

GIANLUCA DEL MASTRO, FEDERICA NICOLARDI

## UNA NUOVA STAGIONE PER LA PAPIROLOGIA ERCOLANESE: LA *VESUVIUS CHALLENGE* E LO SVOLGIMENTO VIRTUALE DEI ROTOLI DELLA VILLA DEI PAPIRI

### ABSTRACT

Since their discovery in the *Villa dei Papiri*, the Herculaneum papyri, compressed and carbonized by the eruption of Mount Vesuvius in 79 AD, have always proven to be a big challenge to unroll. After centuries of efforts for mechanical unrolling, the still-rolled scrolls were long left untouched to preserve them and avoid the irreparable damage caused by invasive procedures. The virtual unwrapping of a Herculaneum papyrus stored at the *Académie des Inscriptions et Belles Lettres* opens up new prospects to unlock the texts that still remain hidden within the wraps of closed scrolls. Starting from the previous context and preliminary achievements, this paper provides an account of the virtual unwrapping of *PHercParis 4* in the framework of the Vesuvius Challenge, an international competition to read the unopened Herculaneum Papyri using machine learning and computer vision techniques.

### PRIMA DELLO SVOLGIMENTO VIRTUALE: BREVE *EXCURSUS* SUL SECOLO SCORSO

All'inizio del XX secolo, quando l'Officina dei papiri era sotto la guida di Domenico Bassi, si decise di interrompere, o meglio, di rinviare a data da destinarsi<sup>1</sup>, lo svolgimento dei papiri con la prodigiosa macchina di Piaggio che, dal 1754 e, in maniera praticamente ininterrotta fino a quel momento, aveva segnato la storia della riscoperta della biblioteca ercolanese. Solo per citare i due metodi più comuni di apertura dei rotoli, accanto a questo sistema, la scellerata «scorzatura» delle porzioni più esterne dei rotoli (le cui parti interne, i cosiddetti «midolli» venivano poi srotolate con la macchina) aveva portato alla realizzazione di molti disegni di colonne dei papiri di cui, però, venivano distrutti gli originali per ottenere

Il lavoro è stato concepito in pieno accordo dai due autori, che ne condividono la responsabilità. Nella stesura presente, i paragrafi *Prima dello svolgimento virtuale: breve excursus sul secolo scorso* e *Dai sistemi invasivi alla tomografia* sono stati curati da Gianluca Del Mastro, mentre i paragrafi *Le fasi dello svolgimento virtuale* e *Dai risultati preliminari al Grand Prize e oltre* sono stati curati da Federica Nicolardi.

<sup>1</sup> Cf. M. CAPASSO, *Domenico Bassi e i Papiri Ercolanesi. I: la vicenda della nomina a direttore dell'Officina e l'esordio alla guida dell'istituto (1906)*, in *Contributi alla Storia della Officina dei Papiri*, 3, a cura di M. CAPASSO, Napoli 2003, pp. 241-295.

nuovi strati da disegnare, fino al più esterno, detto, appunto «ultimo foglio» della «scorza»<sup>2</sup>.

Da quel momento, molti tentativi furono fatti per cercare di rivelare la scrittura negli oltre 600 tra rotoli e pezzi di rotoli, refrattari allo svolgimento con i metodi tradizionali, che restano ancora da svolgere nei cassetti dell'Officina presso la Biblioteca Nazionale di Napoli. Alcuni papiri furono inviati a istituzioni italiane e straniere per tentarne lo svolgimento<sup>3</sup>. Alcuni campioni e papiri interi furono dati, a più riprese, all'Istituto Centrale per la Patologia del Libro, fondato nel 1938 da Alfonso Gallo<sup>4</sup>. Anche al chimico Arnaldo Piutti e al restauratore tedesco Hugo Ibscher, che lavorava presso gli *Staatliche Museen* di Berlino, furono dati alcuni pezzi di papiri ercolanesi negli anni precedenti la Grande Guerra. Nel 1958 un'azienda *leader* della chimica italiana ed europea, la Montecatini, provò ad aprire alcuni pezzi di papiro, ma un forte impulso fu dato, subito dopo la creazione del Centro Internazionale per lo Studio dei Papiri Ercolanesi nel 1969, dalla visita a Napoli del bibliotecario viennese Anton Fackelmann, che aveva aperto con successo il papiro carbonizzato di Derveni. A Napoli, Fackelmann lavorò all'apertura di 24 papiri e al restauro di altri 15<sup>5</sup>, ma il suo sistema, a base di colle poliviniliche e sostanze estratte dalla stessa pianta del papiro, si è mostrato inefficace sui papiri ancora chiusi e più compatti. Dopo varie visite, sostenute e favorite dal CISPE, il norvegese Knut Kleve comunicò i primi risultati delle sue analisi sui papiri nel 1983 durante il XVII Congresso Internazionale di Papirologia di Napoli<sup>6</sup> e dal 1986 e, in maniera praticamente ininterrotta fino al 2001, con una *équipe* formata da tecnici e papirologi, svolse, parzialmente o completamente, circa 100 papiri con il sistema detto, comunemente, osloense<sup>7</sup>.

