

РАЗРАБОТКА МЕТОДА МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ «ЦИФРОВОЙ ЗАМОК»

Романюк Юлия Анатольевна

Доцент кафедры «Инженерная геоматика»

Ташкентский архитектурно строительный университет

Ташкент, Узбекистан, E-mail: y.romanyuk@taqu.uz

Yuliya Anatolyevna Romanuk

Muhandislik geomatikasi kafedrasi dotsenti

Toshkent arxitektura va qurilish universiteti

Toshkent, O'zbekiston

Yulia Anatolyevna Romanuk

Associate Professor, Department of Engineering Geomatics

Tashkent University of Architecture and Civil Engineering

Tashkent, Uzbekistan

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20712161>

Аннотация. В статье представлен метод «Цифровой замок» (Digital Lock) для мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, направленный на повышение оперативности, достоверности и юридической значимости контроля. Метод основан на шестиуровневом алгоритме: ретроспективный анализ космоснимков → БПЛА- и GNSS-съёмка → калибровка в NanoCAD → векторизация в AutoCAD/ArcGIS → блокчейн-фиксация хэша SHA-256 → публикация на Геопортале. Апробация на махалле «Абай» (86 га) показала: сокращение полевых работ с 14 дней до 1,5 часа, обработки данных с 16 до 6 часов, снижение затрат на оплату труда на 88%. При разрешении ортофотоплана 0,05 м достоверность определения границ и площадей достигла 99%. Новизна в блокчейн-фиксации пространственных данных, обеспечивающей юридическую неизменяемость результатов. Метод рекомендован к внедрению в кадастровых органах и хокимиятах Ташкентской области.

Ключевые слова: мониторинг земель, сельские населённые пункты, «Цифровой замок», Digital Lock, БПЛА, GNSS, NanoCAD, блокчейн, SHA-256, ортофотоплан, самозахват земель.

Annotatsiya. Ushbu maqolada qishloq xo'jaligi yerlarini monitoring qilishning samaradorligi, ishonchligi va huquqiy ahamiyatini oshirishga qaratilgan "Raqamli qulflash" usuli taqdim etilgan. Usul olti darajali algoritmgaga asoslangan: sun'iy yo'ldosh tasvirlarining retrospektiv tahlili → UAV va GNSS tadqiqotlari → NanoCAD da kalibrlash → AutoCAD/ArcGIS da vektorizatsiya → blokcheyn asosidagi SHA-256 xesh fiksatsiyasi → Geoportalda nashr etish. Abay mahallasida (86 gektar) o'tkazilgan sinovlar dala ishlarining 14 kundan 1,5 soatgacha, ma'lumotlarni qayta ishlashning 16 soatdan 6 soatgacha va mehnat xarajatlarining 88% ga kamayganligini ko'rsatdi. 0,05 m ortofotoxarita aniqligi bilan chegara va maydonni aniqlashning aniqligi 99% ga yetdi. Ushbu yangilik natijalarning huquqiy o'zgarishligini ta'minlaydigan fazoviy ma'lumotlarni blokcheyn asosida fiksatsiya qilishda yotadi. Usul Toshkent viloyati kadastr organlari va hokimliklarida joriy etish uchun tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: yer monitoringi, qishloq aholi punktlari, Raqamli qulf, UAV, GNSS, NanoCAD, blokcheyn, SHA-256, ortofotoxarita, yerlarni egallash.

Abstract. This article presents the "Digital Lock" method for monitoring agricultural land, aimed at increasing the efficiency, reliability, and legal significance of control. The method is

based on a six-level algorithm: retrospective analysis of satellite images → UAV and GNSS surveys → calibration in NanoCAD → vectorization in AutoCAD/ArcGIS → blockchain-based SHA-256 hash fixation → publication on the Geoportal. Testing in the Abay mahalla (86 hectares) demonstrated a reduction in fieldwork from 14 days to 1.5 hours, data processing from 16 to 6 hours, and an 88% reduction in labor costs. With an orthophotomap resolution of 0.05 m, the accuracy of boundary and area determination reached 99%. This innovation lies in the blockchain-based fixation of spatial data, which ensures the legal immutability of the results. The method is recommended for implementation in cadastral authorities and khokimiyats of the Tashkent region.

