

IL CONTRIBUTO DELLA GEOMATICA PER LO STUDIO E IL CENSIMENTO DELLE FORTIFICAZIONI, L'ANALISI SPAZIALE E L'INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Domenico Sguerso, Ilaria Ferrando e Sara Gagliolo

Domenico Sguerso, Ilaria Ferrando e Sara Gagliolo Professori-ricercatori di Topografia e Cartografia Scuola Politecnica, Università di Genova, Laboratorio di Geodesia, Geomatica e GIS Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA). Eugenio Berrino, laureando cui va un particolare ringraziamento per la realizzazione dei rilievi fotogrammetrici sintetici e per l'elaborazione 3D, a JPDroni srl per le operazioni di rilievo in campagna e allo spin off dell'Università di Genova Gter srl nella persona di Roberta Fagandini per la pubblicazione su piattaforma Web.




Sinossi

Le competenze geomatiche, espresse mediante tecniche fotogrammetriche integrate, rappresentano uno strumento essenziale per un approccio interdisciplinare allo studio del patrimonio culturale, volto alla sua conoscenza geometricamente e tematicamente corretta.

Parole chiave: Rilievo metrico, fotogrammetria da drone, rilevamento sintetico, competenze geomatiche

La tutela del patrimonio culturale, attività fondamentale per preservare le molteplici forme di testimonianza del passato quale punto di slancio per costruire il futuro, è un processo articolato in varie fasi, che vede coinvolte svariate discipline e competenze, tra le quali la geomatica svolge un ruolo chiave. La geomatica infatti è quella disciplina che si occupa del rilevamento, monitoraggio e analisi dell'ambiente e del costruito, da un punto di vista metrico e tematico, al fine di acquisire un prodotto 3D (tipicamente sotto-forma di nuvola di punti o mesh), prestando particolare attenzione al controllo della qualità dei risultati ottenuti, rendendo inoltre fruibili le informazioni da esso derivate. Tali informazioni dovranno essere georiferite, localizzando quindi l'oggetto di studio nella corretta posizione spaziale, permettendone il cosiddetto inquadramento cartografico. In questa sede, particolare interesse è rivolto al rilevamento delle fortificazioni genovesi, opere architettoniche di notevole importanza strategica e storica. Il censimento di tali strutture ne rappresenta una prima fase conoscitiva, utile a comprendere quali siano le migliori strategie per preservarle e valorizzarle. Tale censimento non può quindi prescindere dal rilevamento di tali opere, dalla loro ricostruzione metricamente e tematicamente corretta, dalla loro georeferenziazione e fruizione. Gli sviluppi tecnologici agevolano sempre più le fasi di rilievo e di elaborazione, ottimizzandone i tempi di realizzazione e talvolta semplificandone le operazioni, ma è bene sottolineare come il rigore metodologico e l'analisi statistica siano elementi essenziali per una verifica di qualità dell'intero processo di produzione, dalla progettazione del rilievo alla rappresentazione dello stesso.

Un buon rilievo rappresenta infatti una preziosa base di partenza per lo studio di un'opera, tanto dal punto di vista strutturale quanto da quello architettonico e conservativo; esso costituisce inoltre uno schema conoscitivo utile per la modellazione dell'opera, anche semplificata, che ne permetta una rappresentazione gradevole e fruibile dal pubblico non esperto, ad esempio mediante il rendering. La conoscenza dell'opera, nel senso di cui sopra, in particolare delle fortificazioni genovesi nel mondo mediterraneo, è uno degli elementi chiave per compilare e arricchire le schede di censimento utili allo studio delle stesse. In questo contesto è stata utilizzata la metodologia di rilevamento fotogrammetrico da drone, tecnica che permette il rilievo di oggetti 3D a partire da immagini stereoscopiche (o in generale da più immagini che vedano lo stesso oggetto) ottenute mediante volo appositamente realizzato con appoggio topografico satellitare GNSS/GPS per un corretto inquadramento. Tale tecnica è stata applicata al Forte Puin della cinta muraria genovese. È interessante notare un'ulteriore possibilità da utilizzarsi

-  **N°1** mediante volo sintetico realizzato a partire da Google Earth (Fig. 1), che permette di ottenere stando nel proprio laboratorio una conoscenza di geometrie e tematismi sufficientemente affidabili per una
-  **N°2** prima fase del censimento. In Fig. 2 è riportato un confronto tra le dimensioni rilevate mediante volo
-  **N°3** fotogrammetrico sintetico e mediante campagna di misura del Forte Puin, mentre in Fig. 3 è riportato un particolare di finestra rilevato in campagna, non visibile nel rilievo fotogrammetrico sintetico, evidenziando l'utilità di quest'ultimo esclusivamente per un inquadramento generale della fortificazione.