Alla base di questa tecnica era una soluzione di gelatina e acido acetico che ve-

<sup>2</sup> Cf. F. LONGO AURICCHIO – G. INDELLI – G. LEONE – G. DEL MASTRO, *La Villa dei Papiri. Una residenza antica e la sua biblioteca*, Roma 2020, pp. 59-66.

<sup>3</sup> Tutti i papiri usciti dall'Officina per essere svolti sono stati registrati in G. DEL MASTRO, *Il Catalogo descrittivo dei Papiri Ercolanesi*, «CERc» 40 (2010), pp. 215-222, part. pp. 220-222.

<sup>4</sup> Già nel 1937 due papiri erano stati inviati al laboratorio di restauro del libro di Grottaferrata, creato dallo stesso Alfonso Gallo. L'Istituto ha successivamente ottenuto alcuni pezzi di due papiri e due rotoli interi nel 1978 (cf. DEL MASTRO, cit.).

<sup>5</sup> A. FACKELMANN, *The Restoration of Herculeanum Papyri and Other Recent Finds*, «BICS» 17 (1970), pp. 144-147. F. SBORDONE, *Recenti tentativi di svolgimento dei papiri ercolanesi*, «CERc» 1 (1971), pp. 23-39.

<sup>6</sup> K. KLEVE, *A Possible Method of Unrolling Carbonized Scroll*, in Atti del XVII Congresso Internazionale di Papirologia (Napoli 19-26 maggio 1983), Napoli 1984, pp. 379-380.

<sup>7</sup> K. KLEVE – A. ANGELI – M. CAPASSO – B. FOSSE – R. JENSEN – F.C. STÖRMER, *Three technical guides to the Papyri of Herculeanum. How to unroll. How to remove Sovrapposti. How to take Pictures*, «CERc» 21 (1991), pp. 111-124; si vedano anche i report pubblicati in «CERc» 19 (1989), 22 (1992), 24 (1994), 30 (2000).

niva applicata sul *verso* del pezzo di papiro che doveva essere aperto. Alla fine del lavoro di svolgimento con la tecnica osloense, ogni papiro era frammentato in una miriade di pezzi la cui posizione originaria poteva essere ricostruita, con difficoltà e con poche garanzie di successo, grazie alle istantanee Polaroid che venivano scattate per ogni pezzo oggetto delle operazioni di «distacco». In una seconda fase del sistema, i diversi strati sovrapposti venivano staccati dai pezzi già aperti, mediante l'utilizzo di soluzioni alcooliche che erano applicate direttamente sulla parte scritta, ovvero sul *recto*. I risultati ottenuti con la tecnica osloense sono considerevoli: su più di tre quarti del materiale trattato appaiono tracce di scrittura e in più di sessanta casi su cento è possibile leggere sequenze di parole più o meno complete. Nel caso del *PHercParis 2*, uno dei sei papiri donati a Napoleone Bonaparte, trasportato e svolto a Napoli per iniziativa di Marcello Gigante, è stato letto per la prima volta il nome di Virgilio<sup>8</sup>. Il papiro contiene un testo *Sulla calunnia* (del complesso *Sui vizi e le virtù contrapposte*) in cui Filodemo si rivolgeva direttamente ai suoi amici Plozio Tucca, Quintilio Varo, Vario Rufo e, come si è detto, Virgilio.

All'inizio del secolo, in accordo con il Centro Internazionale per lo Studio dei Papiri Ercolanesi e la Biblioteca Nazionale di Napoli, il sistema di svolgimento osloense non fu più applicato: i papiri ancora chiusi erano molto refrattari ad ogni sistema meccanico e, in quelli sottoposti ad apertura, i sistemi invasivi creavano, per ogni papiro, un numero enorme di piccoli pezzi che non restituivano un testo continuo<sup>9</sup>. D'altra parte, il diffondersi delle nuove tecnologie e, soprattutto, delle nuove norme di tutela e conservazione non-invasiva dei beni culturali indicavano una nuova strada da seguire per la lettura dei rotoli ercolanesi non ancora svolti.