Keywords: land monitoring, rural settlements, Digital Lock, UAV, GNSS, NanoCAD, blockchain, SHA-256, orthophotomap, land squatting.

Введение. В условиях стремительно усиливающейся урбанизации сельские территории испытывают всё возрастающее антропогенное давление. Согласно прогнозам United Nations, к 2050 году площадь земель, занятых сельскими населёнными пунктами, возрастёт как минимум на 30%, главным образом за счёт сокращения орошаемых сельскохозяйственных угодий, представляющих собой наиболее ценный и продуктивный земельный ресурс. По данным Food and Agriculture Organization, ежегодно в мире под застройку выводится от 1,5 до 2,0 млн га пахотных земель. При этом наибольшая часть этих потерь приходится на сельские населённые пункты, где системы мониторинга и контроля землепользования остаются недостаточно развитыми [1].

В Республике Узбекистан традиционные методы мониторинга (тахеометрическая съёмка, эпизодические проверки) дают достоверность не выше 70–85%, не позволяют своевременно выявлять самозахваты и нецелевое использование земель [4]. Недостаточная интеграция данных в рамках единой цифровой платформы, а также отсутствие детализированной классификации земель сельских населённых пунктов обуславливают необходимость разработки современных подходов к их мониторингу. Такие подходы должны основываться на комплексном использовании передовых технологий, включая дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), беспилотные летательные аппараты (БПЛА), глобальные навигационные спутниковые системы (GNSS), геоинформационные системы (ГИС) и технологии распределённых реестров (блокчейн) [2, 3].

Цель данного исследования заключается в разработке и практической апробации усовершенствованного метода мониторинга земель сельских населённых пунктов — «Цифровой замок» (Digital Lock), направленного на повышение достоверности получаемых данных до 99%, снижение трудоёмкости мониторинговых работ и обеспечение юридически значимой и неоспоримой фиксации их результатов.

Методы исследования. Разработанный метод «Цифровой замок» представляет собой шестиуровневый алгоритм (рис. 1):

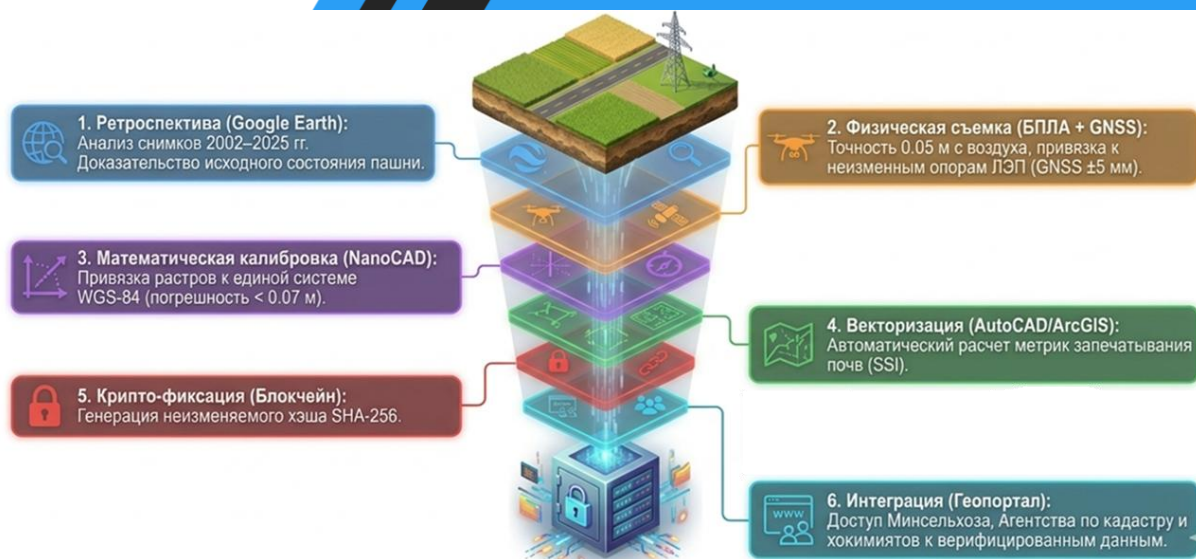


Рис. 1. Метод «Цифровой замок»

