

SMART eLAB



VOLUME 10 - ANNO 2017



ISSN 2282 - 2259

SOMMARIO

Vol. 10, 2017

Articoli

- 1-2 **Augusto Pifferi, Giovanni Agostini, Luca Ianniello, Massimiliano Cattricalà.** *Servizi Internet presso il campo di gara del Campionato europeo di equitazione presso il Centro Militare di Equitazione di Montelibretti*
- 3-7 **Guido Righini, Lisa Agostini, Emanuele Vincenzo Scibetta, Augusto Pifferi.** *Il Lato Rosa della Scienza: un percorso formativo di Alternanza Scuola Lavoro*
- 8-11 **Augusto Pifferi, Guido Righini, Luca Ianniello, Fabrizio Censori, Luigi Rossi, Gabriele Favaretto, Antonello Ranieri.** *Learning by Doing (imparare costruendo) Lab: La nuova area dedicata alla formazione dell'Istituto di Cristallografia*
- 12-18 **Luca Leonardi, Giovanni De Simoni, Michele Mattioni, Marco Lauteri.** *Progettazione e costruzione di una gabbia di protezione dal pascolo per campionamenti di biomassa in ecosistemi agro-silvo-pastorali*
- 19-38 **Michele Mattioni, Marco Ciolfi, Francesca Chiocchini, Marco Lauteri.** *TIMESCAPE LOCAL*

Smart e-Lab: <http://smart-elab.mlib.ic.cnr.it>

A peer-reviewed online resource, published by the Istituto di Cristallografia (CNR-IC)

EDITORS-IN-CHIEF : Michele Saviano, Augusto Pifferi

ASSOCIATED EDITOR : Guido Righini

GRAPHIC DESIGN : Claudio Ricci

EDITORIAL ASSISTANT : Caterina Chiarella

CNR - Istituto di Cristallografia, Strada Provinciale 35/d, I-00015 Monterotondo, Italy



Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale



Servizi Internet presso il campo di gara del Campionato europeo di equitazione presso il Centro Militare di Equitazione di Montelibretti†

Augusto Pifferi,^{*a} Giovanni Agostini,^a Luca Ianniello,^a Massimiliano Catricalà.^a



Lo storico Centro Militare di equitazione di Montelibretti (RM) è situato quasi ai confini del perimetro dell'Area della Ricerca RM 1 del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Da alcuni anni esiste un accordo di collaborazione con l'Istituto di Cristallografia che fornisce a questo Ente alcuni servizi di telecomunicazione. In occasione del "FEI EUROPEAN RIDERS CHAMPIONSHIP FOR YOUNG RIDERS AND JUNIORS 2016" il Centro Militare, che ha organizzato questo appuntamento sportivo di importanza internazionale, ha chiesto supporto all'Istituto per fornire i servizi di collegamento internet sul campo di gara. In questo rapporto viene descritto il lavoro di progettazione e realizzazione degli impianti di comunicazione wireless per l'evento che si è svolto dal 21 al 25 settembre 2016.

Keywords: WiFi, Hiperlan.

1 Introduzione

Quasi ai confini con l'Area della Ricerca di Roma 1 di Montelibretti è situato il Centro Militare di Equitazione¹. Questo Ente del Ministero della Difesa Italiana è una presenza importante nel territorio del comune di Montelibretti (RM) la cui tenuta occupa 540 ettari. Il Centro Militare di Equitazione è il depositario delle tradizioni sportive dell'equitazione militare italiana. Erede della Regia Scuola Militare di Equitazione (1823) e del Centro Ippico Preolimpico, nel 1969 assume la denominazione di Scuola Militare di Equitazione. Nel 1993 si trasforma in Scuola di Cavalleria, e successivamente, nel 1998 viene denominato Raggruppamento Addestrativo RSTA. Dal 2007, con l'attuale denominazione, il Centro torna a svolgere le funzioni che furono della Scuola. Nella sua storia centenaria, il Centro ha avuto tra le sue fila atleti che hanno fatto la storia dell'equitazione italiana e mondiale, quali i fratelli D'Inzeo, Angioni e Oppes. Oggi, sui 540 ettari della tenuta di Montelibretti, vengono preparati i cavalieri delle sezioni "completo d'equitazione" e "salto ostacoli" e organizzati corsi di formazione federale per gli addetti del settore equestre.

Nel settembre 2016 il Centro ha ospitato il "FEI EUROPEAN RIDERS CHAMPIONSHIP FOR YOUNG RIDERS AND JUNIORS 2016", un evento sportivo equestre di rilevanza internazionale riservato a giovani atleti al disotto dei 21 anni. Per questa occasione il Centro Militare si è rivolto all'Istituto di Cristallografia per attrezzare il campo di gara con tecnologie wireless per permettere il collegamento in internet della stampa accreditata per l'evento, per la trasmissione dei risultati delle gare in

tempo reale e per dare al pubblico intervenuto la possibilità di un accesso al web con portatili e dispositivi telefonici.

2 Il campo di gara

Il campo "PIAZZA DI SIENA" di Montelibretti fu costruito nel 1950 con le stesse dimensioni, l'identico posizionamento di fosso e riviera e il medesimo Orientamento Solare dell'ovale dello CSIO Roma a Tor di Quinto. Un campo gemello voluto dal Generale Gerardo Conforti e dal Tenente Colonnello Antonio Gutierrez per rafforzare la preparazione della squadra italiana in vista del Concorso Ippico Ufficiale di Roma. Gli azzurri furono protagonisti di 5 vittorie in Coppa delle Nazioni, nei 6 anni successivi alla costruzione del campo, dal 1950 al 1955. Nel 1955, l'area di Montelibretti divenne "Centro Preolimpionico Ippico Militare", in vista dei Giochi Olimpici 1960 di Roma (che si sarebbero svolti, per il salto ostacoli, a Piazza di Siena). Dopo le tre medaglie olimpiche azzurre (oro e argento individuale, e bronzo a squadre) sono seguite, nel successivo decennio, altre 6 vittorie in Coppa delle Nazioni a Piazza di Siena. Squadre azzurre diverse, ma sempre la stessa metodica: il ritiro a Montelibretti.

