,37$ м та $\pm 7,56$ м (при використанні у процесі вимірювань мобільного інтернету) та $\pm 4,61$ м і $\pm 6,71$ м – без нього. Для пристрою Sony Xperia L2 H4311 максимальні розходження Δx та Δy становлять $\pm 5,93$ м та $\pm 11,36$ м із залученням інтернету та $\pm 7,13$ м і $\pm 17,07$ м – без нього. Таким чином, використання мобільного інтернету оптимізує точність визначення координат.

Беручи до уваги дані попереднього планування (рис. 1) та одержані результати вимірювань (табл. 1) простежується обернений помірний кореляційний зв'язок (за шкалою Чеддока) між сумарним зниженням геометричної точності за місцезнаходженням та часом (GDOP) і значеннями розходжень. Зокрема, для ΔX мобільного пристрою брендів Samsung і Sony він становив -0,41 та -0,49 відповідно, а для ΔY – -0,41 та -0,44. Відповідно, виконання вимірювань в оптимальні заплановані періоди впливатиме на незначне підвищення точності вимірювань.

Зауважимо, що проведене дослідження (Kulyk, & Paradnia, 2020) стосовно точності визначення координат мобільними засобами Xiaomi Redmi Note 5 та Samsung Galaxy X8 виявило результати на рівні $\pm 7,6$ м та $\pm 7,7$ м.

Висновки. Сучасні мобільні засоби спроможні оперативно вимірювати координати окремих точок з наявністю інтернету чи без нього в польових умовах. Точність таких визначень суттєво коливається й залежить від моделі вбудованого GPS чіпу в мобільний пристрій. Однак можна стверджувати, що орієнтовний діапазон точності перебуває на рівні до 8 м за будь-яких умов.

Зазначена точність є граничною точністю масштабу 1:100000 згідно з Основними положеннями створення й оновлення топографічних карт. Доповнення вимірних координат атрибутивною кількісною інформацією, з одного боку, перетворює мобільні засоби на ГІС-колектори, а з іншого відкриває широкі можливості для оперативного тематичного картографування подій і явищ.

Подальші дослідження потребуватимуть визначення рівня сигналу мобільного інтернету безпосередньо під час вимірювань і збільшення кількості контрольних точок з урахуванням різноманітних умов місцевості (у т. ч. з наявними перешкодами у вигляді рослинності та щільної забудови).

References

- Alyzar A., (2017). V 2018 hodu v smartfonakh poiviatsia sverkhtochnye chyry globalnoi navyhatsyy. [Ultra-precise global navigation chips will appear in smartphones in 2018]. Khabrakhabr. Retrieved from: <http://habr.com/ru/post/370833/> (in Russian)
- Kemps S., (2019). Global Digital 2019 reports. New York, We are social Inc. Retrieved January, 30, 2019, from: <https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates>
- Kulyk O. B., & Paradnia P. F., (2020). Yssledovanye tochnosti opredeleniya heografycheskogo mestopolozheniya s yspolzovaniem mobylnykh telefonov. [Geolocation accuracy study using mobile phones]. GIS-tehnolohyy v naukakh o Zemle. Mynsk: Belorusskiy hosudarstvennyi unyversytet. Retrieved from: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/254335> (in Russian).
- Multymediina platforma Ukrinform., 2020. Tekhnolohiia 5G v Ukraini mozhe zavytytsia cherez rik-pivtora. [5G technology in Ukraine can be accessed through a year and a half]. (11 lystopada 2020). Kyiv. Retrieved from: www.ukrinform.ua/rubric-technology/3134271-tehnologia-5g-v-ukraini-mozezavitysa-crez-rikpivtora-fedorov.html (in Ukrainian).
- Onufryeva T. A., & Shchavaleva L. A., (2017). Obzor avtomatyzyrovannykh system pozytysonyrovaniya obyektov. [Overview of

automated object positioning systems]. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal "Ynnovatsionnaia nauka"*, (3), 71-73. (in Russian).

6. Papaskyry T. V., Ananycheva E. P., Shevchuk A. A., Baidakova K. B. & Dronyna D. A., (2020). Ynfomatsyonnoe vzaymodeistvie s servysamy tsyvrovoho zemleustroistva. *Moskovskiy ekonomycheskiy zhurnal*. [Information interaction with digital land management services], (7), 260-267. doi: 10.24411/2413-046X-2020-10493 (in Russian).

7. PCnews., 2020. Tochnost pozitsyonyrovaniya do 1 metra. Orro predstavlya novuiu tekhnologiyu dlia smartfonov [Positioning accuracy up to 1 meter. Orro introduced a new technology for smartphones] (26 oktjabria 2020). Rezhym dostupa: https://pcnews.ru/news/tochnost_pozicionirovaniya_do_1_metra_oppo_predstavila_novuu_tekhnologiyu_dlia_smartfonov-1026982.html (in Russian).

8. Pishko Yu., (2015). Aktualizatsiia parametriv metodyky vidnosnykh suputnykovykh sposterezhen dlia stvorennia opornykh heodezychnykh mrezh. [Parameter update of the relative satellite observation methodology used for the establishment of geodetic control networks]. (Dys. kand. tekhn. nauk). NU "Lvivska politekhnika", Lviv. (in Ukrainian).

9. Shlemyn S., (2017). Heolokatsiya v mobylnykh ustroistvakh. [Geolocation in mobile devices]. *Almanakh nauchnykh robot molodykh uchenykh Unyversyteta YTMO. Sankt-Peterburh: Unyversytet YTMO.* (in Russian).

