

PROCEEDINGS OF
ARCHEOFOSS

FREE, LIBRE AND OPEN SOURCE SOFTWARE
E OPEN FORMAT NEI PROCESSI DI RICERCA
ARCHEOLOGICA

VIII EDIZIONE

CATANIA 2013

A cura di

Filippo Stanco e Giovanni Gallo



Archaeopress
Gordon House
276 Banbury Road
Oxford OX2 7ED

www.archaeopress.com

ISBN 978 1 78491 259 8
ISBN 978 1 78491 260 4 (e-Pdf)

© Archaeopress and the authors 2016

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying or otherwise, without the prior written permission of the copyright owners.

Comprendere e valorizzare il dato cronologico: dalle problematiche del progetto R.I.M.E.M. al progetto Datando

Diego Gnesi Bartolani, Umberto Moscatelli

This paper presents a new python library for managing date and time variables, named Datando. Datando can manage datetime variables in a range of +/- 5,000,000,000 years, with a precision of 10⁻⁶ seconds. With such a range and precision, Datando can be used by historians, archaeologists, physicians, and geologists.

Datando allows to convert date/time variables between different formats, to execute operations on these variables, to define time intervals and to execute operations on time intervals, as testing for equality or overlappings, also using a fuzzy approach.

The Datando library has carried out in the framework of the R.I.M.E.M. project (Ricerche Sugli Insediamenti Medievali dell'Entroterra delle Marche, Researches on the Medieval Settlements in the Inland of the Marche Region, Italy), leaded by the University of Macerata. This project requires the recording of all available data about medieval settlements (archaeological, historical and documental information), and the Datando library is used to manage and compare the cronologies of all these kinds of records.

La metodologia del progetto R.I.M.E.M. (Ricerche sugli Insediamenti Medievali nell'Entroterra delle Marche) prevede un utilizzo integrato di un ampio repertorio di fonti e strumenti necessari allo studio diacronico dei paesaggi storici (GNESTI et al. 2007; MOSCATELLI 2011, 2012 e 2013). L'approccio multidisciplinare ha ovviamente posto il gruppo di ricerca di fronte a una serie di problematiche insite nella diversità dell'apporto testimoniale delle diverse fonti, sia in ordine al loro livello di definizione, sia – per venire al tema di questo contributo – in rapporto alla collocazione cronologica delle fonti stesse o delle informazioni in esse contenute. La ricaduta di tali problematiche, peraltro, appare evidente soprattutto nel momento in cui, nell'ambito dei processi interpretativi, si tenta una coerente ricomposizione dei dati desunti dai diversi filoni della ricerca.

Tra questi ultimi, l'archeologia delle zone arate riveste un ruolo di primo piano per l'ingente quantità di reperti – prevalentemente ceramici – recuperati nel corso delle ricognizioni. In termini di gettito di materiali, infatti, il diverso indice di visibilità dei diversi periodi storici (l'alto medioevo ad esempio è quasi invisibile) ha suggerito il ricorso a una metodologia di indagine particolarmente intensiva, concretizzatasi nella tecnica della quadrettatura sistematica dei campi. Essa ha garantito il recupero di indicatori diagnostici che sicuramente sarebbero risultati indisponibili se fosse stato adottato un livello di intensità inferiore; tuttavia la maggioranza dei reperti si presenta molto frammentata a causa dello stress meccanico dovuto ai lavori agricoli, condizione che ne riduce sensibilmente le possibilità di inquadramento tipologico e cronologico, peraltro reso complesso da altre intrinseche difficoltà riconducibili alle scarse conoscenze che si possiedono sulle produzioni regionali postclassiche, soprattutto se prive di rivestimento, e alla carenza di dati stratigrafici (KONESTRA, MOSCATELLI, VIRGILI 2011). Spesso capita, pertanto, che le datazioni dei reperti si attestino su archi cronologici di una certa ampiezza, fatto che complica non poco il raccordo tra le indicazioni fornite dal *record* di superficie e quelle desumibili, ad esempio, dalle fonti documentarie o dall'edificato storico.

Le prime, a parte lacune riscontrabili per alcuni contesti territoriali, sono di solito disponibili in grande abbondanza e sono pure in grado di fornire informazioni il cui apporto testimoniale è qualitativamente e quantitativamente diverso da quello delle fonti archeologiche, essendo per molti aspetti più “denso”. Esse infatti sono ricchissime di riferimenti ad attività, gruppi sociali, cicli produttivi ecc. che risultano di fatto invisibili attraverso la sola lettura degli indicatori archeologici. Mi riferisco, ad esempio, agli spazi di lavoro destinati alla produzione del carbone, oppure alle attività legate alla tintura dei tessuti o alla concia delle pelli, alle attività siderurgiche, a quelle molitorie, a quelle estrattive, come pure all’insediamento sparso e via dicendo.

Ora, lasciando da parte i problemi connessi all’enorme impegno richiesto dallo spoglio sistematico dei dati d’archivio, alla loro lettura, alla georeferenziazione delle informazioni in esse contenute e dunque alla loro gestione all’interno di un sistema informativo territoriale in vista della sovrapposizione topologica con altre categorie di dati, veniamo agli aspetti strettamente collegati alla gestione del dato cronologico.

Normalmente le fonti archivistiche recano un’indicazione esatta della data in cui la fonte stessa è stata compilata. Così è – per quanto concerne la documentazione finora consultata – per le pergamene, i catasti medievali, gli atti notarili, gli elenchi dei fuochi, le visite pastorali, ecc. e per altre classi di documenti provviste di allegati grafici, come alcuni atti notarili e le matrici dei catasti rurali associate a mappe; tra di esse rientrano i catasti Gregoriano, Salimbeni e Devoti, per i quali è iniziato un lavoro di digitalizzazione finalizzata alla gestione G.I.S. (GNESI, MOSCATELLI 2008; RAVASCHIERI 2011).