Con i responsabili militari del Centro sono stati effettuati dei sopralluoghi preliminari per individuare le aree da coprire con il segnale wireless, i punti di visibilità con i trasmettitori radio dell'istituto sul territorio, e il materiale necessario all'installazione.

3 Il progetto di copertura wireless

Dal sopralluogo è emerso che per il collegamento in rete degli access point a 2,4 GHz si poteva utilizzare il trasmettitore/-ricevitore (BSU Mikrotik RB 433AH) posizionato a suo tempo sulla palazzina comando della Scuola Militare dall'Istituto di Cristallografia. Ogni access point è stato collegato ad una CPE (Customer Premises Equipment) del tipo SXT 5 Mikrotik puntata verso la BSU. La distanza tra la stazione base ed i client è

^a C.N.R. - Istituto di Cristallografia - UOS Monterotondo, via Salaria Km. 29,300, 00015 Monterotondo Scalo (RM), Italia.

Creative Commons Attribution - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

† Rapporto tecnico IC-RM 2017/17 protocollato in data 08/01/2018 n. 0005



Fig. 1 Il campo di gara

di circa 5 Km. Per esigenze di sicurezza ed efficienza sono state previste 3 diverse modalità di accesso alla rete wireless così distinte:

1. Giudici di gara,
2. Addetti stampa e giornalisti,
3. Pubblico (spettatori e atleti).

L'accesso alla rete è stato quindi garantito attraverso un Captive Portal²; per le prime due categorie era necessario uno username e una password, mentre per il pubblico si doveva registrare mediante la procedura di invio credenziali di accesso con un SMS sul telefono del richiedente. Con questa procedura è possibile monitorare gli accessi alla rete internet registrando i MAC address dei dispositivi collegati.

Sono state individuate 6 aree di copertura:

- Speaker (presso la tribuna coperta dell'Ovale di Piazza di Siena)
- Sala Stampa (Area attrezzata per i giornalisti)
- Sala VIP (Area di incontro ed eventi)
- Schermo (Maxi Schermo multimediale)
- Giudici (Postazione dei giudici di gara)
- Guest (area WiFi per il pubblico)



Fig. 2 Distribuzione degli Access Point sul campo di gara e sulle zone riservate al pubblico.

4 Conclusioni

L'evento sportivo si è svolto con successo durante tutti e due i giorni di gara. Il sistema di collegamento alla rete internet ha sostenuto i collegamenti delle centinaia di persone accorse da tutta Italia e dall'Europa per assistere alla competizione. Gli utenti non hanno riscontrato particolari disagi, con piena soddisfazione dei vertici militari. L'Istituto è stato pubblicamente

elogiato per la capacità organizzativa e le competenze tecnologiche in materia di collegamenti ed interconnessioni di rete con tecnologie cablate e wireless. I collegamenti verso la rete internet sono ormai indispensabili per fruire di informazioni in tempo reale e per usufruire dei servizi in cloud. In un'area assolutamente priva di connettività, ad esclusione di quella delle reti mobili, l'Istituto di Cristallografia ha reso possibile la copertura, con segnale wireless, del campo di gara e della zona destinata al pubblico, la quale ha superato ogni più rosea aspettativa in fatto di performance e continuità di servizio.



Fig. 3 Il campo di gara "Piazza di Siena" (Logo IC - CNR sul banner degli sponsor).

Riferimenti

- 1 [Homepage Centro Militare Equitazione.](#)
- 2 A. Pifferi, L. Ianniello, G. Nantista, L. Rossi, M. Simonetti, "Un Captive Portal per l'autenticazione su reti WiFi dedicate agli internet point"., SMART eLAB 2 (2013) 15–21.
- 3 <https://it.wikipedia.org/wiki/HIPERLAN>.



Il Lato Rosa della Scienza: un percorso formativo di Alternanza Scuola Lavoro.[†]

Guido Righini,^{*a} Lisa Agostini,^a Emanuele V. Scibetta,^a Augusto Pifferi.^a



"Il Lato Rosa della Scienza" è il titolo della mostra didattica realizzata dagli studenti del Liceo Scientifico "G. Peano" di Monterotondo, coordinati dai ricercatori dell'Istituto di Cristallografia del C.N.R., nell'ambito del percorso formativo di Alternanza Scuola Lavoro. Questo percorso formativo, intitolato "Scienza 2.0 e Editoria Digitale Accademica", è stato progettato con l'obiettivo di far acquisire agli studenti competenze informatiche sulle nuove tecnologie di internet, utili alla realizzazione collaborativa di prodotti editoriali digitali.

Il presente articolo descrive come si è articolato il progetto, le tecnologie di internet utilizzate e i prodotti editoriali realizzati dagli studenti. La mostra è visitabile, in forma virtuale, sulle piattaforme informatiche dell'Istituto di Cristallografia e del Liceo Scientifico "G. Peano".

Keywords: Alternanza Scuola Lavoro, Scrittura Collaborativa online, wiki, Mostra Divulgativa.

1 Introduzione

L'Istituto di Cristallografia da molti anni collabora con gli istituti scolastici delle provincie di Roma e Rieti,^{1,2} sperimentando l'applicazione delle tecnologie Web 2.0 alla didattica. Dopo l'approvazione della legge n. 107/2015, l'istituto ha sviluppato dei percorsi formativi specifici per gli studenti dei Licei e degli Istituti Tecnici.³ Il percorso formativo "Scienza 2.0 e Editoria Digitale Accademica" realizzato per gli studenti del Liceo Scientifico "G. Peano" di Monterotondo consiste di tre moduli di circa trenta ore l'uno. In ogni modulo gli studenti sperimentano l'uso delle nuove tecnologie Web 2.0 per la ricerca bibliografica e per la divulgazione dei risultati scientifici. Al termine di ogni modulo viene chiesto agli studenti di realizzare un prodotto editoriale accademico quale dimostrativo delle competenze acquisite. Quest'anno, al primo modulo hanno partecipato tutti gli studenti di quattro classi III, mentre ai successivi moduli la partecipazione degli studenti è stata limitata ad un numero ristretto e selezionato sulla base delle valutazioni degli anni precedenti. Come prodotto editoriale per il secondo e il terzo modulo, quest'anno abbiamo proposto la progettazione e la realizzazione di una mostra divulgativa. Come tema della mostra si è scelto la vita e le scoperte di alcune scienziate famose. La mostra, una volta realizzata dagli studenti è stata presentata durante la manifestazione "La Notte della Scienza 2017"⁴ presso l'Area della Ricerca di Roma 2 "Tor Vergata" del C.N.R. Il titolo scelto per la mostra è "Il Lato Rosa della Scienza". Il tema, il titolo, il luogo e i prodotti editoriali sono stati discussi e scelti insieme agli studenti che hanno partecipato ai moduli secondo e terzo.