Уровень 1. Ретроспективный анализ. Проводится анализ космических снимков, полученных с использованием программного обеспечения Google Earth Pro, за период 2002–2025 гг. с пространственным разрешением 0,5–1 м. Цель анализа заключается в выявлении динамики территориальных изменений в пределах сельских населённых пунктов, обнаружении «горячих точек» — участков новой застройки, ликвидации оросительных каналов и случаев самовольного занятия земель, а также в обосновании и планировании последующей детальной съёмки исследуемой территории [5].

Уровень 2. Аэрофотосъёмка с БПЛА. Для получения высокоточных пространственных данных применяется квадрокоптер DJI Phantom 4 Pro Plus. Аэрофотосъёмка выполняется с высоты 100 м при пространственном разрешении 0,05 м и продольном/поперечном перекрытии снимков 70%. В результате формируется массив исходных изображений, который используется для последующего создания ортофотоплана и трёхмерной модели исследуемой территории [3, 5].

Уровень 3. Наземная GNSS-съёмка. Одновременно с аэрофотосъёмкой выполняется съёмка опорных точек (столбы ЛЭП, углы капитальных строений) GNSS-приёмником Stonex S6II. Точность в плане составляет ± 5 мм + 0,5 мм/км СКО, что обеспечивает высокую геопривязку.

Уровень 4. Калибровка растров в NanoCAD. Ортофотоплан калибруется по координатам опорных GNSS-точек в программе NanoCAD (модуль «Растр»). Метод калибровки — Bilinear (выбирается автоматически), среднеквадратическая погрешность (СКП) после калибровки составляет не более 0,07 м.

Уровень 5. Векторизация и анализ в AutoCAD/ArcGIS. На основе откалиброванного ортофотоплана создаётся цифровой топографический план масштаба 1:2000. С использованием усовершенствованной классификации выделяются 9 территориальных зон (жилая застройка, приусадебные участки, общественно-деловые, производственные, инженерной инфраструктуры, рекреационные, особо охраняемые, водного фонда, кладбище) [2].

Уровень 6. Блокчейн-фиксация и загрузка на Геопортал. Вычисляется криптографический хэш SHA-256 топографического плана (координаты поворотных

точек, площади, атрибуты, временная метка, идентификатор исполнителя). Хэш записывается в распределённый реестр (блокчейн), после чего данные загружаются на Геопортал Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан.

Апробация метода проведена на махалле «Абай» Куйи Чирчикского района Ташкентской области (площадь 86,0 га). Объект выбран как типичный сельский населённый пункт с преобладанием приусадебного землепользования (66,7% от общей площади) и наличием неоформленных земельных участков [5].

Результаты исследования. В результате апробации разработанного метода «Цифровой замок» на махалле «Абай» получены следующие количественные показатели.

Таблица 1

Сравнительная эффективность традиционного и разработанного методов мониторинга

Показатель	Традиционный метод (тахеометрия)	Разработанный метод «Цифровой замок»
Время полевых работ (на 86 га)	14 дней	1,5 часа (сокращение в 224 раза)
Обработка данных	16 часов	6 часов
Фонд оплаты труда	7,2 млн сумов	850 тыс. сумов (экономия 88%)
Достоверность данных	70–85%	99%
Разрешение ортофотоплана	—	0,05 м
Юридическая защита результатов	отсутствует	блокчейн-фиксация хэша SHA-256
Ретроспективный анализ	отсутствует	доступен (2002–2025 гг.)