Il primo a parlare dell'utilizzo del computer per lo studio dei papiri ercolanesi era stato proprio Knut Kleve, già nel 1974<sup>10</sup>. Lo studioso, all'epoca, non pensava alla possibilità di aprire i rotoli chiusi, ma a quella di colmare le lacune dei papiri

<sup>8</sup> Cf. M. GIGANTE – M. CAPASSO, *Il ritorno di Virgilio a Ercolano*, «SIFC» terza serie, 7 (1989), pp. 3-6, e, più recentemente D. DELATTRE, *Le retour du PHerc. Paris 2 à l'Institut de France: un rouleau épicurien inédit en 279 fragments*, in *Comptes Rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 2004, pp. 1351-1391.

<sup>9</sup> Le attuali condizioni di conservazione di questi frammenti, fissati su piccoli fogli di carta giapponese, spesso ammassati in cornici metalliche frequentemente sovraffollate, non ne favoriscono una consultazione né una digitalizzazione sicure. Attività di restauro e fissaggio su supporti rigidi sono previste nell'ambito del progetto *The Digital Restoration of the Herculaneum Papyri*, diretto da W.B. Seales, in collaborazione con la Biblioteca Nazionale di Napoli "Vittorio Emanuele III" e sulla base delle indicazioni fornite dall'Istituto Centrale per la Patologia degli Archivi e del Libro (ICPAL): cf. W.B. SEALES – C. CHAPMAN – F. NICOLARDI – C.S. PARKER, *The Digital Restoration of the Herculaneum Papyri*, «CERC» 53 (2023), pp. 201-211, part. p. 206.

<sup>10</sup> K. KLEVE, *New Methods in the Study of Greek Papyri from Herculaneum*, in *Proceedings of XIV International Congress of Papyrologists*, Oxford 1975, pp. 201-203.

già aperti con i sistemi tradizionali, con l'aiuto di un *Lexicon Philodemeum*<sup>11</sup>, una raccolta dei testi su computer che doveva servire a rendere immediatamente accessibili agli studiosi i termini, propri del linguaggio filodemeo e, in generale, epico, che dovevano aiutare a restaurare le parti più lacunose dei papiri.

## DAI SISTEMI INVASIVI ALLA TOMOGRAFIA

In epoche recenti, le tecnologie più avanzate sono state utilizzate, innanzitutto, per realizzare immagini sempre più dettagliate dei papiri già aperti e per favorire la ricostruzione dei rotoli a partire dai *disiecta membra* presenti nell'Officina, sotto forma di originali oppure solo nei disegni sette-ottocenteschi<sup>12</sup>. Ma, fino al primo decennio del secolo, non erano stati intrapresi esperimenti concreti per leggere i papiri non ancora aperti. Marcello Gigante aveva più volte affermato che questa rivoluzione sarebbe avvenuta, prima o poi. Lo diceva da sognatore, ma anche sulla base concreta dell'esperienza, che lo aveva visto promotore e protagonista di tutti i successi della papirologia ercolanese nell'ultimo cinquantennio. È stato naturale, per il *team* della *Vesuvius Challenge* dedicare a lui il primo lavoro papirologico con le prime letture risultate dal papiro chiuso, oggetto della nuova scoperta<sup>13</sup>.

Fin dall'inizio del secolo, Brent Seales, professore di informatica presso l'Uni-

<sup>11</sup> Già VOOYS e VAN KREVELEN (C.J. VOOYS, *Lexicon Philodemeum. Pars Prior*, Purmerend 1934; C.J. VOOYS – D.A. VAN KREVELEN, *Lexicon Philodemeum. Pars Altera*, Amsterdam 1941) avevano stampato un lessico filodemeo. Il nuovo lessico si proponeva la creazione di un vero e proprio *database* capace di raccogliere dati testuali e offrire la possibilità di ricercare i termini contenuti nei papiri ercolanesi. Per la ricerca testuale, successivamente, è nato il *THV* (*Thesaurus Herculanensium Voluminum*) mentre, più recentemente, i testi ercolanesi sono confluiti nella piattaforma *papyri.info*. Cf. G. DEL MASTRO, *Il Thesaurus Herculanensium Voluminum* ([www.thvproject.it](http://www.thvproject.it)), in *Actes du XXVI Congrès International de Papyrologie*, a c. di P. SCHUBERT (Genève 2012), pp. 175-182.

