

УДК 528.921

## ОСОБЛИВОСТІ КАРТОГРАФУВАННЯ ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ

**К. Прядка**

Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна

**Р. Ванчура**

Національний університет “Львівська політехніка”

**Ключові слова:** ГНСС, лісовпорядкування, картографування, виділи, лісове господарство.

### Постановка проблеми

Ліси є найважливішим компонентом біосфери, вони відіграють важливу роль як стабілізатор природного середовища. За потенціалом біологічної продуктивності лісам належить провідне місце на Землі. За даними ФАО [8], у світі складається складна обстановка через нерівномірне розміщення запасів деревини, що підтверджується зменшенням площі найдоступніших лісів, вичерпанням у них запасів цінної деревини і необхідністю освоєння все віддаленіших районів.

Нерівномірність розміщення лісів і невідповідність їх місцям споживання, поряд зі збільшенням обсягів використання ресурсу, вимагає ретельного аналізу стану і динаміки лісових ресурсів у регіональному плані. Ліси відіграють провідну роль у формуванні та регулюванні стану біосфери та її якісних показників. Всі зазначені особливості вимагають нових методів оцінювання стану лісів, їхніх компонентів та динаміки.

Всі ці умови враховує й українське галузеве законодавство. Згідно з розділом 4 Лісового кодексу України, завдання організації лісового господарства – забезпечувати ведення лісового господарства на засадах сталого розвитку з урахуванням природних і економічних умов, цільового призначення, лісорослинних умов, породного складу лісів, а також функцій, які вони виконують.

Отже, залишаються лише проблеми, пов'язані із безпосереднім збиранням інформації та картографуванням, за відсутності чітко визначеної методики збирання інформації. У результаті лісовпорядкування здійснюється з використанням невідповідних технічних засобів, тоді як вимоги ведення знімання диктують необхідність використання сучасних ГНСС-технологій, що мають певні особливості функціонування у лісових умовах.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Питання удосконалення системи програмно-апаратного оброблення сигналу в несприятливих умовах розглянуто у низці публікацій і вітчизняних, і зарубіжних авторів. Проблема підвищення точності ГНСС-знімання вивчає А. В. Поляков [6], одні з перших дослідів з оцінювання точності GPS проводили В. П. Бабак, А. А. Жаліло, В. М. Кондратюк [4], застосування ГНСС для вирішення завдань високоточного навігаційного і топогеодезичного забезпечення військових користувачів розглянуто у публікації Ю. В. Резнікова та А. В. Полякова [6].

Перспективи та інновації у сфері розвитку космічного та наземного сегментів GPS висвітлено у публікаціях зарубіжних авторів, представників NASA: Лорі Кейсі [1], Туї Май [3].

Безпосередньо питання посилення потужності GPS сигналу розглянуто в окремій публікації дослідників Університету Нового Південного Уельсу (Австралія) [2].

### Невирішені частини загальної проблеми

Для виконання поставлених перед лісовим господарством завдань необхідний великий обсяг актуальних даних про стан лісових екосистем, їхніх компонентів, лісового фонду, на основі яких повинні вироблятися і прийматися оптимальні рішення щодо багатопільового використання лісових ресурсів. Однак інформаційне забезпечення органів лісового господарства та інших зацікавлених установ та відомств про стан лісового фонду все ще далеке від досконалості. Практично немає лісових середньомасштабних тематичних карт. Традиційні засоби і методи отримання інформації сьогодні вже не забезпечують оперативний контроль за станом лісів, динамікою лісового фонду, діяльністю із заготівлі лісу. Для вирішення проблеми потрібна нова наукова і технічна база, в основу якої мають бути покладені новітні методи картографування лісів з використанням технології аерознімання, цифрових знімків та ГІС-технології, наповнені актуальною інформацією. Традиційні методи комплексного тематичного картографування з використанням дистанційного зондування не забезпечують достатньої наочності для порівняння змісту карт. Отже, невирішеною частиною загальної проблеми є вибір загальнодоступного та найпростішого способу збирання вихідної інформації та уніфікація формату цих даних для подальшого їх оброблення та використання кінцевим споживачем [5].

### Постановка завдання

Відповідно до визначених проблем, завданням статті є розкриття особливостей збирання картографічної інформації із застосуванням ГНСС-знімання. Практичну частину аналізованої інформації отримано в результаті проведення знімання для лісовпорядних потреб одного з лісових господарств Вінницької області.