2 Finalità e Obiettivi del percorso formativo.

Le finalità del percorso formativo di quest'anno erano la promozione della scrittura collaborativa, come attività didattica attraverso l'uso delle nuove tecnologie web 2.0, e del costruttivismo collaborativo applicato alla realizzazione di una mostra divulgativa. Gli obiettivi di questo progetto sono i seguenti:

- Promuovere e diffondere il metodo scientifico;
- Promuovere la comunicazione scientifica e la valorizzazione dei risultati della ricerca;
- Promuovere e diffondere le nuove tecnologie della comunicazione e di internet, note con il nome web 2.0;
- Far conoscere i processi tecnologici dell'editoria digitale accademica: dal reperimento delle fonti bibliografiche alla produzione della documentazione scientifica;
- Favorire la *Citizen Science* (la partecipazione dei cittadini ai progetti di ricerca scientifica);

3 I gruppi di lavoro

Per lo svolgimento del percorso formativo si sono suddivisi gli studenti in due gruppi di lavoro (A e B). Nel primo gruppo (A, secondo modulo) sono stati selezionati 47 studenti delle classi IV, mentre il secondo gruppo (B, primo modulo) era formato da 97 studenti di quattro classi III. Tutti gli studenti del gruppo A avevano seguito il primo modulo del percorso formativo "Scienza 2.0 e Editoria Digitale", durante il quale avevano sperimentato la scrittura collaborativa accademica realizzando sia articoli divulgativi, sia presentazioni orali. Nell'ambito delle attività del secondo modulo è stato affidato a loro l'incarico di facilitatore all'uso delle tecnologie di internet per la didattica e di coordinatore dei gruppi di lavoro degli studenti delle classi

^a C.N.R. - Istituto di Cristallografia, via Salaria km 29.300, 00015 Monterotondo, Italia.

Creative Commons Attribution - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

[†] Articolo tecnico IC-RM 2017/01 protocollato in data 08/01/2018 n. 0006

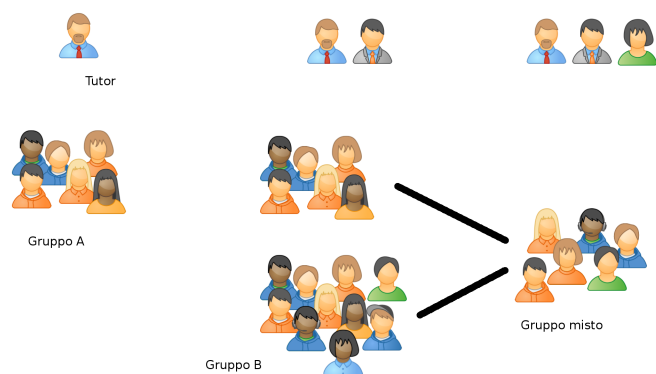


Fig. 1 Schema della partecipazione alle diverse fasi del percorso formativo.

III (primo modulo). Gli studenti delle classi III, oltre a seguire le lezioni frontali del primo modulo, hanno sperimentato l'uso del wiki come strumento collaborativo di classe per la realizzazione di un progetto didattico. Nella figura 1 viene schematizzata la partecipazione degli studenti alle diverse fasi del progetto. La scelta di affidare agli studenti del gruppo A l'incarico di tutor degli studenti del III ha permesso il corretto svolgimento del progetto nonostante il numero elevato di partecipanti. Tutti gli studenti del gruppo A hanno svolto in modo soddisfacente il loro incarico contribuendo al successo del progetto. Questa modalità di lavoro di gruppo, prende il nome di peer-tutoring ed è molto utile per responsabilizzare gli studenti durante lo svolgimento di attività didattiche comuni. Per l'ultima fase del progetto si è scelto di avvalersi solo di un gruppo ristretto di studenti, i quali avevano mostrato ottime competenze tecniche e capacità di coordinamento. Si è costituito un nuovo gruppo di lavoro misto di 29 studenti, provenienti sia dal gruppo A e sia dal gruppo B; per loro la parte finale del progetto è stata considerata rispettivamente come 2 e 3 modulo del percorso di Alternanza Scuola Lavoro. Le sedi di lavoro di quest'ultima fase del progetto sono stati i laboratori dell'Istituto di Cristallografia.

4 Le fasi del progetto

Lo svolgimento del lavoro di preparazione della mostra si è sviluppato nel seguente modo:

- Ad ogni studente del gruppo A è stato affidato l'incarico di redigere una breve scheda biografica di una delle scienziate selezionate per il percorso formativo (vedi tabella 1) con le seguenti informazioni:
 - date di nascita e di morte;
 - disciplina scientifica;
 - periodo storico;
 - premi e riconoscimenti;
 - scoperte e invenzioni;
 - biografia;
 - motivazione per la candidatura alla mostra.

Tutte le schede sono state inserite come pagine di un libro digitale a disposizione di tutti gli studenti.

- Gli studenti del gruppo A hanno preso visione di tutte le schede e dopo una breve discussione, insieme ai tutor CNR, hanno selezionato 21 scienziate per la fase succes-

siva del progetto. Le scienziate sono quelle presenti nella prima porzione della tabella 1.