<sup>12</sup> Cf. G. DEL MASTRO, *I papiri ercolanesi: tecnologie e prospettive della ricerca*, in *Segni, Studi in memoria di Riccardo De Biase*, Napoli 2023, pp. 113-130. Sulle tecniche di riproduzione si rimanda anche a F. NICOLARDI, *Le immagini digitali come strumento di conservazione e di valorizzazione: dai papiri ercolanesi agli archivi di documenti*, «Quaderni dell'Archivio Storico – Fondazione Banco di Napoli», n.s. 4 (2021), fasc. 1, pp. 33-49. Sulla più recente campagna di fotografia digitale dei papiri ercolanesi aperti, cf. SEALES – CHAPMAN – NICOLARDI – PARKER, cit. Sulla ricostruzione dei rotoli cf. M. D'ANGELO – F. NICOLARDI, *Dalla ricostruzione all'edizione dei papiri ercolanesi: problemi e proposte di presentazione e rappresentazione*, in *Tracing the Same Path, Tradizione e innovazione nella papirologia ercolanese/Tradition und Fortschritt der herkulanischen Papyrologie zwischen Deutschland und Italien*, a c. di M. D'ANGELO – H. ESSLER – F. NICOLARDI, settimo suppl. a «Cronache Ercolanesi», Napoli 2021, pp. 121– 138.

<sup>13</sup> F. NICOLARDI – S. PARSONS – D. DELATTRE – G. DEL MASTRO ET ALII, *Revealing Text from a Still-rolled Herculanum Papyrus Scroll* (PHerc.Paris. 4), «ZPE» 229 (2024), pp. 1-13, disponibile su <https://www.habelt.de/openaccess>.

versità del Kentucky, ha studiato le possibilità di restauro digitale dei manoscritti antichi attraverso tecnologie innovative<sup>14</sup>. In particolare, Seales ha esplorato e poi applicato con successo le possibilità offerte dalla scansione attraverso tomografia dei manoscritti chiusi, in cui la scrittura è nascosta a causa del deterioramento del materiale scrittoria. In questa direzione, egli ha applicato con successo la micro-CT (microtomografia computerizzata a raggi-X) a un rotolo chiuso trovato a En Gedi in Israele nel 1970 e contenente passi biblici del *Levitico*<sup>15</sup>. Fin dal 2007, Seales era entrato anche in contatto con Daniel Delattre (CNRS – IRHT, Parigi) e con il Centro Internazionale per lo Studio dei Papiri Ercolanesi ‘Marcello Gigante’ di Napoli. In particolare, lo studioso aveva lavorato con Daniel Delattre a Parigi per sperimentare la tecnica di micro scansione sui rotoli che erano stati donati a Napoleone nel 1802. I primi risultati di questi esperimenti furono pubblicati nella rivista *Cronache Ercolanesi* nel 2013<sup>16</sup>. L’analisi spettroscopica e altre tipologie di analisi correlate, condotte prevalentemente in America su alcuni frammenti aperti dei *PHercParis* 1 e 2, stabilì le caratteristiche fisiche del materiale papiraceo e determinò alcuni elementi che componevano l’inchiostro. Su altri due papiri chiusi (il *PHercParis* 3 e il *PHercParis* 4, quest’ultimo oggetto della recente lettura virtuale), furono realizzate nel 2019, presso il sincrotrone di Diamond Light Source, in Inghilterra, le vere e proprie scansioni tomografiche che evidenziarono, in primo luogo, la struttura interna del rotolo e permisero di ipotizzarne la lunghezza, tra 11 e 15 metri (confermata dalle più recenti indagini); la presenza nel rotolo di sabbia e altri materiali a base di silice; la presenza, tra gli strati del rotolo, di vere e proprie bolle d’aria. Le maggiori difficoltà, oggi finalmente in via di superamento, erano quelle legate alla «segmentazione», vale a dire alla individuazione e alla separazione degli strati, così come vengono identificati nell’immagine che risulta dalla scansione e, soprattutto, alla possibilità di far emergere l’inchiostro (la cosiddetta *ink detection*) che ha costituito il vero obiettivo della *Vesuvius Challenge*. Già in questa fase, come sembra evidente, si poteva intravedere il risultato straordinario che è stato raggiunto oggi.