### Виклад основного матеріалу проблеми

Картографування лісової рослинності та створення серії лісових карт різних масштабів і призначення належать до розряду тематичної картографії, є складовою частиною геоботанічного картографування. Основна його мета – дати уявлення про географічне розміщення лісів, особливості їхньої формаційно-типологічної структури,

про динаміку лісових біогеоценозів, зумовлену господарським впливом (вирубання лісу, трансформація угідь, лісовідновлення) і суцесійними процесами, спричиненими широкомасштабними змінами екологічних умов (осушувальна меліорація, забруднення навколишнього середовища тощо).

Лісові карти необхідні для інвентаризації лісового фонду, планування розвитку лісового господарства та використання лісових ресурсів, реєстрації поточних змін, обґрунтування ефективної трансформації земельних угідь, раціонального розміщення мережі природоохоронних об'єктів, розроблення заходів з охорони навколишнього середовища загалом.

Основною створення лісових карт є легенда, розроблена з урахуванням апробованих і широкозастосовуваних у практиці новітніх класифікацій та районування лісової рослинності, що відображають зональні риси її формування та розвитку, а також узагальнення накопиченого великого картографічного та експериментального матеріалу.

У лісовій справі найпоширенішим є горизонтальне знімання, особливо під час лісовпорядкувальних робіт, коли необхідно встановити зовнішні межі, провести знімання внутрішньої ситуації, розділити лісовий масив на квартали, прокласти в них візири тощо.

У повсякденній роботі лісових фахівців знімання застосовується для відведення лісосік, ділянок, зайнятих культурами, сільськогосподарськими угіддями, пустирями, згарищами тощо. Знімання рельєфу здійснюється під час проектування лісоінженерних та лісомеліоративних споруд. У практиці лісового господарства найчастіше доводиться вирішувати завдання побудови плану місцевості. Для цього використовують різні методи геодезичного знімання: аерознімання або наземне знімання. Найчастіше в повсякденній лісогосподарській діяльності працівникам лісгоспів доводиться мати справу з геодезичним зніманням, виконуваним методом обходу. Основним кутомірним інструментом у руках лісників продовжує залишатися бусоль, гоніометр та теодоліт.

У порядку експериментальної роботи із залучення сучасних ГНСС-технологій у процесі лісовпорядкування на базі Державного підприємства "Вінницьке лісове господарство" проведено знімання з використанням геодезичного приймача LeicaGS16 (рис. 1).

Короткі технічні характеристики наведено у табл. 1.

Таблиця 1

### Технічні характеристики приймача LeicaGS16

Супутникові технології	
Захоплення сигналу	
Супутникові канали:	555 каналів
Доступні сигнали:	GPS, GLONASS, Galileo, Beidou
Точність різних режимів знімання:	
Режим RTK (Real-time cinematic)	Hz 8 мм + 1 ppm / V 15 мм + 1 ppm
У режимі постопрацювання	Hz 3 мм + 0,1 ppm / V 3,5 мм + 0,4 ppm
Диференційний режим (кодове рішення)	Стандартно 25 см

Примітки: Hz – точність планових координат; V – точність висотної координати; ppm – похибка на кілометр вимірів, мм.

Знімання проводилось у несприятливих умовах листяного лісу на пересіченій місцевості, тому найгострішою проблемою була втрата сигналу мобільного зв'язку для отримання диференційних поправок, тоді як оновлені конструктивні особливості антени забезпечували безперервний зв'язок із супутниками, найкращим показником було оброблення сигналу від 18 супутників.

Враховуючи відсутність покриття мобільної мережі, під час знімання було випробувано сервіс SmartLink, на основі якого корекція даних ГНСС передається з використанням допоміжного угруповання супутників TerraStar, які відрізняються від звичайних ГНСС-супутників.

Сутність роботи сервісу SmartLink полягає у тому, що якщо під час роботи з даними в режимі RTK (або від однієї базової станції, або в мережі RTK) дані RTK втрачаються (перехід з діапазону однієї базової станції або втрата бездротового з'єднання з мережею CDMA/GSM), можливо продовжити роботу з позиційною точністю (2D) до  $\pm 3$  см, але тільки до 10 хв.

У разі використання сервісу SmartLink дані для корекції передаються від супутників функціонального доповнення, які отримують приймачем за допомогою вмонтованого датчика GS. Сервіс коригування TerraStar обчислює і передає корекції даних для супутників функціонального доповнення [10].

Передані дані корекції містять інформацію про супутникові орбіти і часові параметри систем GPS і ГЛОНАСС. Саме ці дані, які використовуються для обчислення SmartLink, коригують позиції всередині датчика GS.