Полученный ортофотоплан с разрешением 0,05 м позволяет идентифицировать границы отдельных приусадебных участков, строения, дороги, элементы оросительной сети. Построенная 3D-модель даёт возможность визуализировать рельеф и объёмные характеристики застройки.

Верификация достоверности проведена путём сопоставления данных ортофотоплана с контрольными GNSS-измерениями по 8 контрольным точкам. Расхождение не превысило 0,10 м, что соответствует требованиям к топографическим планам масштаба 1:2000 (допустимая СКП — 0,20 м).

Впервые для мониторинга земель СНП применена блокчейн-фиксация хэша SHA-256. Это обеспечивает:

- неизменность результатов: любое последующее изменение топоплана изменяет хэш, и блокчейн фиксирует факт подмены;
- юридическую значимость временной метки: время съёмки криптографически подтверждено;
- аудиторский след: любой уполномоченный орган может проверить соответствие текущих кадастровых данных эталонным.

Обсуждение. Разработанный метод «Цифровой замок» устраняет основные недостатки традиционных методов мониторинга. Если тахеометрическая съёмка обеспечивает высокую точность, но чрезвычайно трудоёмка, а GPS-съёмка быстрее, но ограничена условиями местности, то предложенный метод интегрирует преимущества всех подходов: обзорность и ретроспективу космических снимков, детальность и оперативность БПЛА, точность GNSS-верификации.

Ключевым отличием является блокчейн-фиксация результатов. В традиционной практике акт проверки существует на бумаге и может быть оспорен. Хэш SHA-256, записанный в распределённый реестр, создаёт юридически неопровержимое доказательство состояния земельного участка на момент съёмки. Это особенно важно для защиты сельскохозяйственных земель от незаконного перевода под застройку: если на актуальном ортофотоплане зафиксировано начало строительства на бывшем поле, а в блокчейне сохранён хэш предыдущей съёмки, суд получает объективное доказательство нарушения.

Экономическая эффективность метода подтверждена расчётами: экономия фонда оплаты труда на одном объекте (86 га) составляет 6,35 млн сумов (88%). При масштабировании на Ташкентскую область (830 СНП) годовая экономия только на оплате труда землеустроителей достигает 150–200 млн сумов.

Заключение. Разработан и апробирован усовершенствованный метод мониторинга земель сельских населённых пунктов «Цифровой замок» (Digital Lock), представляющий собой шестиуровневый алгоритм, интегрирующий ретроспективный анализ космических снимков, БПЛА-съёмку, GNSS-измерения, калибровку в NanoCAD, векторизацию в AutoCAD/ArcGIS, блокчейн-фиксацию хэша SHA-256 и загрузку на Геопортал.

Апробация на махалле «Абай» (86,0 га) показала: сокращение времени полевых работ в 224 раза; сокращение обработки данных с 16 до 6 часов; экономию фонда оплаты труда 88%; повышение достоверности данных до 99%; разрешение ортофотоплана 0,05 м; впервые обеспеченную юридическую защиту результатов (блокчейн-фиксация).

Метод «Цифровой замок» рекомендуется к внедрению в практическую деятельность кадастровых органов, хокимиятов и сельскохозяйственных управлений Ташкентской области и других регионов Республики Узбекистан.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. FAO. 2025. The State of Food and Agriculture 2025: Addressing land degradation across landholding scales. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd7067en>
2. Земельный кодекс Республики Узбекистан. № 598-I от 30.04.98 г. (с изм. от 18.07.2024).
3. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 658 от 15.11.2022 г. «О дополнительных мерах по регулированию использования беспилотных летательных аппаратов в Республике Узбекистан».
4. Тураев Р.А. Совершенствование методики проведения мониторинга орошаемых земель: дис. ... д.б.н. Ташкент, 2021. 206 с.
5. Абдуллаев Т.М., Романюк Ю.А. Применение авиационных съёмочных систем при ведении мониторинга земель сельских населённых пунктов // Материалы республиканской научно-практической конференции. Ташкент, 2022. С. 137–143.