In Fig. 4 sono riportati alcuni monumenti genovesi: la Lanterna, Porta Soprana e Forte Puin. I risultati ottenuti sono stati infine pubblicati su piattaforma informatica per permetterne la fruizione anche da utenti non esperti, dando la possibilità di effettuare misure ed interrogazioni tramite web. Sarà così possibile riportare nella scheda del censimento, alla voce relativa all'inquadramento tecnico dell'opera, link alla piattaforma web che metta a disposizione le informazioni 3D dell'area, quale rilievo di inquadramento integrato con la cartografia tecnica esistente ed il dettaglio derivante dal rilevamento (sintetico o in campagna) dell'opera, raggiungibile anche attraverso QR code (Fig. 5).

 N°4

 N°5

THE CONTRIBUTION OF GEOMATICS FOR THE STUDY AND CENSUS OF FORTIFICATIONS, SPATIAL ANALYSIS AND CARTOGRAPHIC FRAMEWORK

Domenico Sguerso, Ilaria Ferrando e Sara Gagliolo

Domenico Sguerso, Ilaria Ferrando e Sara Gagliolo Professor-researchers of Topography and Cartography Polytechnic School, University of Genoa, Laboratory of Geodesy, Geomatics and GIS Department of Civil, Chemical and Environmental Engineering (DICCA). Eugenio Berrino, graduate student to whom special thanks go for the realization of the synthetic photogrammetric surveys and for the 3D processing, to JPDroni srl for the survey operations in the countryside and to the spin-off of the University of Genoa Gter srl in the person of Roberta Fagandini for publication on the Web platform.

Synopsis

Geomatic skills, expressed through integrated photogrammetric techniques, represent an essential tool for an interdisciplinary approach to the study of cultural heritage, aimed at its geometrically and thematically correct knowledge.

Keywords: Metric survey, drone photogrammetry, synthetic survey, geomatic skills

The protection of the Cultural Heritage represents a fundamental activity to preserve the multiple forms of evidence of the past and the starting point. It is a process divided into several stages, involving various disciplines and expertise, including Geomatics, that plays a key role. Indeed, Geomatics is the discipline that deals with the survey, monitoring and analysis of the natural and the built environments, from the metric and the thematic points of view, in order to acquire a 3D product (typically point clouds or meshes), paying particular attention to the control of the quality of the obtained results, giving also the possibility to make the deriving information available. This information must be geo-referenced, thus locating the object of interest in its correct spatial position, allowing the so-called cartographic framing. In this context, particular interest is devoted to the survey of the Genoese fortifications, architectural works of considerable strategic and historical importance. The census of these structures represents an initial cognitive phase, which results useful to understand the best strategies to preserve and enhance them. Therefore, this census cannot disregard the survey phase of these architectural works, their metric and thematically correct reconstruction, their georeferencing and fruition. The recent technological developments increasingly facilitate the survey and processing phases, optimizing the time needed to carry out the survey and, sometimes, simplifying the operations. Anyway, it should be stressed that the methodological rigor and the statistical analysis are essential elements to perform a quality control of the entire production process, from the design of the survey to its representation.

In facts, a good survey represents a precious starting point for the study of a work, from structural, architectural and conservative points of view. Moreover, it constitutes a useful cognitive scheme for the modelling of the architectural work, even if simplified, which allows a pleasant representation and usable also by the non-expert public, for example through rendering. In this sense, the knowledge of the architectural work, in particular of the Genoese fortifications in the Mediterranean world, is one of the key elements to compile and enrich the census forms, which are useful for their study. In this context, the photogrammetric survey performed by UAV (Unmanned Aerial Vehicles) was employed. This technique allows the survey of 3D objects starting from stereoscopic images (or, in general, from several images that represent the same object) obtained by means of a properly performed flight, supported by GNSS (Global Navigation Satellite System) survey for a correct framing.