Ciascuna delle fonti elencate contiene una serie di informazioni di vario genere: toponimi, antroponimi, rete stradale e insediativa, rete ecclesiastica e altro ancora, tutte di grande rilevanza ai fini della ricostruzione del paesaggio. Consideriamo ad esempio la seguente sequenza confinaria, contenuta in un documento datato al gennaio del 977 e appartenente al c.d. Codice 1030 dell’Archivio Diplomatico di Fermo:

[...] et in villa de Aspecto et in Fagiato Rotundo et in Sale Macine et in Caprafico et in pisa via [e Cammiano et in Castavia et in ipsa via de] Busonico et in Tilla et in Castavia grossa et in Colle Selvani et in [colle Alveresia] et in Mure Villa et in Fago Ranciata; et dedimus tibi a dicto Mainardo comes vel [dicta] generazione tua [omnia] ipsa res sancte nostre Firmane Ecclesie de fundo Marte et in fundo de Iuliano [et in No]va et in Furca et in campo de Viani [...]

Il passo citato, riportato secondo una trascrizione di Delio Pacini (PACINI 1996, p. 93), esemplifica solo una minima parte dei dati contenuti nel documento, dati che rendono conto dell’assetto di un ampio territorio dell’entroterra fermano nella seconda metà del X secolo e che pertanto rappresentano un fondamentale punto di riferimento per le indagini archeologiche.

Ora, proprio in vista del raccordo tra le diverse fonti cui si è fatto riferimento in precedenza, la domanda che ci si pone di fronte a documenti come quello riportato è quanto sia ampio l’intervallo di tempo all’interno del quale ritenere valide le informazioni che essi contengono. Tale domanda, naturalmente, ha un suo preciso significato non solo in rapporto ai processi interpretativi, ma anche – a monte – nella formulazione delle interrogazioni delle basi di dati.

Gli stessi problemi si pongono, a maggior ragione, per tutti quei documenti che risultano privi di una indicazione cronologica precisa e che pertanto vengono datati – ad esempio – su base paleografica.

Considerazioni analoghe, peraltro, possono essere espresse a proposito dell’edificato storico, le cui problematiche sono state recentemente lumeggiate da A. D’Ulizia (D’ULIZIA 2008). La mancanza di elementi utili alla determinazione di una cronologia assoluta conduce

inevitabilmente a datazioni basate su classificazioni tipologiche, con le conseguenti difficoltà di realizzare una periodizzazione puntuale delle fasi di vita degli edifici.

Tutto ciò ha portato a riconsiderare le modalità di attribuzione del dato cronologico all'interno del S.I.T. del progetto R.I.M.E.M., con il fine di pervenire a una gestione più flessibile e capace di dialogare con le caratteristiche dei dati raccolti.

U.M.

«Il modo di gestire le date storiche precedenti all'anno 1800 o simili è un problema delicato che è meglio lasciare agli esperti di storia.»

STROUSTRUP 2000. p. 267.

Com'è noto, la fortuna dei GIS, strumenti privilegiati per la gestione e la consultazione di documentazione archeologica in formato digitale, è dovuta alla capacità di questa categoria di software di manipolare ed analizzare dati e fenomeni in relazione alla loro posizione e alla loro estensione geografica, definite sulla base di sistemi di riferimento assoluti.

Eppure, se tale capacità rende i GIS strumenti irrinunciabili per l'archeologo, va registrata l'assenza di un prodotto simile che consenta, altrettanto efficacemente, di memorizzare, analizzare e confrontare la posizione degli eventi sulla lunga linea temporale che si estende dalla preistoria ai giorni nostri.

Ad oggi, le soluzioni proposte per risolvere tale questione possono essere raggruppate nel seguente modo:

1. Indicazione delle cronologie assolute in formato testuale.

Oltre a presentare problemi di convalida del dato (si devono prevedere strumenti di controllo per le espressioni più disparate, come "I sec. a.C.", "secc. I-III d.C.", "primi anni del IV sec. d.C.", "età romana", ecc.), questo metodo di lavoro presenta enormi inconvenienti allorché si debbano eseguire operazioni di confronto e ordinamento di datazioni: si rende infatti necessario predisporre un'applicazione piuttosto sofisticata per tradurre le stringhe di testo inserite in numeri sui quali eseguire i calcoli e, successivamente, i numeri in stringhe di testo per mostrare i risultati delle operazioni. Inoltre, tale conversione deve avvenire per ogni singola datazione, moltiplicando i tempi di esecuzione di procedure altrimenti banali.

Un approccio di questo tipo si ritrova, ad esempio, nei correnti standard catalografici dell'ICCD¹, dove il paragrafo DT (Cronologia) contiene due campi strutturati: DTZ (Cronologia generica) e DTS (Cronologia specifica), che si riferiscono rispettivamente a una "fascia cronologica di riferimento" e a una "datazione specifica in anni".

Nel primo caso, le datazioni vengono memorizzate come indicazioni generiche del periodo cronologico di riferimento, segnalato nelle forme più svariate (es. "sec. I a.C.", "età romana", "secc. IV a.C. - V d.C.") e seguito da una "Frazione cronologica" che può specificare ambiti più ridotti del periodo indicato (es. "inizio", "fine", "metà", "primo quarto", ecc.).

Nel caso delle cronologie specifiche, invece, si forniscono un *terminus post quem* e un *terminus ante quem* indicando gli anni con i numeri arabi, seguiti dalle abbreviazioni "a.C." o "d.C." e da ulteriori indicazioni quali "post", "ante", "ca." e "(?)".