<sup>14</sup> W.B. SEALES – Y. LIN, *Digital restoration using volumetric scanning*, in «JCDL» 2004 (*Proceedings of the 4th ACM/IEEE–CS joint conference on Digital Libraries*, June 2004), pp. 117-124.

<sup>15</sup> W.B. SEALES – C. S. PARKER – M. SEGAL – E. TOV – P. SHOR – Y. PORATH, *From damage to discovery via virtual unwrapping: Reading the scroll from En-Gedi*, «Science Advances» 2/9 (2016).

<sup>16</sup> W.B. SEALES – D. DELATTRE, *Virtual Unrolling of Carbonized Herculaneum Scrolls: Research Status (2007-2012)*, «CERc» 43 (2013), pp. 191-208. Già nel 2009, dopo aver analizzato alcuni pezzi dei papiri parigini in America, Seales aveva letto con Delattre una comunicazione all’Institut de France di Parigi dal titolo *Lire sans détruire les papyrus carbonisés d’Herculaneum* (apparsa nei «Cahiers de l’Académie», Aprile-Giugno 2009). Altri gruppi di studiosi, nello stesso periodo, condussero parallelamente diversi esperimenti di scansione dei rotoli in acceleratori di particelle, arrivando a risultati preliminari simili, ma senza ulteriori sviluppi.

## LE FASI DELLO SVOLGIMENTO VIRTUALE

La fase di scansione del rotolo non è sufficiente a leggerne il contenuto, ma si impone come condizione preliminare e necessaria per consentire l'avvio delle operazioni di svolgimento virtuale. Questo complesso procedimento include una serie di azioni digitali che nulla più hanno a che fare con l'oggetto materiale. Esso, infatti, una volta realizzata la scansione presso il sincrotrone, è pronto a tornare, esattamente nello stesso stato in cui si trovava prima dell'indagine a raggi X, nel suo luogo di conservazione. Tutto ciò che segue avviene esclusivamente sui dati di scansione acquisiti, che riproducono, in altissima risoluzione e in tre dimensioni, l'intera struttura esterna e interna del rotolo e registrano informazioni sulla densità dei diversi materiali presenti, come l'aria che, nonostante l'estrema coesione tra le spire, è presente tra uno strato e l'altro, ma anche la fibra di papiro, la polvere e i materiali derivanti dall'eruzione, l'inchiostro. Tutte queste informazioni, tuttavia, benché registrate, non sono visibili all'occhio umano.

Lo svolgimento virtuale può essere sostanzialmente suddiviso in tre differenti fasi.

La fase di *segmentation* ha l'obiettivo di individuare e isolare, a partire dalla scansione tridimensionale del rotolo, porzioni di papiro contigue appartenenti allo stesso strato. Le enormi difficoltà che questo procedimento comporta, a causa della condizione dei rotoli, richiedono che esso sia ancora in buona parte effettuato manualmente, benché supportato da alcune azioni automatizzate. Il prodotto di questa fase è una struttura tridimensionale che registra in dettaglio la forma della porzione di rotolo isolata.

Partendo da questo modello tridimensionale, le operazioni di *flattening* e *texturing* producono, poi, un'immagine 'appiattita', bidimensionale, sulla quale vengono trasferite le informazioni sulle diverse densità registrate dalla scansione, ottenendo così una rappresentazione estremamente accurata della struttura del papiro, delle fibre e persino di piccole irregolarità della superficie. Resta, però, ancora invisibile l'inchiostro.

Per rivelare le tracce di inchiostro presenti è necessario addestrare un sistema di *machine learning* che impari a riconoscere le minime variazioni di densità riscontrabili tra l'inchiostro e il substrato papiraceo e, quindi, a distinguere tra aree inchiostrate e aree non inchiostrate. Questo processo di intelligenza artificiale, detto *ink detection*, produce un'immagine sulla quale l'inchiostro è finalmente visibile.