- Gli studenti del gruppo B vengono divisi in gruppi da cinque e affiancati a due studenti del gruppo A. Ad ogni gruppo viene affidato l'incarico di redigere una pagina bibliografica estesa di una scienziata utilizzando la modalità di scrittura collaborativa wiki. Grazie all'uso di questa modalità di scrittura, ogni studente poteva osservare il lavoro svolto dagli altri gruppi di lavoro ed eventualmente lasciare loro un commento.
- Dall'esame del materiale raccolto si è selezionato un numero ancora più ristretto di scienziate in base alla loro storia e alla loro attività di ricerca, per la preparazione del materiale della mostra.
- Un piccolo gruppo degli studenti è stato successivamente selezionato, sulla base dell'impegno e delle capacità tecniche dimostrate, per la realizzazione della mostra presso i laboratori dell'Istituto di Cristallografia. Sono stati preparati dei poster, utilizzando il software di scrittura collaborativa sharelatex^{5,6} presente sui server dell'Istituto di Cristallografia, e delle presentazioni multimediali sia con software commerciale che opensource.
- Durante la manifestazione la "Notte della Scienza 2017" gli studenti hanno accolto i visitatori della mostra "Il Lato Rosa della Scienza" illustrando sia il progetto sia la vita e le scoperte delle scienziate.

Tabella 1 Elenco completo delle scienziate studiate nel percorso formativo.

Marie Skłodowska Curie	Rosalind Franklin
Rita Levi-Montalcini	Barbara McClintock
Sophie Germain	Margherita Hack
Ada Lovelace	Jocelyn Bell
Fabiola Gianotti	Milena Maric
Ada Yonath	Evelyn Fox Keller
Lisa Randall	Eva Mameli Calvino
Laura Bassi	Grace Murray Hopper
Dian Fossey	Elena Cattaneo
Annalaura Segre	Irene Joliot-Curie
Maryam Mirzakhani	
Lisa Meitner	Elisabeth Blackburn
Geltrude Elion	Carol Greider
Rosalyn Yalow	Sophie Germain
Christiane Nusslein-Volhard	Linda Buck
Dorothy Crowfoot Hodgkin	Nettie Stevens
Sofja Vasil'evna Kovalevskaja	Chien-Shiung Wu
Vandana Shiva	Hedy Lamarr
Ida Noddack	May-Britt Moser
Gerty Theresa Cori	Melanie Klein
Marie-Anne Pierrette Paulze	Luce Irigaray
Mary-Claire King	Maria Sibylla Merian
Hertha Marks Ayrton	Margaret Werthem
Emilie du Chatelet	Temple Grandin
Mary Anning	Ellen Swallow Richards




Scienze	
7 Ada Lovelace	
<p>Nome Nome</p> <p>Nome: 101171815 Cognome: 271111852</p>	
<p>Disciplina</p> <p>Matematica</p>	
<p>Periodo</p> <p>1815: Congresso di Vienna: nuovi accordi all'Europa 1830: Rivoluzione belga contro il Regno Unito dei Paesi Bassi: vittoria belga e indipendenza del Belgio 1837-1901: Era vittoriana in Inghilterra, in seguito al regno della Regina Vittoria: epoca di splendore politico e culturale 1851: Nasce il primo Stato della chiesa e viene edificata la nuova cattedrale di Londra: Esposizione internazionale di Londra 1851: A Londra, viene inaugurato il Crystal Palace (Palazzo di cristallo) e il sito vittoriano.</p>	
<p>Prent</p> <p>Riconoscimenti</p>	
<p>Scoperte, Invenzioni</p> <p>Idea di "Intelligenza artificiale": affermando che per l'aiuto della scienza la macchina analitica sarebbe divenuta indispensabile. Si dedicò alla traduzione in lingua inglese di vari articoli scritti a proposito della macchina basata da Babbage, del matematico italiano Luigi Federico Menzies.</p>	
<p>Biografia</p> <p>Aggiunta Ada Byron, figlia della matematica Anna Milbank e del poeta Lord Byron, è così un mese di età si iscrive alla scuola e non avrà mai nessun rapporto con lui. Riceve insegnamenti di aritmetica, matematica e scienze da Mary Somerville, William King e William Frend. Riceve inoltre gli insegnamenti di Augustus de Morgan il quale la introduce a studi di logica, calcolo e algebra. In seguito avrà tre figli: Byron, Anne Isabella e Ralph Gordon.</p>	
<p>Note</p> <p>Preparato un poster sulla sua vita e sulla sua attività di ricerca perché!</p>	

Fig. 2 Esempio di scheda realizzata dagli studenti su Ada Lovelace.

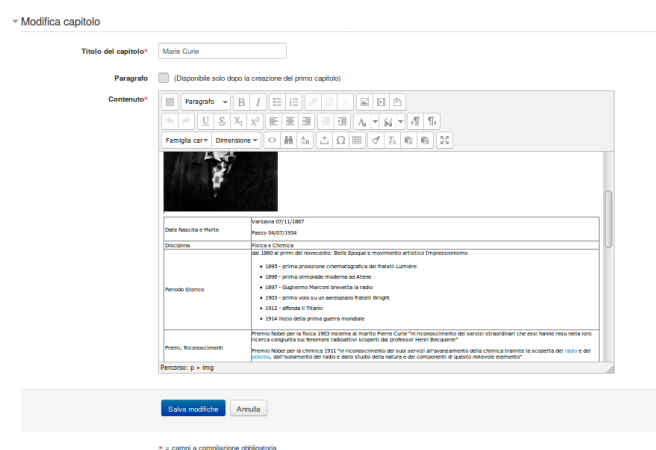


Fig. 3 Editor online presente sulla piattaforma moodle.

5 I software utilizzati durante il percorso formativo.

Per lo svolgimento delle attività del percorso formativo si è utilizzata la piattaforma informatica per la formazione basata sul software Moodle e la piattaforma di scrittura collaborativa accademica basata su ShareLaTeX realizzate dal gruppo di lavoro Smart eLab dell'Istituto di Cristallografia. Per approfondimenti sulle due piattaforme si rimanda agli articoli già pubblicati su questa rivista. ^{1,2,6}

5.1 Il libro digitale come raccoglitore delle schede biografiche preparatorie

Una delle attività didattiche presenti nel software moodle è il libro digitale. Il docente e gli studenti, attraverso l'uso di un semplice editor online possono scrivere una serie di pagine HTML per una successiva consultazione. Non è necessaria alcuna conoscenza avanzata del linguaggio HTML perché sono presenti dei tasti funzionali per modificare le caratteristiche dei testi, inserire e posizionare le figure e le tabelle, per aggiungere collegamenti a risorse esterne. Il libro, oltre ad essere consultato online, può essere stampato dallo studente o salvato come eBook.