Sebbene sia relativamente semplice convertire i sottocampi del campo strutturato DTS in formato numerico, così non è invece per il campo strutturato DTZ, che soffre di tutti i difetti evidenziati in precedenza.

¹ <http://www.iccd.beniculturali.it/index.php?it/251/beni-archeologici/>

2. Indicazione di ambiti cronologici in forma di intervalli [*post*, *ante*], dove *post* e *ante* sono numeri che rappresentano anni del calendario gregoriano, tali che $post \leq ante$.

Questa soluzione è una delle più semplici da implementare e anche una delle più utilizzate dalla maggior parte dei ricercatori, poiché consente di eseguire alcune operazioni di base con le date senza dover effettuare conversioni e senza dover scrivere codice di programmazione. Memorizzando tali valori in due campi di tipo intero in una tabella di un database relazionale, è possibile ad esempio compiere le seguenti operazioni utilizzando l'SQL:

- gestire datazioni all'anno (ponendo *post* = *ante*);
- gestire intervalli cronologici precedenti all'era cristiana (utilizzando numeri negativi per le datazioni);
- calcolare la durata in anni di un intervallo cronologico;
- selezionare tutti gli elementi della tabella *t* le cui cronologie comprendano un determinato anno:

```
SELECT * FROM t WHERE t.post <= 476 AND t.ante >= 476;
```

- selezionare tutti gli elementi della tabella *t* le cui cronologie ricadano completamente nell'arco cronologico [*cron1*, *cron2*):

```
SELECT * FROM t WHERE t.post >= cron1 AND t.ante <= cron2;
```

- selezionare tutti gli elementi della tabella *t* le cui cronologie ricadano almeno in parte nell'arco cronologico [*cron1*, *cron2*):

```
SELECT * FROM t WHERE NOT (t.ante < cron1 OR t.post < cron2);
```

- ridurre, aumentare o traslare l'intervallo cronologico, operando sui valori numerici *post* e *ante*.

Tra le applicazioni per la gestione dei dati di scavo e delle collezioni di reperti, le più diffuse sono certamente quelle che trattano le cronologie in questo modo o in modi simili (ad esempio riconoscendo più fasi per uno stesso elemento schedato e attribuendo dei valori *post* e *ante* a ciascuna fase, oppure memorizzando dati aggiuntivi quali una versione testuale della stessa datazione, o ancora non utilizzando i numeri negativi per le date a.C., preferendo gestirle in un campo a parte). Gli esempi sono molti, anche se difficili da individuare, perché spesso le informazioni sul metodo di gestione della cronologia non vengono pubblicate; tra i casi noti, vi sono la celebre piattaforma OpenArcheo, sviluppata dal Laboratorio di Informatica Applicata all'Archeologia Medievale (L.I.A.A.M.) dell'Università degli Studi di Siena (FRONZA 2009, pp. 37-38), il sistema *Vasa Rubra* relativo alle terre sigillate di Iulia Concordia (ANNIBALETTO 2007), il S.I.T. archeologico della città di Parma (BIGLIARDI 2007), e fino ad oggi, lo stesso S.I.T. del progetto R.I.M.E.M. (GNESI *et al.* 2007, pp. 122-125) e il software Archivio di Scavo, realizzato da chi scrive per la Soc. Coop. ArcheoLAB e utilizzato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e dalla Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici dell'Università della Basilicata (GNESI BARTOLANI 2007).

3. GIS Temporal

I GIS Temporal (*Temporal GIS* o *TGIS*) rappresentano una soluzione più complessa al problema della gestione delle cronologie, poiché consentono di utilizzare, all'interno di un GIS (preesistente o realizzato *ad hoc*), dati o metadati relativi all'inquadramento cronologico degli elementi gestiti per rappresentare o simulare l'evoluzione di un evento nel corso del tempo. L'applicazione di coordinate temporali alle entità usualmente manipolate dai GIS consente di attribuire maggiore potenza a questa già versatile categoria di software, permettendo ad esempio di eseguire ripetutamente degli algoritmi su un'immagine *raster* per tentare di prevedere

l'evoluzione di un fenomeno a intervalli prestabiliti di tempo in risposta a certe condizioni del sistema o, al contrario, di determinare, sulla base dei cambiamenti rilevati nell'entità o nell'estensione di un certo fenomeno tra una rilevazione e l'altra, l'intensità delle forze che hanno prodotto tali cambiamenti (CHRISTAKOS *et al.* 2002).

Va tuttavia chiarito che la maggior parte delle funzioni di analisi temporale proposte dai GIS in commercio è inadatta ad applicazioni in ambito archeologico², poiché basata su tipi di dato pensati per gestire date e intervalli di tempo assai ristretti, che solitamente neppure arrivano a coprire l'ambito cronologico riferibile alla storia contemporanea.

Esistono tuttavia soluzioni più specifiche finalizzate anche allo studio di fenomeni storici, tra cui l'interessante progetto TimeMap condotto dall'Università di Sidney, che si proponeva di fornire uno strumento per la creazione di mappe interattive navigabili in una dimensione diacronica, e di cui purtroppo non si riscontrano aggiornamenti dal 2009⁶.

Va tuttavia rilevato che, al di là della complessità degli strumenti di navigazione, i *Temporal GIS* archeologici tendono ad utilizzare lo stesso metodo di indicazione delle cronologie descritto al punto precedente, e cioè basato su intervalli di tempo espressi nella forma [post, ante].