## DAI RISULTATI PRELIMINARI AL *GRAND PRIZE* E OLTRE

Il primo svolgimento virtuale, praticato, come si è detto, su un rotolo di En Gedi, non aveva richiesto uno specifico processo di riconoscimento dell'inchiostro: l'in-

chiestro metallico con cui è vergato il testo in questo manoscritto, infatti, si distingueva notevolmente dal substrato già dopo le operazioni di *flattening* e *texturing*, in cui i punti inchiostrati apparivano più luminosi della superficie su cui si trovano. Lo stesso non si può dire per i papiri ercolanesi, scritti con inchiostri a base prevalente di carbonio<sup>17</sup>, elemento principale anche del materiale organico di cui sono costituiti i fogli che compongono i *volumina*. In questo caso, la sola differenza di densità non è immediatamente sufficiente a rendere l'inchiostro visibile. Uno studio, condotto nel 2019 dall'*équipe* EduceLab di Seales<sup>18</sup>, ha dimostrato per la prima volta la fattibilità del riconoscimento dell'inchiostro a base di carbonio a partire dai dati di micro-tomografia computerizzata di frammenti di papiri ercolanesi. In questa fase di sperimentazione metodologica, le attività hanno avuto come oggetto dei piccoli frammenti che mostravano scrittura sulla superficie visibile. Di tali frammenti sono state realizzate riproduzioni con due metodi differenti: fotografia a infrarossi, che, particolarmente efficace sull'inchiostro a base di carbonio, migliora notevolmente la leggibilità delle lettere; micro-CT, il cui prodotto tridimensionale, come si è detto, non rivela direttamente l'inchiostro. Le lettere visibili sulle fotografie a infrarossi hanno costituito la *ground truth*, ossia i dati noti su cui il modello di intelligenza artificiale è stato allenato, con lo scopo di addestrarlo a comprendere la differenza, in termini di densità, tra i punti che presentano inchiostro da quelli che ne sono privi. Lavorando su piccolissime regioni di un'immagine e basandosi su ciò che ha appreso dai dati noti, il sistema impara a fornire una risposta affermativa o negativa alla domanda se in un dato punto ci sia inchiostro. Il successo della sperimentazione, che ha ottenuto con l'intelligenza artificiale immagini compatibili con le fotografie a infrarossi, ha rappresentato un importante punto di svolta.

Dimostrata la fattibilità delle singole fasi dello svolgimento virtuale, tuttavia, rimaneva ancora da compiere il passo più grande: riuscire a compiere l'intero pro-

<sup>17</sup> Non mancano, però, i metalli negli inchiostri ercolanesi, come dimostrato da diversi studi, tra cui segnaliamo W.B. SEALES, *Lire sans détruire les papyrus carbonisés d'Herculaneum*, «Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres», 153, 2/2009, pp. 907-923; E. BRUN – M. COTTE – J. WRIGHT ET ALII, *Revealing Metallic Ink in Herculaneum Papyri*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences* 14.113, 2016, pp. 3751-3754; P. TACK – M. COTTE – S. BAUTERS ET ALII, *Tracking Ink Composition on Herculaneum Papyrus Scrolls: Quantification and Speciation of Lead by X-ray Based Techniques and Monte Carlo Simulations*, «Scientific Reports» 6 (2016), 20763; O. BONNEROT – G. DEL MASTRO – J. HAMMERSTAEDT ET ALII, *XRF Ink Analysis of Some Herculaneum Papyri*, «ZPE» 216 (2020), pp. 50 – 52.

<sup>18</sup> C. PARKER – S. PARSONS – J. BANDY ET ALII, *From Invisibility to Readability: Recovering the Ink of Herculaneum*, «PLOS ONE» 14.5 (2019), pp. 1–17 (10.1371/journal.pone.0215775); S. PARSONS, *Hard-Hearted Scrolls: A Noninvasive Method for Reading the Herculaneum Papyri*, Tesi di dottorato, Theses and Dissertation. Computer Science 138 (2023). [https://uknowledge.uky.edu/cs\\_etds/138](https://uknowledge.uky.edu/cs_etds/138).