На додаток до цієї корекції даних, датчик GS використовує інформацію про стан поверхні Землі й атмосферної моделі, щоб усунути основні невизначеності в оцінці точки. Згодом вплив помилок моделей оцінюють і поліпшують так, що GS16 може обчислити положення у межах  $\pm 10$  см (2D) через 10 хв після під'єднання сервісу. Приблизно через 20 хв після того GS забезпечує найточніше положення SmartLink з відхиленням  $\pm 3$  см (2D) [9].

На основі опису запропонованого сервісу виконано тестову перевірку точності з мінімальним використанням під'єднання до наявної мережі RTK, в результаті якої визначено показники якості отриманих координат (рис. 2–5).

Аналізуючи схеми, отримані в результаті практичного дослідження, відзначимо такі тенденції:

рис. 2 – під час контрольного випробування та роботи в звичайному RTK режимі спостерігається типова ситуація високоточного знімання (1), показники якого після хвилинної відсутності диференційних поправок (2) знижуються до навігаційного значення (3);

рис. 3 – під час знімання у RTK режимі (1) відбувається ініціалізація сервісу SmartLink (2), що без використання диференційних поправок та прямої видимості достатньої кількості супутників (використовувалось у заліснених ярах) діє впродовж 10 хв, з високою точністю. Враховуючи технічні особливості, через 10 хв повинно відбутися повторне підключення, що за його відсутності означає

поступову втрату точності (3), (4) та перехід до навігаційної точності (5);

рис. 4 – за відсутності зв'язку із мінімально необхідною для роботи кількістю супутників можуть спостерігатися скорочені сесії роботи з сервісом SmartLink (2), у разі відсутності зв'язку з мінімально необхідною кількістю супутників упродовж певного строку (3) точність знімання знижується до навігаційної;

рис. 5 – за відсутності зв'язку із мінімально необхідною для роботи кількістю супутників прогнозована точність знижується до навігаційної (4), проте у випадку успішної ініціалізації сервіс продовжує функціонувати (5).

За результатами оброблення отриманих польових даних у прикладному ПЗ Infinity 2.1 отримано детальний звіт про якість знімання (рис. 6) та візуалізовано результативний план знімання (рис. 7).

Отже, враховуючи необхідність оновлення інформації про стан лісового господарства, потреба використання ГНСС-приймачів є безумовною, оскільки вони є найпростішим та найшвидшим засобом обліку великих територій. Беручи до уваги особливості об'єкта картографування, можна стверджувати, що на точність знімання впливають кілька факторів, серед них породи лісу, в якому

здійснюється знімання, рельєф місцевості та тип приймача, яким знімають. Методика лісовпорядкування не регламентує використання одно- чи двочастотних приймачів під час лісовпорядкових робіт, а це означає, що вибір приймача повністю покладається на суб'єктів господарства. Використання ГНСС-приймачів у несприятливих лісових умовах ставить специфічні обмеження. Виконавці часто вимушені відкладати знімання на період, коли немає листя на деревах, через складність постопрацювання даних для непрофесіоналів галузі геодезії та надання переваги зніманню у режимі RTK.



Рис. 1. Геодезичний приймач Leica GS16

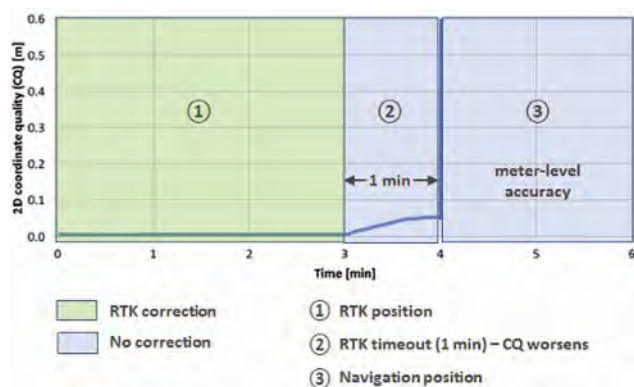


Рис. 2. Прогнозована якість у разі використання звичайних RTK поправок

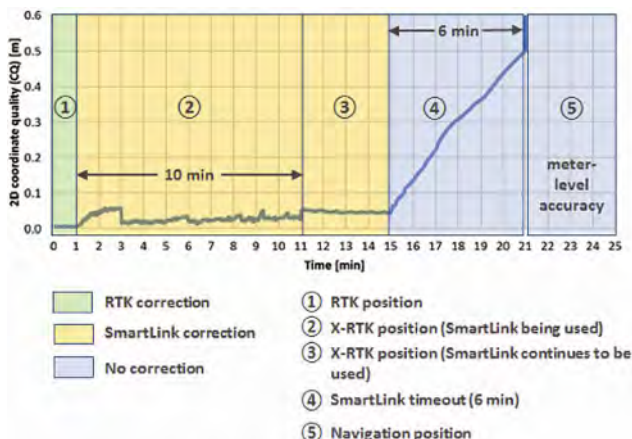


Рис. 3. Прогнозована якість у разі використання RTK поправок та сервісу SmartLink