Agli studenti è stato affidato il compito di aggiungere informazioni, immagini e link alle schede del libro. Un esempio di scheda realizzata è visibile nella figura 2, mentre nella figura 3 è visibile l'editor online utilizzato dagli studenti.

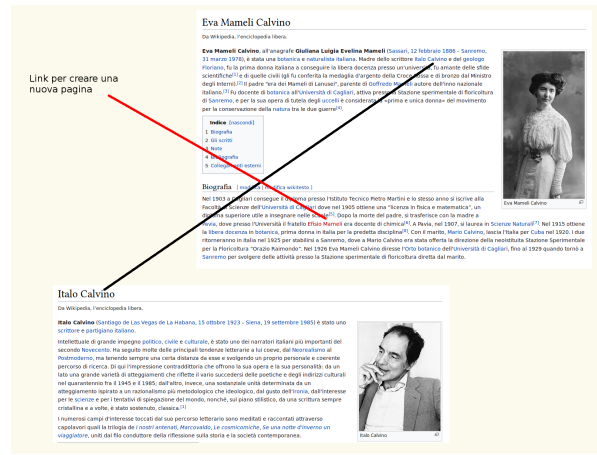


Fig. 4 Esempi di pagine wiki tratte da wikipedia.

5.2 Wiki come strumento con la raccolta degli appunti e delle bozze.

Con il termine wiki (termine hawaiano che significa "veloce") si intende un software di scrittura e di gestione di documenti ipertestuali. Con questo software, un gruppo di lavoro può realizzare in modo semplice ed immediato un documento composto di più pagine tra loro correlate da link. Ai partecipanti, oltre alla versione aggiornata del documento, sono visibili: la cronologia delle revisioni, la mappa dei collegamenti ipertestuali interni, le eventuali discussioni sulle singole modifiche. E' anche possibile fare dei raffronti fra due versioni di una singola pagina. Non è necessario avere una competenza informatica avanzata per realizzare questa tipologia di documenti perché il software è dotato di interfacce grafiche che rendono semplice sia la scrittura e sia la creazione e la gestione delle pagine. A titolo di esempio, nella pagina dedicata a Eva Mameli Calvino se si racchiude una parola presente nel testo tra doppie parentesi quadre (es. [[Italo Calvino]]) si realizza un collegamento ad una pagina con quel titolo. Se non esiste una pagina con quel titolo (es. [[Efisio Mameli]]), sarà chiesto all'utente che seleziona quel link di crearla aggiungendo il contenuto relativo. La pagina "Italo Calvino" è figlia della pagina "Eva Mameli Calvino" e se in questa è presente la parola "Eva Mameli Calvino" può essere creato il link alla pagina madre. L'esempio è mostrato in figura 4 ed è tratto dalle pagine di wikipedia.

Altra caratteristica di questa forma di scrittura è di essere di tipo liquido, cioè di adattare le dimensioni del testo e la posizione delle figure in relazione alle dimensioni del dispositivo del lettore. Per tale motivo la posizione di eventuali figure, tabelle può risultare diversa a seconda del dispositivo di lettura, ma questo è a tutto vantaggio della semplicità e rapidità di creazione e fruizione del contenuto. Non è un caso che l'applicazione più importante di questo software è l'enciclopedia collaborativa Wikipedia.

Il software moodle consente di inserire il wiki come attività didattica all'interno di corsi di formazione. Un esempio di uso didattico del wiki è la raccolta di materiale bibliografico, di note, di file multimediali e di riferimenti a risorse online per la preparazione di un lavoro di gruppo. Ogni componente del gruppo può mettere a disposizione degli altri informazioni utili a predisporre il lavoro comune. Oltre alla messa a disposizione delle informazioni, ogni componente può a sua volta scrivere dei commenti correlati al contenuto delle singole pagine

avviando una discussione.

Nell'ambito del progetto si è scelto di utilizzare il wiki per la raccolta di tutto il materiale bibliografico sulla vita e le attività di ricerca di quaranta scienziate. I tutor hanno creato una pagina principale con l'elenco delle scienziate. Ad ogni nome era associata una pagina con la traccia delle informazioni da riportare. Gli studenti sono stati suddivisi in piccoli gruppi di massimo cinque unità; ad ogni gruppo è stata affidata la realizzazione del profilo bibliografico di una scienziate. Al termine del profilo il gruppo doveva esprimere delle motivazioni per la proposta di un eventuale poster sulla vita della scienziate. Le informazioni raccolte e le motivazioni espresse erano visibili a tutti i componenti della comunità educativa. In questo modo è stato raccolto in modo collaborativo materiale utile a definire il piano di lavoro per una mostra su alcune figure femminili significative della scienza moderna.

5.3 Il Linguaggio di scrittura LaTeX

Il linguaggio LaTeX è un linguaggio di markup utilizzato per la scrittura di testi. Esso fornisce tutte le funzioni comuni per la stesura di documenti e tutti i mezzi per l'automazione della composizione tipografica, inclusa la numerazione, i riferimenti incrociati, delle tabelle e delle figure, l'organizzazione delle pagine ecc. Con LaTeX si scrive un testo preoccupandosi essenzialmente del contenuto (della struttura) e non della sua forma. Il testo del documento contiene anche le istruzioni (direttive di LaTeX) per la trasformazione del testo nella sua forma tipografica finale. Il prodotto finale della compilazione ed esecuzione del codice sorgente è un documento in formato PDF visualizzabile e stampabile nella forma stabilita dall'autore.

Questo approccio viene anche definito **WYSIWYM** (What You See Is What You Mean, cioè "ciò che vedi è quello che intendi"). L'autore inizialmente deve stabilire delle convenzioni tipografiche da usare e scriverle nel preambolo, poi si può concentrare soltanto sul contenuto del testo. Ovviamente se la tipologia del documento da realizzare è uguale a quella di un precedente documento basterà semplicemente copiare il preambolo.