10. Volkova S. V. & Karavaeva A. V., (2020). Reshenye zadach heopozitsyonyrovaniya po sovokupnosti dannyyh s mobylnykh ustroistv. [Solving geolocation problems by aggregates of data from mobile devices]. *Nauchnye mezhdystsyplynamye yssledovaniya*, (5), 190-193. doi: 10.24412/cl-36007-2020-5-190-193 (in Russian).

11. Yun-Long Tun, Hsing-Chiang Huang., (2013). US 8,374,787 B2. Washington, DC: bskb.

12. Zhuk O., (2019). Pershyi v Ukraini kontrolnyi punkt dlia smartfona vstanovleno v NUBiP. Ofitsiyniy sait NUBiP. [The first checkpoint for a smartphone in Ukraine is installed in NULES]. Retrieved from <https://nubip.edu.ua/node/67277> (in Ukrainian).

Надійшла до редколегії 15.05.21

Т. Гуцул, канд. техн. наук, ассист.

Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича, Черновцы, Украина,

Д. Проданюк, асп.

Институт географии НАН Украины, Киев, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ МОБИЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ДАННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Всеохватывающее развитие сети мобильной связи в сегменте покрытия скоростным интернетом практически всей территории страны формирует предисловия для использования технологии А-GPS. Особенная актуальность для населенных пунктов, где, с одной стороны, такая настройка функционирует оптимально через повышенный уровень развития мобильной сети, а с другой стороны, формируется большой потребительский спрос на навигационные и детальные картографические данные, часто в режиме реального времени. Выявлено тенденции стремительного роста точности и доступности мобильных средств, оборудованных модулями ГНСС для рядовых пользователей. Рассмотрено процесс позиционирования с использованием средств мобильной связи и технологии А-GPS. Установлено, что, несмотря на аналогичные исследования, вопрос диапазонов точности полученных мобильными средствами координат остается не раскрытым. Производители средств заявляют о вероятности снижения точности измерений только при условии появления препятствий (участков высокой древесной растительности и застройки). Рассмотрено механизмы получения пространственных данных для мобильных средств, которые функционируют с операционной системой Android. Для оперативного тематического картографирования остается открытым вопрос по поводу способов получения исходных данных в довольно сжатые сроки. Использование мобильных устройств, как средств накопления, редактирования и хранения данных в полевых условиях в режиме реального времени оптимизирует последующий процесс оперативного картографирования. Экспериментальную часть исследования проведено с использованием мобильных устройств разных производителей на одном из пунктов государственной геодезической сети. При наличии большого количества приложений для определения местоположения основное внимание уделено модулю Geodesist. С использованием программного обеспечения Trimble GNSS Planning запланировано GPS-наблюдение и получено прогнозные данные о вероятной расчетной точности. Произведен комплекс разновременных измерений на пункте государственной геодезической сети, координаты которого определены линейно-угловыми построениями и спутниковыми методами с использованием профессионального оборудования. Сравнение позволило определить диапазон точности используемых мобильных средств. Таким образом, подтверждено целесообразность использования мобильных устройств для наземных геодезических наблюдений как средств сбора пространственных данных для среднemasштабного топографического и тематического картографирования.

Ключевые слова: А-GPS; GNSS; GPS; ГНСС; геолокация; позиционирование; местоположение; навигация.

T. Hutsul, PhD Geography, Assistant Professor

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine,

D. Prodanyuk, PhD Student

Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

DETERMINING THE ACCURACY OF MOBILE NAVIGATION REGARDING THE DATA OF GEODETIC OBSERVATIONS

The comprehensive development of the mobile communication network in the segment of high-speed Internet coverage of almost the entire territory of the country forms the preconditions for the use of A-GPS technology. There is a tendency of rapid growth of accuracy and availability of mobile devices equipped with GNSS modules for ordinary users. The positioning process using mobile communications and A-GPS technology is considered. It is established that despite of similar studies, the question of the range of accuracy of the coordinates obtained by mobile means remains insufficiently disclosed. Device manufacturers indicate the probability of reducing the accuracy of measurements only in the event of interference (areas of tall woody vegetation and buildings). Mechanisms for obtaining spatial data for mobile devices running the Android operating system are considered. Determining the coordinates of individual points is an urgent geodetic task, the results of which can be used, in particular, for thematic mapping of events and phenomena. After all, for operational thematic mapping, the question of how to obtain the original data in a relatively short time remains open. The use of mobile devices as a means of collecting, editing and storing data in the field in real time optimizes the further process of operational mapping, and brings mobile devices closer to GIS collectors. The experimental part of the study was conducted using mobile devices from different manufacturers at one of the points of the state geodetic network. With a significant number of location applications, the focus is on the Geodesist module. Given its convenient tools for basic geodetic calculations, a variety of formats for entering and displaying coordinates, angles and possible ways to export the results. Using Trimble GNSS Planning software, GPS observations were scheduled and forecast data were obtained during the observation date for probable calculated accuracy. A set of measurements of different times was carried out, including with the use of mobile Internet at the point of the state geodetic network, the coordinates of which were determined by geodetic surveys and satellite methods with the use of professional equipment. The comparison allowed to determine the range of accuracy and justify the influence of various factors on it. Thus, the expediency of using mobile devices for ground geodetic observations as a means of collecting spatial data for medium-scale topographic and thematic mapping has been confirmed.

Keywords: A-GPS; GNSS; GPS; GNSS; geolocation; positioning; location; navigation.