cedimento su un rotolo ercolanese chiuso. Con quest'obiettivo, lo svolgimento virtuale si è spostato nella Silicon Valley, dove, da un'idea di Nat Friedman, è nata la *Vesuvius Challenge*, una competizione internazionale lanciata nel marzo 2023 dallo stesso Friedman con Brent Seales e Daniel Gross, basata su un sistema di premi di varia entità e su una comunità di partecipanti collaborativa e sostenuta da un ampio *team* tecnico e dall'*équipe* di EduceLab. Fin dal primo momento, le attività hanno richiesto la costituzione di un *team* papirologico di cui fanno parte, oltre agli autori di questo articolo, Daniel Delattre, Robert L. Fowler, Richard Janko e Tobias Reinhardt, e hanno comportato una stretta collaborazione con il Centro Internazionale per lo Studio dei Papiri Ercolanesi 'Marcello Gigante', di cui quattro dei sei esperti coinvolti sono membri. I risultati preliminari e i dati acquisiti dal gruppo del Kentucky sono stati messi a disposizione dell'intera comunità scientifica, stimolando la partecipazione di giovanissimi informatici di tutto il mondo. Alle scansioni dei rotoli inclusi nella *Challenge* fin dal primo momento, i *PHercParis* 3 e 4 dell'*Académie des Inscriptions et Belles Lettres* di Parigi, si sono poi aggiunte quelle di due piccole porzioni di rotoli conservate presso la Biblioteca Nazionale di Napoli "Vittorio Emanuele III", i *PHerc* 332 e 1667, sottoposti a micro-CT presso il sincrotrone di Diamond nel settembre del 2023.

La prima notizia che ha avuto ampia risonanza mediatica è stata l'assegnazione del *First Letters Prize* a Luke Farritor, uno dei partecipanti alla *Challenge*, nel mese di ottobre 2023<sup>19</sup>, per l'individuazione delle prime lettere dall'interno di *PHercParis* 4. Grande effetto faceva sul pubblico generale la lettura della parola greca *πορφύρα*, benché nulla ancora si potesse dire sul contesto in cui quel termine era utilizzato. Pochi giorni dopo aver ricevuto l'immagine di Farritor, il *team* tecnico e quello papirologico ricevevano una nuova immagine, elaborata da Youssef Nader, che mostrava porzioni di ben cinque colonne, ognuna della quali presentava circa 5-6 linee di testo greco<sup>20</sup>. Gli eventi concitati di quei giorni e il succedersi rapido di immagini di crescente leggibilità coincidevano con la conferenza *The Digital Restoration of Herculaneum Papyri*, tenutasi presso l'Università del Kentucky nei giorni 11 e 12 ottobre 2023 e divenuta occasione di lettura e discussione seminariale del nuovo testo rivelato.

I risultati del *First Letters Prize* erano stati preceduti da importanti acquisizioni preliminari da parte di altri partecipanti alla competizione, a cui erano stati assegnati premi intermedi. Tra questi si segnala la scoperta che ha dato luogo alla metodologia con cui sono state prodotte non solo le immagini di ottobre 2023, anche

<sup>19</sup> <https://scrollprize.org/firstletters>.

<sup>20</sup> I risultati di ottobre 2023 sono discussi in F. NICOLARDI – S. PARSONS – D. DELATTRE – G. DEL MASTRO ET ALII, cit. Nel contributo è fornita anche una trascrizione delle porzioni di testo rivelate da Youssef Nader.



quelle che lo scorso febbraio sono state annunciate vincitrici del *Grand Prize*. A uno dei *contestants*, Casey Handmer, dobbiamo la scoperta che in alcune porzioni del rotolo l'inchiostro risulta parzialmente e imprevedibilmente visibile, mostrandosi simile a un'incrostazione<sup>21</sup>. Questa importante acquisizione, a cui spesso si è fatto in seguito riferimento con l'espressione *crackle pattern*, ha consentito di addestrare l'algoritmo di identificazione dell'inchiostro direttamente all'interno del rotolo chiuso, utilizzando le tracce visibili come *ground truth*.

Alla fine di dicembre 2023 scadevano i termini del premio principale della *Vesuvius Challenge*, il *Grand Prize*, che richiedeva di rivelare il testo di quattro passi consecutivi del rotolo, ciascuno contenente almeno 140 caratteri con incertezza non superiore al 15%. Dopo le verifiche del *team* tecnico della *Vesuvius Challenge*, è iniziata la valutazione papirologica, svoltasi nel corso di due settimane. In primo luogo, a ciascun membro del *team* papirologico è stato chiesto di lavorare indipendentemente alla classificazione delle immagini inviate dai diversi partecipanti, sulla base di criteri generali tra i quali il grado di leggibilità generale, la nitidezza o al contrario la presenza di 'rumore' nell'immagine. Conclusa questa fase di valutazione comparativa, ciascun papirologo ha prodotto una trascrizione preliminare di tutto il testo rivelato, per consentire il conteggio dei caratteri e l'assegnazione del premio. Il gruppo risultato vincitore, costituito da Luke Farritor, Youssef Nader e Julian Schilliger, ha rivelato quindici colonne nella loro totale ampiezza, per un'altezza pari a un massimo di diciotto linee ciascuna, e l'estremità destra di una sedicesima colonna, per un totale di oltre duemila caratteri<sup>22</sup>.