4. Gestione di cronologie assolute tramite l'impiego della *fuzzy logic* e dell'inferenza bayesiana

La *fuzzy logic* rappresenta un ambito di ricerca assai promettente, che vanta già interessanti applicazioni in ambito archeologico. Il concetto alla base della *fuzzy logic* è che vi sono proposizioni riguardanti il mondo reale delle quali non è possibile affermare che siano del tutto vere o false, quanto piuttosto che posseggano un certo grado di verità. Così potrebbe essere, ad esempio, per l'affermazione: "Lo scheletro della tomba *x* apparteneva ad un giovane," considerando che l'affermazione è certamente vera per la sepoltura di un bambino, è certamente falsa per un individuo morto di vecchiaia ed è parzialmente vera in alcuni casi intermedi³.

Attribuiti il valore 0 alla condizione di assoluta falsità e 1 alla condizione di assoluta verità, si possono assegnare valori compresi nell'intervallo [0, 1] ad ogni affermazione contraddistinta da un certo grado di vaghezza, cioè, per l'appunto, *fuzzy*.

Il concetto può essere applicato anche alle datazioni per risolvere alcuni problemi derivanti dalla necessità di processare attribuzioni cronologiche contraddistinte da un certo livello di incertezza o di imprecisione. Ad esempio, si potrebbe verificare in che misura sia vero che l'anno 605 d.C. rientri nella definizione "primi anni del VII sec. d.C." considerando:

- che il VII sec. d.C. inizia il 1 gennaio dell'anno 601 e termina il 31 gennaio del 700 (si ricorda che l'anno 0 nel calendario cristiano non esiste; il primo intervallo di cento anni va dunque dall'anno 1 all'anno 100, il secondo dal 101 al 200, e così via, ed è errato porre il VII secolo pari all'intervallo [600, 699]);
- che dunque la definizione è assolutamente vera per il 601, primo anno del secolo;
- che la definizione può essere considerata assolutamente falsa per gli anni successivi al 625, più vicini alla metà del secolo che al suo inizio;
- che è possibile attribuire a ogni anno del venticinquennio così individuato un coefficiente *fuzzy* di verità compreso tra 0 e 1;
- che, infine, per gli anni compresi in questo quarto di secolo si potrebbe calcolare un coefficiente *fuzzy* con la formula: $1 - (\text{anno} - 600)/25$;

2. Per un'introduzione generale all'impiego della *fuzzy logic* e del teorema di Bayes in archeologia, si vedano Niccolucci, Hermon 2003, Cowgill 2002 e D'Andrea 2006, pp. 61-75. Per un'introduzione più generale alla *fuzzy logic* e all'inferenza bayesiana, cfr. rispettivamente Veronesi, Visioli 2003 e Hoff 2009.

3. Esempio tratto da Niccolucci, Hermon 2003.

Quindi, il valore di verità dell'affermazione "l'anno 605 è compreso nella definizione 'primi anni del VII sec. d.C.'" è pari a $1 - (605 - 600)/25 = 0,8$ (e dunque risulta più vera che falsa, perché il suo valore si avvicina ad 1 più che a 0).

Immaginando di voler consentire a un GIS di effettuare ricerche per le località di rinvenimento delle iscrizioni datate ai primi anni del VII secolo, si potrebbe ipotizzare di dotarlo di una funzione che visualizzi i risultati sulla mappa assegnando alle geometrie colori più sfumati o valori di trasparenza sempre più elevati al diminuire dei coefficienti *fuzzy* calcolati con il metodo appena mostrato.

L'inferenza bayesiana, invece, consente sempre di esprimere l'appartenenza di un elemento a un determinato periodo cronologico mediante un valore compreso tra 0 e 1, inteso stavolta come la probabilità che l'elemento considerato rientri effettivamente nel range cronologico in esame alla luce dell'esperienza pregressa. La differenza tra approccio bayesiano e *fuzzy logic* è sottile ma importante: con l'inferenza bayesiana (e l'approccio probabilistico in generale) un elemento può appartenere del tutto o non appartenere per nulla a un insieme, e il valore numerico della probabilità esprime quanto una delle due situazioni sia più probabile dell'altra, benché solo una di esse si realizzerà, mentre nella logica *fuzzy* può verificarsi che un elemento appartenga in certa misura a un insieme e, contemporaneamente, al suo complemento⁴.

Esistono già interessanti implementazioni di Temporal GIS in grado di operare su valori *fuzzy* o coefficienti bayesiani riguardanti cronologie di fenomeni archeologici. La trattazione più estesa è quella di Chris Green (2008), che a questo argomento ha dedicato la propria tesi di Dottorato di Ricerca e che ha sviluppato un apposito strumento di analisi per ArcGIS10.

Al di là delle singole procedure utilizzate per "fuzzyficare" i dati cronologici o per considerarli in una prospettiva bayesiana, si deve rilevare come esse prevedano sempre la definizione di un intervallo di riferimento, al quale si aggiungono i parametri e le istruzioni per il calcolo *fuzzy* o della probabilità. Si tratta, insomma, di tecniche che intervengono sul metodo di gestione delle date descritto al punto precedente e aggiungono ulteriori informazioni sulla vaghezza o sulla probabilità delle informazioni raccolte.

Tutti i metodi finora esaminati possono essere impiegati per la gestione di cronologie assolute di fenomeni, contesti e manufatti archeologici per i quali un livello di precisione di +/- 1 anno non crea particolari problemi.

Gli ostacoli, dal punto di vista informatico, sorgono quando uno stesso sistema informativo dev'essere in grado di gestire sia la documentazione archeologica, sia la documentazione proveniente da testi scritti o da fonti e strumenti di altra natura, per i quali sia possibile una datazione molto più puntuale, al giorno o, per epoche più recenti, all'ora, al secondo o a sottomultipli del secondo, oppure laddove i calendari in uso e le notazioni impiegate per esprimere la cronologia siano differenti dal nostro.