L'indice (generale e analitico), il posizionamento delle figure e delle tabelle nelle pagine, la numerazione dei riferimenti saranno generati durante la compilazione del documento LaTeX.

Il file sorgente è un file scritto in formato testo e quindi leggibile da qualsiasi programma di editing di qualunque sistema operativo. Quest'ultima caratteristica rende il linguaggio adatto a essere utilizzato con software di scrittura collaborativa online. Gli sviluppatori del software ShareLaTeX⁵ hanno realizzato una piattaforma informatica di scrittura collaborativa che consente a più utenti di realizzare prodotti editoriali di alta qualità tipografica in modo collaborativo utilizzando esclusivamente un browser di pagine web. In questo modo nessun software aggiuntivo deve essere installato sul dispositivo degli utenti, i quali a loro volta non devono possedere competenze informatiche avanzate per la scrittura dei documenti con il linguaggio LaTeX. Utilizzando questo software e i suoi esempi di progetti editoriali ed una conoscenza di base del linguaggio LaTeX, per gli utenti sarà possibile scrivere, in modo collaborativo, documenti, presentazioni e poster con una alta qualità tipografica.

Dopo un breve corso sul linguaggio LaTeX, gli studenti sono

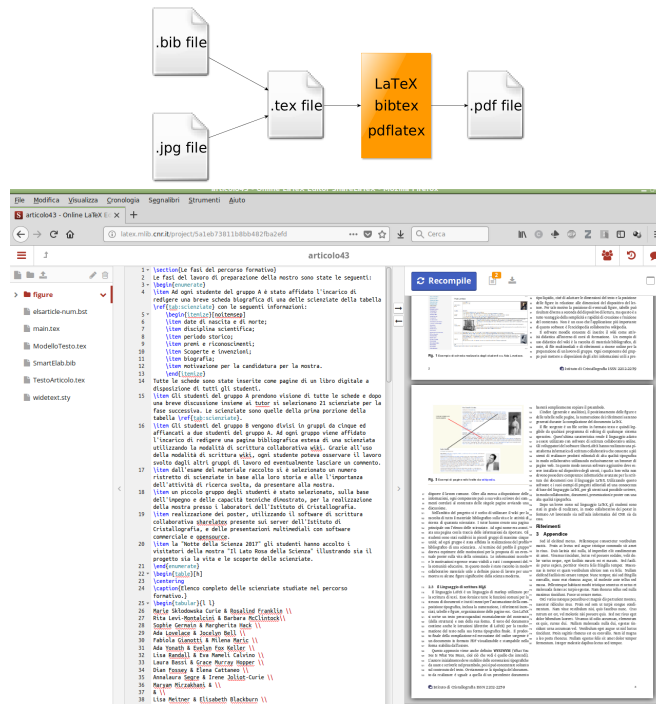


Fig. 5 Diagramma a blocchi del processo di scrittura documenti con LaTeX e esempio di pagina web per la scrittura collaborativa LaTeX.

stati in grado di realizzare, in modo collaborativo dei poster in formato A0 lavorando sia nell'aula informatica del CNR sia da casa. Nella figura 5 lo schema a blocchi del processo di scrittura LaTeX e la pagina HTML di interfaccia grafica utente di ShareLaTeX.

5.4 Le presentazioni video

Per le presentazioni video si sono sperimentate diverse soluzioni software:

- creazione di una presentazione con il programma PowerPoint⁷ (Microsoft), esportazione delle diapositive in formato immagine, scelta della colonna sonora dall'archivio di musica con licenza d'uso libera MUSOPEN⁸, montare insieme le immagini, la colonna sonora inserire i titoli di coda ed effetti di transizione con il software Windows Movie Maker⁹ (Microsoft).
- creazione della presentazione con il programma PowerPoint, esportazione diretta in formato video, scelta della colonna sonora dal sito MUSOPEN, uso del programma Windows Movie Maker per aggiungere al video, la colonna sonora e i titoli di coda.
- creazione della presentazione con il programma Impress¹⁰ (LibreOffice), esportazione in formato immagine delle singole diapositive, scelta della colonna sonora dal sito MUSOPEN, realizzazione del video utilizzando il software OpenShot.¹¹

La soluzione (a) consente di trasformare la presentazione ppt priva di animazioni in un video. La gestione dei tempi di durata delle singole diapositive, gli effetti di transizione, gestione colonna sonora e titoli di coda possono essere fatti con Movie Maker. Purtroppo quest'ultimo software non è più disponibile per i nuovi sistemi operativi.



Fig. 6 Foto di gruppo alla Notte della Scienza 2017

La soluzione (b) simile alla precedente è disponibile solo con le ultime versioni del pacchetto Office. Rispetto alla precedente le animazioni di PowerPoint vengono mantenute nel video finale. Con questa soluzione Movie Maker viene utilizzato solo per aggiungere musica e titoli di coda.

La soluzione (c) consente di utilizzare esclusivamente software open source multi-piattaforma con bassi requisiti sul hardware da utilizzare.

I video prodotti dagli studenti con le tre soluzioni sopra descritte sono tutti di buona qualità. Per la loro fruizione dopo l'evento "La Notte della Scienza 2017" sono stati depositati nel canale YouTube del progetto Minerva¹².

5.5 La mostra virtuale

Per rendere la mostra disponibile successivamente all'evento si è realizzato un libro digitale sulle piattaforme della didattica dell'Istituto di Cristallografia¹³ e del Liceo Scientifico G. Peano¹⁴. Ogni pagina del libro è dedicata ad una scienziata e contiene un video e un poster, sia in formato immagine sia in formato pdf. La fruizione della mostra virtuale è libera.

6 Conclusioni

Il percorso formativo di Alternanza Scuola Lavoro "Scienza 2.0 e Editoria Digitale Accademica" combinato con la realizzazione di una mostra divulgativa ha raggiunto tutti gli obiettivi didattici che si era proposto. La partecipazione alle attività da parte degli studenti è stata alta e di ottima qualità. Le nuove tecnologie Web 2.0 si sono dimostrate molto utili per la realizzazione collaborativa di contenuti didattici da parte di gruppi di lavoro molto numerosi. I nuovi canali di informazione di Internet consentono di fruire virtualmente la mostra anche in periodi successivi alla "Notte della Scienza 2017" allargando la platea a cui si rivolge.