Le colonne portate alla luce grazie all'intelligenza artificiale provengono dalla porzione finale del rotolo, includendo anche le ultime linee dell'opera. Il testo, vergato in una maiuscola databile tra il I secolo a.C. e il I secolo d.C., rivela un'opera non nota precedentemente, come tutte le altre opere ritrovate finora nei papiri ercolanesi svolti. Si tratta certamente di un testo filosofico, da riferire alla scuola epicurea, che si inserisce perfettamente, dunque, nel contesto noto della Biblioteca della Villa dei Papiri. I temi affrontati sono il piacere e i sensi e il testo non è privo di polemica contro filosofi avversari. Considerando il dato oggettivo secondo cui Filodemo di Gadara è l'autore più rappresentato nella Biblioteca della Villa e alcune caratteristiche linguistiche e formali<sup>23</sup>, è probabile che il Gadarese

<sup>21</sup> <https://scrollprize.org/grandprize#how-does-the-unrolling-work>.

<sup>22</sup> Una pubblicazione comprendente tutte le colonne rivelate nell'ambito del Grand Prize, a cura del gruppo papirologico della *Vesuvius Challenge*, sarà pubblicata nel prossimo numero della rivista «Cronache Ercolanesi».

<sup>23</sup> Sembra essere presente, però, un caso di iato, evitato di norma da Filodemo di Gadara. Il recupero di ulteriori porzioni di testo darà modo di verificare e approfondire le osservazioni di carattere linguistico e stilistico.

sia l'autore anche di questo testo, ma per il momento non ci sono elementi sufficienti per escludere altri filosofi epicurei. La porzione svolta virtualmente, che arriva fino all'ultima colonna del testo, non dovrebbe trovarsi distante dal titolo finale dell'opera, di cui si attende la scoperta. Del *PHercParis* 4 restano ancora da rivelare circa 12 metri, per ulteriori 145 colonne circa.

La possibilità di leggere i rotoli senza aprirli mette di fronte a prospettive del tutto nuove: non soltanto il potenziale recupero di centinaia di opere greche e latine finora perdute, ma anche la necessità di lavorare esclusivamente su oggetti digitali, che non possono essere verificati su un originale. Questo dato ha spinto e spinge a mettere in atto dei meccanismi di tutela dell'autenticità dei risultati acquisiti. In primo luogo, gli algoritmi di intelligenza artificiale applicati nella fase di individuazione dell'inchiostro non hanno lo scopo di leggere la scrittura, riconoscendo le forme di specifici caratteri, ma quello, come si è visto, di riconoscere le differenze di densità tra componenti diversi all'interno delle scansioni, basandosi, dunque, su un dato oggettivo e misurabile, piuttosto che su un'informazione soggetta a interpretazione ed errore. Un'altra garanzia di autenticità è stata fornita dal fatto che i partecipanti abbiano lavorato sulle stesse porzioni di rotolo e che i loro risultati, benché differenti in termini di qualità e leggibilità, siano risultati del tutto compatibili e non abbiano lasciato alcun dubbio sul fatto che riproducessero esattamente lo stesso testo. In fase di valutazione, inoltre, l'autenticità dei risultati è stata messa alla prova sia dal *team* tecnico, che ha verificato l'algoritmo ideato da ciascun gruppo riproducendone personalmente i risultati, sia dal *team* papirologico, che ha verificato la plausibilità delle forme e l'assenza di *pattern* ricorrenti, che sarebbero stati spia di irregolarità. Un'ulteriore conferma di accuratezza è stata fornita anche dal fatto che l'algoritmo non abbia rivelato solo caratteri alfabetici, ma anche segni, come la *paragraphos*, la *diplé* e l'*asteriskos*.

Per il 2024 la *Vesuvius Challenge* si pone l'obiettivo di rivelare il 90% del testo di tutti e quattro i rotoli sottoposti a scansione e di avanzare nell'automatizzazione della fase di segmentazione, in modo da rendere più agevole e spedito lo svolgimento virtuale.

Università della Campania "L. Vanvitelli"  
*gianluca.delmastro@unicampania.it*

Università degli Studi di Napoli Federico II  
*federica.nicolardi@unina.it*