In particolare, si deve notare che, con gli strumenti attuali e soprattutto con gli attuali sistemi per la gestione di basi di dati, la cronologia di due documenti storici recanti la data esatta di stesura non si può facilmente confrontare per determinare, ad esempio, quanti giorni o mesi

⁴ Il concetto diviene più chiaro se si analizza un altro problema, quello cioè del sesso di un inumato. Sostenere che un individuo è maschio allo 0,7 significa, dal punto di vista probabilistico, che ci sono il 70% di probabilità che lo scheletro rinvenuto appartenga a un uomo, mentre affermare la stessa cosa secondo la *fuzzy logic*, significa dire che lo scheletro apparteneva a un individuo al 70% uomo e al 30% non uomo (cioè donna), cosa evidentemente impossibile. Si potrebbe ovviamente sostenere che il coefficiente fuzzy sia riferito all'affermazione "ritengo che il corpo sia maschile" e non a "il corpo è maschile", ma si tratta sostanzialmente di un modo poco chiaro di impostare il problema che mescola i concetti di *fuzzy logic* e di probabilità soggettiva (la confidenza che si verifichi un certo evento, e cioè che si appuri che il corpo sia effettivamente maschile), e che espone il lavoro agli errori descritti in Priest 2012, p. 107.

siano trascorsi tra la redazione dell'uno e dell'altro. Il fatto è che, come si è già accennato a proposito dei Temporal GIS, i tipi di dato che consentono di gestire il tempo (generalmente denominati *date*, *time*, *datetime*, *timespan* e *interval*⁵) permettono di memorizzare soltanto date recenti o intervalli di tempo relativamente brevi.

La limitazione è certamente aggirabile, ma richiede l'utilizzo di generici campi numerici e l'implementazione di tutta una serie di procedure non proprio banali per il calcolo esatto del tempo, che tengano conto di tutta una serie di problematiche di cui si dirà in seguito.

Allo stesso modo, il confronto tra una data nel formato giorno, mese e anno proveniente da un testo scritto e la datazione di un reperto archeologico precisa al decennio richiede un metodo di rappresentazione delle informazioni cronologiche e di calcolo ancora differente.

Si è voluto, dunque, sviluppare e proporre dei tipi di dato che consentissero di fornire indicazioni cronologiche applicabili a qualunque momento della storia umana, dalla preistoria ai giorni nostri (e, per ragioni di simmetria e di possibile utilità, anche al futuro). Si è stabilito inoltre che tali strumenti dovessero permettere di acquisire riferimenti cronologici assoluti di durata e precisione assai variabile: dai milioni o miliardi di anni di alcuni fenomeni ed ere geologiche ai millenni, secoli o decenni della periodizzazione storica e delle datazioni archeologiche, dagli anni, mesi e giorni indicati nei documenti d'archivio alle ore, minuti, secondi e microsecondi relativi a transazioni economiche attuali o ad esperimenti scientifici.

Si è considerato infatti che una soluzione del genere sarebbe stata di enorme utilità, poiché la possibilità di gestire ogni datazione immaginabile con un unico tipo di dato avrebbe significato, concretamente, che ogni funzione di analisi temporale basata su di esso avrebbe potuto essere impiegata per ogni periodo storico. Una nuova versione del progetto R.I.M.E.M. avrebbe dovuto dunque essere costruita anche a partire da questo tipo di dato.

Tenendo presente questo obiettivo, ha preso avvio la scrittura di una libreria di codice open source da implementare nei più diffusi linguaggi di programmazione e DBMS e dotata delle seguenti caratteristiche:

- Retrocompatibilità con i formati per la gestione di date e ore previsti dalla maggior parte dei database relazionali e dei linguaggi di programmazione disponibili.
- Precisione al microsecondo ($=10^{-6}$ secondi), così da consentire la registrazione di risultati di esperimenti scientifici.
- Range cronologico definito in ± 5 miliardi di anni a partire dal 1 gennaio dell'anno 1 d.C. (calcolato secondo il calendario Gregoriano), così da poter gestire ogni data riguardante la storia passata, presente e futura del pianeta.
- Possibilità di indicare datazioni "all'istante" o per intervalli di tempo di lunghezza variabile tra l'unità minima gestita e il più lungo periodo di tempo concepibile.
- Supporto delle operazioni di conversione da e verso formati noti, in uso attualmente o in passato, sia per date reali che prolettiche.
- Supporto degli operatori di somma, sottrazione, moltiplicazione e divisione tra date.

⁵ I concetti di "dato temporale" e di "intervallo" (Interval) sono stati introdotti nello standard ISO/IEC 9075, che definisce le caratteristiche dei DBMS relazionali, solo nel 2011, mentre i tipi di dato che rappresentano date e ore fanno parte dello standard dal 1992. Cfr. <http://www.iso.org>, o il più accessibile Kulkarnii, Michels 2012. Il supporto alle date storiche nei DBMS e nei linguaggi di programmazione è assai variabile. Microsoft SQL Server 2012, ad esempio, supporta date non precedenti al 1 gennaio 1753, (l'anno di introduzione del Calendario Gregoriano in Gran Bretagna) e orari precisi al millisecondo. PostgreSQL 9.2, invece, supporta le date a partire dal 4713 a.C. (giorno 0 nel conteggio dei giorni giuliani, utilizzati in astronomia) e orari precisi al microsecondo.

- Supporto di operazioni fondamentali su intervalli cronologici, tra cui unione, intersezione, verifica della sovrapposizione.
- Supporto all'operazione di verifica di appartenenza di una data a un intervallo specifico, sia mediante gli operatori della logica tradizionale, sia mediante funzioni *fuzzy* di appartenenza.