This technique was employed to survey Forte Puin in the Genoese city walls. It is interesting to note

- 📷 **N°1** a further possibility of survey, obtained by means of a synthetic flight realized from Google Earth (Fig. 1), which makes possible to obtain a knowledge of geometries and themes sufficiently reliable for a
- 📷 **N°2** first phase of the census, directly in one's own laboratory, avoiding the field survey. Fig. 2 shows a comparison between the dimensions surveyed by means of synthetic photogrammetric flight and by
- 📷 **N°3** means of the Forte Puin measurement campaign, while Fig. 3 shows a detail of a window surveyed in the countryside, not visible in the synthetic photogrammetric survey, highlighting its usefulness exclusively for a general survey of the fortification, which should be deepened in a specific survey campaign.

Fig. 4 shows some Genoese monuments: the Lantern, Porta Soprana and Forte Puin. Finally, the obtained results were published on a web platform so that they can be viewed and enjoyed also by non-expert users, giving the possibility to carry out measurements and queries through the web. In this way, the link to the web platform can be inserted in the census form in the proper section related to the technical classification of the architectural work. The presence of this link makes available the 3D information of the area, as a framing of the survey, integrating the existing technical and detail cartography deriving from the survey (synthetic or in field), also accessible through QR code (Fig. 5).

 N°4

 N°5

**ВКЛАД ГЕОМАТИКИ В ИЗУЧЕНИЕ И ПЕРЕПИСЬ УКРЕПЛЕНИЙ,
ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ И КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ПОДХОД**
Доменико Сгуреро, Илария Феррандо и Сара Гальоло

Доменико Сгуреро, Илария Феррандо и Сара Гальоло Доценты-исследователи Топографии и Картографии Политехнической школы, Университет г. Генуи, Лаборатория геодезии, геоматики и GIS - Департамент гражданской, химической и экологической инженерии (DICCA). Благодарность студенту-дипломнику Эудженио Беррино, который провел виртуальную фотограмметрическую съемку и 3D-обработку материала, компании JPDroni srl; которая выполнила съемку на местности, спин-оффу Университета г. Генуи Gter srl, в лице Роберты Фагандини, опубликовавшей материалы на Веб-платформе.




Синописис



Геоматические навыки, выраженные с помощью интегрированных фотограмметрических методов, представляют собой важный инструмент для междисциплинарного подхода к изучению культурного наследия, направленного на получение геометрически и тематически верных знаний.

Ключевые слова: Метрическая съемка, фотограмметрия с дрона, синтетическая съемка, геоматические навыки

Защита культурного наследия, фундаментальная деятельность по сохранению многих форм, свидетельствующих о прошлом, являющихся импульсом для построения будущего, - это процесс, разделенный на различные фазы, включающий в себя различные дисциплины и навыки, среди которых геоматика играет ключевую роль. Фактически, геоматика - это дисциплина, которая занимается обнаружением, мониторингом и анализом окружающей среды и построения, с метрической и тематической точек зрения, трехмерного продукта (обычно в виде облака точек или штрихов) с уделением особого внимания контролю качества полученных результатов, и созданию доступа к информации для пользователей. Данная информация должна иметь географическую привязку, таким образом, объект исследования необходимо зафиксировать в правильном пространственном положении, что позволяет получить так называемое картографическое обрамление. Здесь особый интерес направлен на осмотр генуэзских укреплений, архитектурных сооружений, имеющих важное стратегическое и историческое значение. Перепись этих структур представляет собой первую когнитивную фазу, полезную для понимания наилучших стратегий их сохранения и развития. Таким образом, перепись не может игнорировать обзор этих объектов, их правильную с метрической и тематической точек зрения реконструкцию, их географическую привязку и использование. Развитие технологий все больше облегчают этапы исследования и обработки, оптимизируя время реализации, а иногда и упрощая операции, но следует подчеркнуть, что методологическая строгость и статистический анализ являются важными элементами для проверки качества всего процесса производства, от проектирования замеров до его представления. Фактически, хороший обмер представляет собой ценную отправную точку для изучения объекта как со структурной точки зрения, так и с точки зрения архитектуры и сохранности; он также представляет собой когнитивную схему, полезную для моделирования работы, даже в упрощенном виде, которая обеспечивает приятное и удобное представление для неспециалистов, например, путем рендеринга.