7 Ringraziamenti

Gli autori ringraziano tutti gli studenti, la preside e i docenti del Liceo Scientifico G. Peano di Monterotondo per la loro partecipazione alla realizzazione della mostra. Si ringrazia L'Area della Ricerca di Roma 2 (Tor Vergata) del C.N.R. ed in particolare la sig.ra Claudia Ceccarelli per l'accoglienza nella manifestazione del 29/09/2017 della mostra e il supporto tecnico amministrativo.

Riferimenti

- 1 G. Righini, A. Pifferi, M. Catricalà, A. D. Simone, L. Ianniello, C. Ricci, M. Simonetti, L. Rossi, G. Agostini, G. Nantista, **Progetto regione lazio: Interventi di innovazione e potenziamento del sistema regionale d'istruzione – az.b. proposta formativa “uno per tutti-tutti per uno”**, SMART eLAB 2 (2013) 20–24.
URL <http://calliope.mlib.ic.cnr.it/index.php/Smart-eLab/article/view/69>
- 2 G. Righini, L. Ianniello, A. Pifferi, C. Ricci, **Piano regionale di implementazione per una cultura di orientamento formativo – progetto “il verde orienta”**, SMART eLAB 2 (2013) 25–27.
URL <http://calliope.mlib.ic.cnr.it/index.php/Smart-eLab/article/view/66>
- 3 G. Righini, A. Antonacci, L. Caccavale, M. Colapietro, G. Favaretto, A. Masi, A. Ranieri, L. Rossi, O. Tarquini, A. Pifferi, **Alternanza scuola lavoro: si riducono le distanze tra ricerca e scuola**, SMART eLAB 9 (2017) 32–38.
URL <http://calliope.mlib.ic.cnr.it/index.php/Smart-eLab/article/view/40>
- 4 La Notte della Scienza 29/09/2017 - CNR - Area della Ricerca di Roma 2 Tor Vergata, <http://nottedellascienza.wixsite.com/artov/padiglione>.
- 5 <https://www.sharelatex.com/>.
- 6 G. Righini, A. Pifferi, A. Lora, **Scrittura collaborativa accademica: metodiche e applicazioni tecnologiche.**, SMART eLAB 8 (2017) 23–26.
URL <http://calliope.mlib.ic.cnr.it/index.php/Smart-eLab/article/view/196>
- 7 Microsoft Corporation, **Office: PowerPoint**.
URL <https://products.office.com/it-it/powerpoint>
- 8 **MUSOPEN**.
URL <https://musopen.org/>
- 9 Microsoft Corporation, Windows Essentials: Movie Maker, prodotto non più disponibile.
- 10 The Document Foundation, **LibreOffice: Impress**.
URL <https://www.libreoffice.org/>
- 11 OpenShot Studios, **OpenShot**.
URL <http://www.openshot.org/>
- 12 Progetto Minerva, CNR - IC, **"Il Lato Rosa della Scienza" playlist**.
URL https://www.youtube.com/playlist?list=PLyzKWg8Bd__YJ-gngEvKpASxrYrHrCuUz
- 13 <http://minerva.mlib.cnr.it>.
- 14 <http://peano.mlib.cnr.it>.

8 Appendice

Nei file supplementari a questo articolo sono presenti i poster realizzati dagli studenti per la mostra "Il Lato Rosa della Scienza".



Learning by Doing (imparare costruendo) Lab: La nuova area dedicata alla formazione dell'Istituto di Cristallografia

Augusto Pifferi,^{*a} Guido Righini^a Luca Ianniello,^b Fabrizio Censori,^a Luigi Rossi,^a Gabriele Favaretto,^a, Antonello Ranieri.^a

Da anni l'Istituto di Cristallografia opera nel campo della formazione mettendo in campo un ampio spettro di metodologie e di attrezzature tecniche. Ultimamente, grazie al grande impegno del personale dell'Istituto per l'attuazione di percorsi di formazione di Alternanza Scuola Lavoro, l'esigenza di disporre di laboratori e di aule dedicate alla formazione integrate tra loro ha assunto notevole importanza.



Presso l'Edificio n.21 dell'Area della Ricerca di Roma 1 - C.N.R. di Montelibretti, nei locali pertinenti all'Istituto di Cristallografia (UOS di Monterotondo), è stata realizzata un'area integrata, dedicata alla formazione. Le motivazioni per la realizzazione di un'infrastruttura integrata sono: l'opportunità di creare collaborazioni con le scuole, alle quali fornire un servizio di alta qualità; dare agli studenti l'opportunità di svolgere attività lavorative simili a quelle tipiche di un Laboratorio di Ricerca. Questa infrastruttura per la formazione, utilizzabile da un limitato numero di discenti, sarà disponibile, a richiesta, a istituti scolastici e istituti di ricerca del CNR. In questo articolo viene descritta la struttura realizzata. Essa è formata da un'aula multimediale, un laboratorio di elettronica e micro-meccanica ed un locale che ospita un simulatore di volo. L'uso promiscuo delle tre aree permette la realizzazione di percorsi formativi ad hoc.

Keywords: Formazione, Comunicazione, Multimedia, E-learning, Alternanza Scuola Lavoro.

1 Introduzione

L'istruzione e l'apprendimento rappresentano due fasi imprescindibili del percorso di formazione del cittadino. L'istruzione è il processo attraverso il quale la società trasmette conoscenze, valori e competenze da una generazione all'altra. L'apprendimento è l'acquisizione di nuove competenze, conoscenze e valori da parte del cittadino. L'apprendimento è un processo sempre in corso durante tutta la vita lavorativa del cittadino (long life learning). Un ambiente integrato aula e laboratorio è una ottima opportunità per gli studenti di sperimentazione attiva dei contenuti appresi in aula (learning by doing).

Sulla base di questi concetti si evidenzia come il sapere e il saper fare rappresentino gli strumenti principali per acquisire conoscenze e competenze per un mercato del lavoro sempre più flessibile e in evoluzione.