Il progetto è stato denominato *Datando* e, al momento, esiste un'implementazione funzionante e liberamente scaricabile della libreria scritta in Python⁶.

Dietro le quinte, *Datando* gestisce ogni data come una struttura di tre valori: un segno, che è definito da una proprietà booleana, e due numeri interi corrispondenti rispettivamente ai secondi e ai microsecondi trascorsi da un istante zero, fissato alla mezzanotte del 1 gennaio dell'anno 1 d.C., secondo il calendario gregoriano (scelta puramente convenzionale). Secondi e microsecondi non sono memorizzati in un'unica variabile per evitare errori di *overflow* o di arrotondamento nella gestione di cronologie assai remote o assai precise.

Disponendo di questi tre parametri, è possibile definire ogni istante di tempo che è possibile misurare come il numero di secondi e microsecondi trascorsi dall'istante zero a quel momento; in termini più formali, è possibile stabilire una funzione che associ a un qualunque istante di tempo un numero reale. Per numeri compresi nel range specificato in precedenza, la funzione è anche invertibile.

Un'istanza della classe che memorizza le date (denominata *LPDateTime*, cioè *Long Period Date and Time*) può essere creata passando il segno (positivo per l'anno 1 d.C. e successivi, negativo per gli anni precedenti) e il numero di secondi o millisecondi trascorsi. Il seguente script, ad esempio, crea una variabile a corrispondente al 2 gennaio 1 d.C., le somma 2 giorni e mostra il risultato a video (si tralasciano, per brevità, le istruzioni di importazione delle classi della libreria):

```
# 86400 è il numero di secondi in un giorno,
# dunque la data seguente corrisponde all'istante 0 più un giorno,
# cioè alla mezzanotte del 2 gennaio 1 d.C. (cal. gregoriano)
a = LPDateTime(True, 86400, 0)
b = LPDateTime(True, 86400 * 2, 0)
# La prossima riga visualizza il numero +259200.000000,
# corrispondente alla mezzanotte del giorno 4 gennaio 1 d.C.
print a + b
```

Ovviamente, un simile sistema di gestione delle date è di difficile utilizzo, ma la libreria rende disponibili classi e metodi per rappresentare le date e gli intervalli di tempo da sommare in molte forme differenti. Lo stesso codice scritto in precedenza può, ad esempio, essere riscritto avvalendosi della classe *GregorianDateTime*, che rappresenta le date nella forma più consueta di anno, mese, giorno, ora, minuto, secondo, e microsecondo calcolati sulla base del calendario gregoriano, mentre l'indicazione di quanto tempo sommare può essere specificata utilizzando il metodo *from_timespan()* della classe *LPDateTime*, che permette di specificare quanto tempo sommare, sottrarre, moltiplicare o dividere in termini di giorni, ore, ecc.:

⁶ <https://pypi.python.org/pypi/datando/>.

Aggiornamenti e consigli sull'utilizzo sono disponibili al sito <http://www.diegognesi.it/>.

```
# I valori passati al costruttore sono rispettivamente:
# anno, mese, giorno, ora, minuto, secondo e microsecondo.
a = GregorianCalendar(1, 1, 2, 0, 0, 0)
b = LPDate.from_timespan(days = 2)
print a + b
```

Ogni volta che è richiesto un calcolo sulle date, la classe `GregorianCalendar` genera un'istanza di `LPDate`, ed è questa che si occupa di eseguire i calcoli, secondo metodi che tendono ad evitare o ad annullare del tutto possibili errori di approssimazione. In questo modo, scrivere nuove classi per rappresentare le date diviene un'operazione assai semplice e assai proficua. L'utilità e le potenzialità della libreria `Datando` inizieranno a divenire chiare dal prossimo esempio, che utilizza le classi `GregorianCalendar` e `JulianDate` per convertire una data dal calendario giuliano (in Italia in uso fino al 4 ottobre del 1582) al calendario gregoriano:

```
# Il 5 ottobre 1582 (prolettico) del calendario
# giuliano corrisponde al 15 ottobre 1582 del
# calendario Gregoriano.
a = JulianDate(1582, 10, 5)
b = GregorianCalendar.from_datetime(a)
print b
```

Quando una data viene visualizzata su schermo o convertita a stringa, viene rappresentata in un formato ben definito, che ne indica anche il sistema di rappresentazione. Il codice precedente, ad esempio, visualizza la data contenuta nella variabile `b` in questa forma:

```
Gregorian \ 1582-10-15 T 00:00:00.000000
```

Dove, dopo il *backslash*, la data è riportata indicando anno, mese e giorno, il carattere "T" e l'indicazione del momento esatto del giorno, microsecondi compresi.

Attualmente, `Datando` consente di gestire e convertire date in base al calendario gregoriano, al calendario giuliano, al giorno giuliano (`Julian Day, JD`)⁷ e al giorno giuliano modificato (`MJD`). In riferimento al Calendario Giuliano, va notato che le date precedenti all'1 d.C. sono da considerarsi imprecise, poiché tra il 47 a.C., data della sua introduzione a Roma, e l'anno 8 a.C., il succedersi degli anni bisestili non seguì una regola e non è ben documentato, mentre il 46 a.C. è noto come *ultimus annus confusionis* ed ebbe durata di 456 giorni, perché composto da un anno bisestile a cui si sommarono un mercedonio e 67 giorni necessari a coprire lo scarto con il moto apparente del sole⁸. `Datando` calcola le date del calendario giuliano precedenti all'1 d.C. utilizzando la stessa regola delle date successive, intercalando cioè un anno bisestile a tre anni non bisestili, considerando il primo bisestile l'anno 1 a.C., a quattro anni di distanza dal primo bisestile "positivo", il 4 d.C.