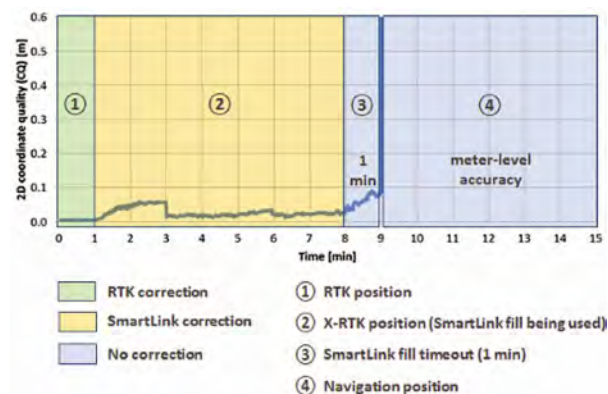


Рис. 4. Прогнозована якість у разі припинення роботи SmartLink

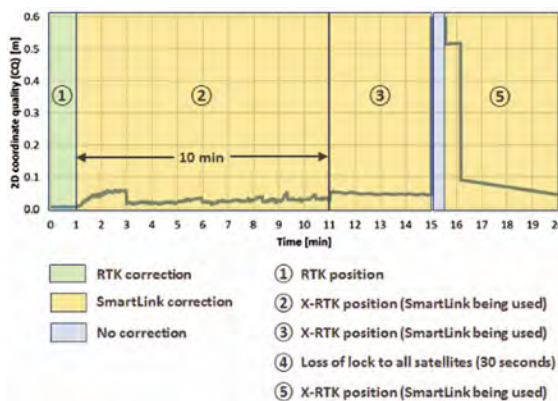


Рис. 5. Прогнозована якість у разі тимчасової втрати сигналу SmartLink

**Leica Geosystems AG**  
Heinrich Wild Strasse  
CH-9435 Heerbrugg  
St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131  
Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be **right**