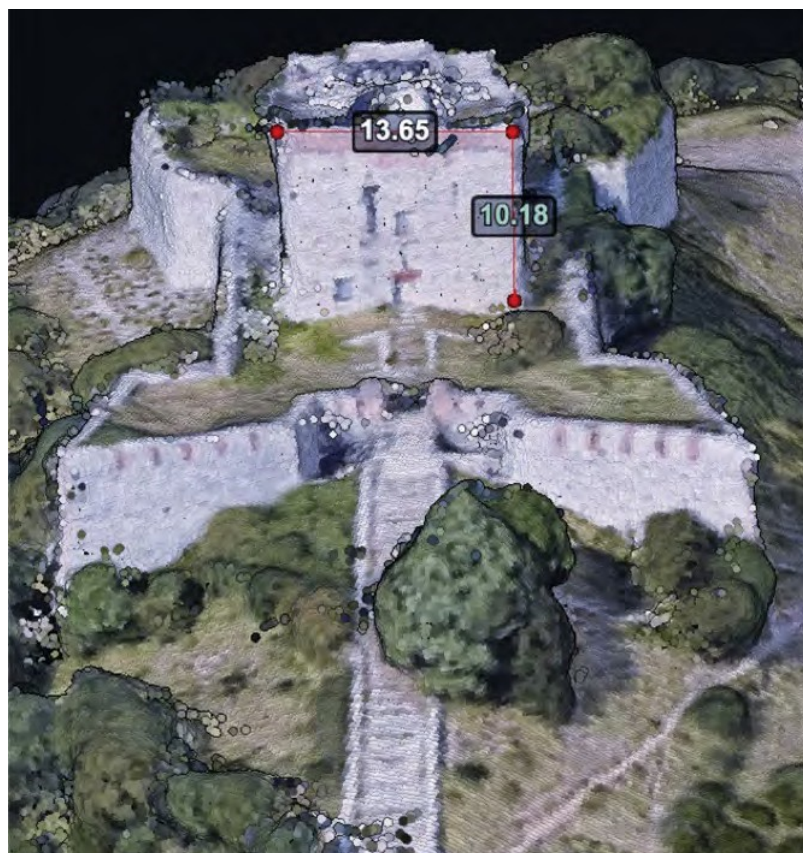
Знание объекта в указанном выше смысле, в частности генуэзских укреплений в Средиземноморье, является одним из ключевых элементов для составления и обогащения паспортов объектов, полезных для их изучения. В этом контексте использовалась методология фотограмметрической съемки с дронов - методика, которая позволяет производить съемку трехмерных объектов, исходя из стереоскопических изображений (или в целом из нескольких изображений, на которых представлен один и тот же объект), выполненных с высоты специально созданного полета, с помощью спутниковой топографической поддержки GNSS/GPS для правильного кадрирования. Эта техника была применена к Форту Пуин генуэзских городских стен.

Интересно отметить еще одну возможность использования виртуального полета с использованием Google Earth (ил. 1), который позволяет получить достаточно надежные знания геометрии и тематики в вашей собственной лаборатории на первом этапе переписи. На ил.2 представлено сравнение размеров, полученных виртуальным фотограмметрическим полетом и путем измерений форта Пуин, а ил.3 представляет деталь окна, обнаруженного при съемке на местности, невидимого для виртуальной фотограмметрической съемки, тем самым подчеркивая полезность последнего исключительно для общего контура фортификации.  N°1  N°2  N°3

На ил. 4 представлены некоторые генуэзские памятники: маяк Ла Лантерна, Ворота города Порты Сопрана и Форт Пуин. По окончании работ полученные результаты были опубликованы на ИТ-платформе, открывшей к ним доступ даже для неопытных пользователей и предоставившей возможность проводить измерения и запросы через Интернет. Таким образом, можно будет представить паспорт переписи в пункте, содержащем техническую классификацию объекта, ссылку на веб-платформу, которая делает доступной трехмерную информацию о местности в виде кадрирования обзора, интегрированного в существующую техническую картографию, и деталей, полученных при съемке (виртуальной или реальной) объекта, доступного по QR-коду (ил. 5).  N°4  N°5