La libreria è inoltre in grado di fornire un utile supporto alla comprensione delle date nei documenti storici gestendo i vari stili con i quali, anche in epoca medievale, si faceva iniziare l'anno, in particolare lo stile veneto (inizio dell'anno l'1 marzo, posticipando sul moderno), dell'Incarnazione al modo fiorentino (25 marzo, posticipando), dell'Incarnazione al modo

7 http://it.wikipedia.org/wiki/Giorno_giuliano/

8 Cfr. Viganò 2012.

pisano (25 marzo, anticipando), lo stile della Pasqua (detto anche stile francese, che inizia il giorno di Pasqua, posticipando), lo stile bizantino (che inizia l'1 settembre, anticipando) e lo stile della Natività (25 dicembre, anticipando)⁹. Si può specificare in quale stile inizia l'anno passando al costruttore della classe che rappresenta la data secondo il calendario utilizzato un parametro denominato *style*. Il successivo esempio di codice esegue una conversione tra il calendario giuliano e quello gregoriano (prolettico), specificando però che la data (2 marzo 1582) è espressa nello stile veneto e va visualizzata nello stile dell'incarnazione al modo Fiorentino.

```
a = JulianDateTime(1582, 10, 5, style="venetian")
b = GregorianCalendar.from_datetime(a)
b.style = "ab incarnatione"
print b
```

Come si è visto, convertire date da un sistema di rappresentazione all'altro richiede solo due istruzioni, e si ritiene che questa semplicità, all'aumentare dei sistemi di rappresentazione gestiti, potrà costituire un valido invito rivolto agli storici a fare qualche passo nel mondo della programmazione.

Inoltre, le date possono essere confrontate con gli operatori == (uguale), != (diverso) <= (minore od uguale), <, >, >= (maggiore od uguale):

```
# Il giorno 1 gennaio 1 d.C. del calendario
# gregoriano (prolettico) precede il giorno
# 1 gennaio del 1 d.C. del calendario giuliano?
# Lo script visualizza il messaggio "True".
a = GregorianCalendar(1, 1, 1)
b = JulianDateTime(1, 1, 1)
print a < b
```

La libreria supporta anche il concetto di intervallo di tempo, rappresentato dalla classe `LPInterval`. Istanze di questa classe possono essere create passando al metodo costruttore due oggetti `LPDateTime` rappresentanti rispettivamente il momento iniziale e finale dell'intervallo. Alternativamente, l'istanza può essere costruita specificando altri parametri, come il secolo (nel caso di intervalli della durata di 100 anni, con i numeri negativi che rappresentano i secoli a.C.):

```
# Crea un intervallo corrispondente al XIII secolo
# del calendario Gregoriano.
i = LPInterval.from_century(13, GregorianCalendar)
```

Gli intervalli possono essere intersecati od uniti, oppure si può testare se due intervalli di tempo si sovrappongono o se uno contenga l'altro. Lo script successivo verifica ad esempio se il concetto di "età romana" comprenda quello di "età tardoantica" o se vi sia sovrapposizione anche parziale (per brevità, il codice assume che le variabili `eta_romana` ed `eta_tardoantica`, di tipo `LPInterval`, siano state già definite altrove).

```
print eta_romana.contains(eta_repubblicana)
print eta_romana.overlaps(eta_tardoantica)
```

⁹ Pratesi 1999, pp. 129 e segg.

È inoltre possibile verificare se una data appartiene a un certo intervallo. Ad esempio, il codice seguente stabilisce se il giorno di Natale dell'800 d.C. appartiene al Medioevo:

```
# 'medioevo' è un intervallo precedentemente
# dichiarato.
a = GregorianCalendar(800, 12, 25)
print medioevo.contains(a)
```

Infine, si segnala la possibilità di descrivere intervalli fuzzy e di verificare se una data appartiene ad uno di questi intervalli mediante un metodo apposito, che consente tra l'altro di specificare quale funzione di membership utilizzare, a scelta tra quella triangolare/trapezoidale, gaussiana e logistica (le ultime due in corso di implementazione)¹⁰. L'ultimo esempio di codice riprende l'esempio dell'insieme *fuzzy* corrispondente al concetto di "primi anni del VII sec. d.C.", e verifica quale sia il coefficiente *fuzzy* di appartenenza dell'istante corrispondente alle 12:30 del 3 giugno 610 a tale definizione, così come precedentemente riportata nella sezione dedicata alla fuzzy logic.

```
a = GregorianCalendar(610, 6, 3, 12, 30)
i = LPInterval(start = GregorianCalendar(601, 1, 1),
              end = GregorianCalendar(601, 12, 31),
              fuzzy_end = GregorianCalendar(625, 12, 31),
              fuzzy_function = 'trapezoidal')
# Il coefficiente fuzzy che verrà stampato è 0,35.
print i.fuzzy_membership(a)
```

Si ritiene che un aumento esponenziale dell'utilità della libreria si otterrà allorché i tipi di dato gestiti saranno stati integrati in alcuni dei DBMS e dei GIS più diffusi; attività attualmente in corso sui software PostgreSQL/PostGIS e Quantum GIS. In corso di sviluppo sono, altresì, i meccanismi di gestione dei fusi orari e dell'ora legale per date moderne.

D.G.B.

Autori

- Diego Gnesi Bartolani:
Università degli Studi della Basilicata, Italy
diego.gnesi@gmail.com
- Umberto Moscatelli:
Università degli Studi di Macerata, Italy
umoscattelli@mercurio.it
umberto.moscatelli@unimc.it

¹⁰ Veronesi, Visioli 2003, p. 24.