## Отчет о точках

Отчет создан: 27/12/2016 17:47:07

### Информация о проекте

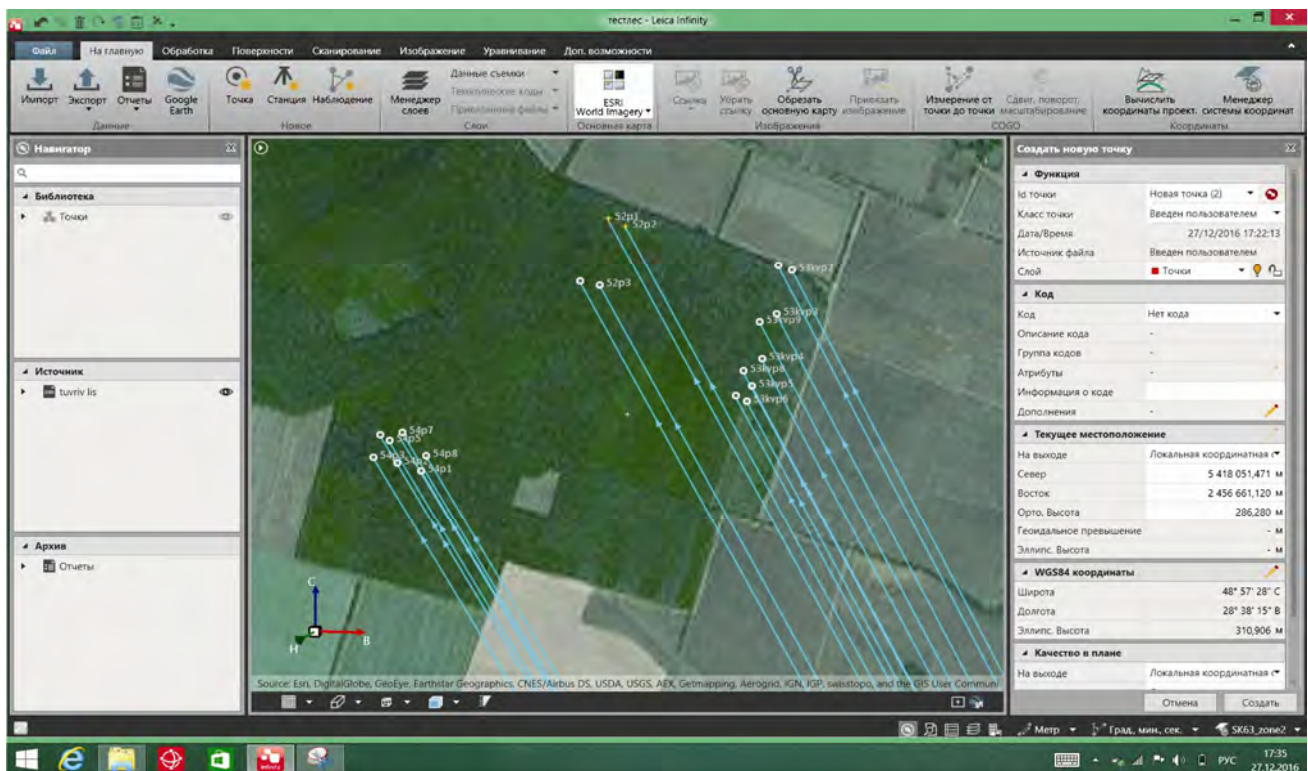
Общие сведения		Сведения о клиенте		Мастер систем координат	
Имя проекта:	тестлес	Имя клиента:	-	Имя системы координат:	SK63_zone2
Владелец:	-	Контактное лицо:	-	Тип Трансформации:	Классическая 3D
Последний пользователь:	-	Число:	-	Остаточное распределение:	Нет
Дата создания:	27/12/2016 17:06:07	Email:	-	Эллипсоид:	Krassowski
Последний доступ:	27/12/2016 17:06:08	Skype:	-	Тип проекции:	Поперечная Меркатора
Прикладное ПО	Infinity 2.1	Сайт:	-	Модель геоида:	-
				Модель CSCS:	-

Расположение: C:\Users\Andrej\Desktop\тестлес\тестлес.iprj  
Размер: 1,6 МБ  
Примечания: -

### Итог

#	Идентификатор (ID) точки	Класс точки	Север [м]	Восток [м]	Высота [м]	Код	Группа кодов	Описание кода	Атрибуты кода	Дата/Время
1	7p1	Измеренный GNSS код в RTK	5 431 368,940	2 450 247,833	-					10/10/2016 15:47:06
2	7p2	Измеренный GNSS код в RTK	5 431 504,967	2 450 049,353	-					10/10/2016 15:50:47
3	7p3	Измеренный GNSS код в RTK	5 431 516,837	2 450 056,969	-					10/10/2016 15:52:04
4	7p4	Измеренный GNSS код в RTK	5 431 434,702	2 450 166,249	-					10/10/2016 15:55:30
5	7p5	Измеренный GNSS код в RTK	5 431 448,859	2 450 195,698	-					10/10/2016 15:58:27
6	7p6	Измеренный GNSS код в RTK	5 431 475,364	2 450 218,927	-					10/10/2016 16:01:48
7	7p7	Измеренный GNSS код в RTK	5 431 418,187	2 450 282,566	-					10/10/2016 16:04:48
8	52p1	Измеренная GNSS фаза в RTK	5 418 507,298	2 455 857,795	-					10/10/2016 12:43:39
9	52p2	Измеренная GNSS фаза в RTK	5 418 471,808	2 455 941,617	-					10/10/2016 12:46:15
10	52p3	Измеренный GNSS код в RTK	5 418 171,680	2 455 819,546	-					10/10/2016 12:55:20

Рис. 6. Фрагмент звіту проведеного знімання, сформованого прикладним ПЗ Infinity 2.1



The screenshot shows the Leica Infinity software interface. The main window displays a satellite map with several survey points marked as blue circles with labels like 52p1, 52p2, 52p3, 53kyp1, etc. Lines connect these points to a central location. On the right side, there is a 'Создать новую точку' (Create new point) panel with various fields for point identification, coordinates, and quality. The bottom status bar shows the current coordinate system as SK63\_zone2 and the date as 27.12.2016.