📷 N°1 Fig. 1 Vista del Forte Puin (Genova) oggetto di rilievo fotogrammetrico (sinistra) e operazioni di rilevamento con drone (destra)
📷 N°1 Fig. 1 View of Forte Puin (Genoa) object of the photogrammetric survey (left) and measurement campaign by UAV (right)
📷 N°1 Рис. 1 Вид на Forte Puin (Генуя), являющийся объектом фотограмметрической съемки (слева)



📷 N°2 Fig. 2 Confronto tra informazioni geometriche (in metri) derivanti da rilievo fotogrammetrico sintetico (sinistra) e rilievo in campagna (destra) del Forte Puin (Genova)
📷 N°2 Fig. 2 Comparison between geometric information (in meters) from the synthetic photogrammetric survey (left) and in-field survey (right) of Forte Puin (Genoa)
📷 N°2 Рис 2 Сравнение между геометрической информацией (в метрах), поступающей от синтетическая фотограмметрическая съемка (слева) и полевая съемка (справа) Forte Puin (Генуя)



📍 N°3

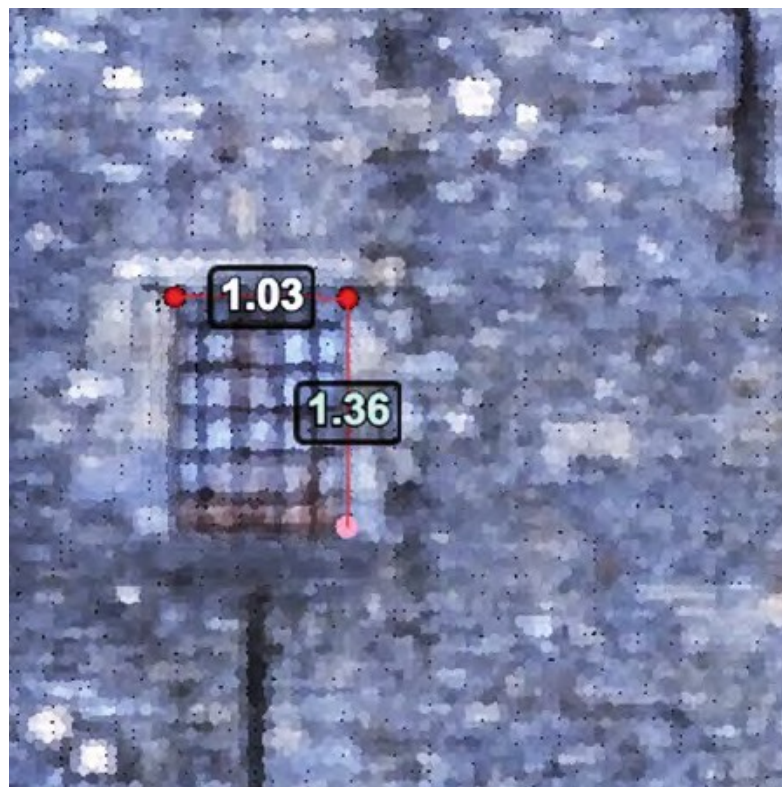
Fig. 3 Informazioni geometriche (in metri) di particolare del Forte Puin (Genova)derivanti da rilievo fotogrammetrico in campagna

📍 N°3

Fig. 3 Geometric information (in meters) of details of Forte Puin (Genoa)deriving from the in-field photogrammetric survey

📍 N°3

Рис. 3 Геометрическая информация (в метрах) Forte Puin (Генуя), полученная в результате фотограмметрической съемки



📍 N°4

Fig. 4 Modelli 3D di fortificazioni genovesi realizzate mediante rilievo fotogrammetrico sintetico a partire da Google Earth

📍 N°4

Fig. 4 3D models of Genoese fortifications obtained by means of thesynthetic photogrammetric survey from Google Earth


📍 N°4

Рис. 4 3D-модели генуэзских укреплений, полученные с помощью синтетической фотограмметрической съемки, полученной с Google Eart

3DHosting Gter I MODELLI

I MODELLI 3D

Seleziona il modello e comincia a navigarlo.



Porta Soprana



Lanterna



Forte Puin



Forte Puin - ad hoc



N°5

Fig. 5 Link alla pagina web <https://www.gter.it/3dhosting/unige/index.ph>



N°5

Fig. 5 Link to the web page <https://www.gter.it/3dhosting/unige/index.php>



N°5

Рис. 5 Ссылка на веб-страницу <https://www.gter.it/3dhosting/unige/index.php>