Bibliografia

- ACCORDI *ET AL.* 1993 = ACCORDI B., LUPIA PALMIERI E., PAROTTO M., *Il globo terrestre e la sua evoluzione*, Zanichelli, Bologna.
- ANNIBALETTO M. 2007, *VASA RUBRA: un catalogo informatizzato per le terre sigillate di Iulia Concordia*, «Archeologia e Calcolatori», 18, pp. 45-56.
- BIGLIARDI G. 2007, *Il sistema informativo territoriale archeologico della città di Parma*, «Archeologia e Calcolatori», 18, pp. 75-100.
- CAPPELLI A. 2012, *Cronologia, cronografia e calendario perpetuo. Settima edizione*, Hoepli, Milano.
- CHRISTAKOS *et al.* 2002 = CHRISTAKOS G., BOGAERT P., SERRE M., *Temporal GIS: Advanced Functions for Field-Based Applications*, New York 2002.
- COWGILL G.L. 2002, Getting Bayesian ideas across to a wide audience, «Archeologia e Calcolatori», 13, pp. 191-196.
- D'ANDREA A. 2006., *Documentazione archeologica, standard e trattamento informatico*, Archaeolingua, Budapest.
- D'ULIZIA A. 2008, *Archeologia dell'architettura nelle Marche meridionali. Le strutture fortificate nella valle del Chienti tra XIII e XV secolo*, «Archeologia dell'Architettura» XIII, pp. 47-75.
- FRONZA V. 2009, *L'archiviazione del dato in archeologia*, in VALENTI 2009, pp. 29-43.
- GNESI BARTOLANI D. 2007, L'archivio di scavo di Jure Vetere: modello dati, in FONSECA C.D., ROUBIS D., SOGLIANI F. (ed.), *Jure Vetere. Ricerche archeologiche nella prima fondazione monastica di Gioacchino da Fiore (indagini 2001-2005)*, Rubbettino, Cosenza, pp. 133-136.
- GNESI *ET AL.* 2007 = GNESI D., MINGUZZI, S., MOSCATELLI U., VIRGILI S. 2007, *Ricerche sugli insediamenti medievali nell'entroterra marchigiano*, «Archeologia Medievale», XXXIV, pp. 113-140.
- GNESI D., MOSCATELLI U. 2008, *Applicazioni G.I.S. in aree dell'entroterra maceratese*, in BORRACCINI R. M., BORRI G. (a cura di), *Virtute et labore. Studi offerti a Giuseppe Avarucci per i suoi settant'anni*, a cura di, Spoleto, C.I.S.A.M., pp. 497-508.
- GREEN CH. 2008, Winding Dali's clock: the construction of a fuzzy temporal-GIS for archaeology. Thesis submitted for the degree of Doctor in Philosophy at the University of Leicester, Leicester.
- HOFF 2009, *A First Course in Bayesian Statistical Methods*, Springer, New York.
- KONESTRA A., MOSCATELLI U., VIRGILI S. 2011, *Progetto R.I.M.E.M. Rapporto preliminare sulle campagne di ricognizione 2008-2009-2010*, «Il Capitale Culturale», 2, pp. 299-325.
- KULKARNI, K., MICHELS J.E. 2012, Temporal features in SQL: 2011, in «SIGMOD Record», vol. 41, n. 3, pp. 34-43.
- MOSCATELLI U. 2011, *Tra dibattito teorico e prassi operativa. Lo studio del paesaggio medievale nel progetto R.I.M.E.M.*, in CAPRIOTTI G., PIRANI F. (a cura di), *Incontri. Storie di testi, immagini, oggetti*, Macerata, pp. 89-112.
- MOSCATELLI U. 2012, *Paesaggio montano e insediamenti: nuovi dati dal Progetto R.I.M.E.M.*, in REDI F., FORGIONE A. (a cura di), *VI Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*. Firenze, pp. 251-256.
- MOSCATELLI U. 2013, *Spazi montani e approccio archeologico. Considerazioni a margine del progetto R.I.M.E.M.*, in MAGNANI S. (a cura di), *Le aree montane come frontiere e/o come spazi di interazione e connettività / Mountain Areas as Frontiers and/or Interaction and Connectivity Space*, Atti del Colloquio internazionale, Udine-Tolmezzo, 10-12 dicembre 2009, Roma 2013
- MOSCATELLI U., GNESI BARTOLANI D., MARONI E. c.s., *Progetto R.I.M.E.M.: rapporto preliminare sulla campagna di ricognizioni 2012*, in corso di stampa in «Il Capitale Culturale».
- NICCOLUCCI F., HERMON S. 2003, *La logica fuzzy e le sue applicazioni alla ricerca archeologica*, in «Archeologia e Calcolatori», 14, pp. 97-110.
- PACINI D. 1996, *Liber iurium dell'Episcopato e della città di Fermo (977-1266)*, Ancona 1996.
- PRATESI A. 1999, *Genesi e forme del documento medievale*, Roma.
- RAVASCHIERI E. 2011, *Trattamento digitale di mappe del Catasto Gregoriano (alta valle del Chienti)*, «Il Capitale Culturale», 2, pp. 327-340.
- STROUSTRUP B. 2000, C++. *Linguaggio, libreria standard, principi di programmazione. Terza edizione*, Addison-Wesley, Milano.
- VALENTI M. (a cura di) 2009, *Informatica e Archeologia Medievale. L'esperienza senese*, Insegna del Giglio, Firenze.
- VERONESI M., VISIOLI A. 2003, *Logica fuzzy. Fondamenti teorici e applicazioni pratiche*, Franco Angeli, Milano.