Рис. 7. Фрагмент плану проведеного знімання в Тиврівському лісництві (сформовано ПЗ Infinity 2.1)

Однак сьогодні існують засоби непрямих диференційних поправок, такі як TerraStar та OmniStar, що дають змогу отримати результат, котрий перебуває у межах допуску точності, що необхідно для проведення знімання у процесах лісовпорядкування.

### Висновки

1. У зв'язку з модернізацією галузі та переходом до точніших засобів ведення облікової інформації картографічна інформація, що використовується у процесах лісовпорядкування, потребує оновлення.

2. Польове збирання картографічної інформації у лісових умовах має специфічні обмеження під час виконання ГНСС-знімання.

3. Практичне дослідження підтвердило фактичну можливість проведення знімання без застосування режиму постопрацювання із задовільною якістю.

4. Результати дослідження можуть бути корисні для спеціалістів галузі лісового господарства, оскільки дають змогу модернізувати та прискорити процеси ведення господарства.

5. Враховуючи швидкий розвиток систем глобального позиціонування GALILEO та BeiDou, що вже працюють у тестовому режимі, актуальним є продовження дослідження, щоб з'ясувати вплив збільшеної кількості супутників на якість збирання інформації у несприятливих лісових умовах.

### Література

1. Keesey L. Navigator Technology Takes GPS to a New High / Keesey Lori// NASA official website. – URL: <http://www.nasa.gov/topics/technology/features/navigator-gps.html>
2. Rizos C. Locata: A Positioning System for Indoor and Outdoor Applications Where GNSS Does Not Work / Chris Rizos // Proceedings of the 18th Association of Public Authority Surveyors Conference (APAS 2013). Canberra, Australian Capital Territory, Australia, 12–14 March, 2013. – URL: <http://www.locata.com/wp-content/uploads/2013/07/Prof-Rizos-UNSW-Public-Authority-Surveyors-Conference-12-14-March-2013.pdf>.
3. Thuy M. Global Positioning System Future / Thuy Mai // NASA official website. – URL: [http://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS\\_Future.html](http://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS_Future.html).
4. Бабак В. П. Експериментальна оцінка точності GPS навігації та геодезичної зйомки в м. Києві з використанням диференціальних VBS, НР-корекцій [Текст] / В. П. Бабак, А. А. Жаліло, В. М. Кондратюк, В. В. Конін, В. Г. Сушко, В. П. Харченко, Д. А. Шелковенко, В. М. Шокало ; “Національний авіаційний університет”, “Харківський національний університет радіоелектроніки”, 2007.
5. Ефременко П. Е. Специализированное ГНСС-оборудование для сбора ГИС-данных / П. Е. Ефременко, А. И. Горб // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2011. – Вип. II (22). – С. 82–86.
6. Резніков Ю. В. Оцінювання точності супутникових навігаційних визначень в режимі кінематики реального часу для вирішення завдань військових споживачів / Ю. В. Резніков, А. В. Поляков, Є. А. Сметана // Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України. – 2013. – № 3(12). – С. 132–134.
7. Рудакова Ю. Л. Выполнение съёмки в режиме RTK по GPRS каналам / Ю. Л. Рудакова // Инновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами: матер. Междунар. конфер. – Алматы, 2012. – С. 182–187.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations. – <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
9. SmartLink and SmartLink fill. – <http://surveying-wiki.leica-geosystems.com/xwiki/bin/view/Be+Captivated+v2/SmartLink+and+SmartLink+fill>.
10. TerraStar – satellite correction service — <http://surveying-wiki.leica-geosystems.com/xwiki/bin/view/Be+Captivated+v2/TerraStar>

### Особливості картографування лісогосподарського комплексу

К. Прядка, Р. Ванчура

Розглянуто проблему здійснення геодезичного знімання для потреб картографування лісів з використанням супутникових технологій у несприятливих умовах листяного лісу, проведено польове дослідження впливу середовища на якість отриманих даних, досліджено технічний спосіб покращення якості приймання сигналу в режимі реального часу.

### Особенности картографирования лесохозяйственного комплекса

К. Прядка, Р. Ванчура

Рассмотрена проблема осуществления геодезической съёмки для задач картографирования лесов с использованием спутниковых технологий в неблагоприятных условиях лиственного леса, проведено полевое исследование влияния среды на качество полученных данных, исследован технический способ улучшения качества приема сигнала в режиме реального времени.

### Features the complex mapping of forestry

K. Pryadka, R. Vanchura

Consider the problem of implementation surveying for the purposes of removal mapping using satellite technology in disadvantaged deciduous forest, provides field study conducted environmental impact on the quality of the data, studied technical means of improving the quality of signal in real time.