1.1 Formazione e Alternanza Scuola Lavoro

L'Alternanza Scuola Lavoro, istituita dal MIUR, consiste nella realizzazione di percorsi formativi progettati, attuati, verificati e valutati, sotto la responsabilità dell'istituzione scolastica o formativa, sulla base di apposite convenzioni con le imprese, o con le rispettive associazioni di rappresentanza, o con le camere

di commercio, industria, artigianato e agricoltura, o con gli enti pubblici e privati, ivi inclusi quelli del terzo settore, disponibili ad accogliere gli studenti per periodi di apprendimento in situazione lavorativa, che non costituiscono rapporto individuale di lavoro art.4 D.Lgs. 15 aprile 2005, n. 77.

Con la Legge 107/2015 questo nuovo approccio alla didattica, rivolto a tutti gli studenti del secondo biennio e dell'ultimo anno, prevede obbligatoriamente un percorso di orientamento, utile ai ragazzi per le future scelte lavorative e/o formative superiori al termine del ciclo scolastico. Il periodo di Alternanza Scuola Lavoro si articola in 400 ore per gli istituti tecnici e 200 ore per i licei.

Il CNR attraverso le sue strutture (Istituti, uffici, etc) propone alle istituzioni scolastiche diverse tipologie di percorsi formativi di Alternanza Scuola Lavoro. Comunque, una facility come quella realizzata dall'Istituto da l'opportunità agli studenti, ospiti in Alternanza Scuola Lavoro, dell'uso integrato delle moderne tecnologie multimediali e delle strumentazioni elettroniche di misurazione e acquisizione dati. L'integrazione delle tecnologie di Internet e delle strumentazioni di misura è tipica di un ambiente lavorativo industriale moderno, che viene indicato con il termine Industria 4.0.

1.2 Comunicazione e formazione nell'Istituto di Cristallografia

I costi di missione degli incontri professionali e/o formativi tra colleghi di diverse sedi possono incidere pesantemente sui fondi di progetto, quindi disporre di una sede attrezzata per organizzare meeting virtuali è sicuramente un vantaggio eco-

^a CNR-Istituto di Cristallografia, via Salaria km 29.300, 00015 Monterotondo, Italia

^b CNR-Reti e Sistemi Informativi, via Salaria km 29.300, 00015 Monterotondo, Italia.

Creative Commons Attribution - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale



Fig. 1 Ingresso al campus "Learning by Doing"

nomico e un risparmio di tempo lavorativo. Se poi la si integra con una moderna piattaforma informatica per la formazione (opensource), con possibilità di reciproca visibilità e l'uso di supporti audiovisivi interattivi, si possono ottenere ulteriori ottimi risultati in risparmi sia di costi sia di tempi lavorativi.

2 Il progetto

Nei locali dell'Edificio 21 (vedi fig. 5 in appendice), di pertinenza dell'Istituto di Cristallografia, presso l'Area della Ricerca CNR di Montelibretti, è stato realizzato un ambiente integrato multifunzionale, dedicato allo svolgimento di seminari e attività di formazione.

La disposizione e l'ampiezza dei locali all'interno dell'edificio, sono tali da permettere la realizzazione di un campus con: sala riunioni, sala corsi/riunione ed un laboratorio di elettronica per lo svolgimento di attività pratiche di elettronica/informatica, sala esposizione simulatore volo e due locali uso ufficio.

3 Descrizione dei locali

Qui di seguito una breve descrizione dei singoli locali del polo formativo "Learning by Doing".

3.1 La sala corsi/riunioni

In questa sala di 30 m² sono state predisposte sei postazioni di lavoro e un Videowall per la proiezione delle immagini e/o duplicazione monitor dalla postazione docente. Tutti i PC presenti nella sala sono collegati in rete mediante un Controller Primario di Dominio con autenticazione dell'utente. Per l'accesso ad internet è stato allestito un server Proxy Open Source per il Content Filtering (navigazione controllata della rete). Con questa soluzione infrastrutturale è possibile gestire l'accesso ad internet, limitando le possibilità di navigazione non autorizzata degli utenti, soprattutto in caso di studenti in formazione ASL, per evitare motivi di distrazione dal lavoro assegnato. La limitazione della navigazione può essere attuata su siti di svago o social network non autorizzati.

Grazie all'acquisizione gratuita di sistemi multimediali, in dismissione dalla RAI per obsolescenza, dal punto di vista professionale specialistico, è stato possibile realizzare di un Videowall. I tecnici dell'Istituto di Cristallografia hanno effettuato una operazione di recupero degli apparati ripristinando



Fig. 2 Aula corsi: sullo sfondo il Videowall

con successo la funzionalità degli schermi e delle interfacce di controllo.

Il Videowall Orion Display è composto da 9 schermi piatti al Plasma da 42" montati a matrice 3x3 per una dimensione totale di 270x160 cm.(vedi fig. 2) L'aspetto visivo è 16:9. Il sistema è configurabile in diverse modalità; ad esempio è possibile visualizzare uno schermo da 2x2 mentre su gli altri schermi mostrare immagini di diversa provenienza. La risoluzione dei singoli schermi è 853x480. Gli ingressi disponibili sono:

- DVI dvi -Dsub 24 pin (Digital RGB) in modalità VGA/SVGA/XGA/UXGA 1600x1200-60Hz
- PC Analog RGB Dsub 15 pin (Analog Rgb) in modalità VGA/SVGA/XGA/UXGA 1600x1200-60Hz
- Video Composito BNC Jack.

Attraverso il software di gestione Orion PDP su piattaforma Windows XP (© Microsoft) è possibile gestire le configurazioni via comunicazione RS-232.

3.2 Ingresso/sala simulatore

Sulla sinistra della porta d'ingresso, il locale ospita un simulatore di volo con un abitacolo a forma di sfera.(vedi fig. 3) Il movimento è assicurato da n. 3 motori controllati da 3 PLC per movimenti XYZ e rotazione. L'apparato è di vecchia generazione e può essere proficuamente utilizzato per attività di formazione volte all'upgrade dei controlli meccanici ed elettrici/elettronici. Il simulatore può essere utilizzato per il controllo remoto di droni o per attività ove sia richiesta il controllo/simulazione remota di movimento.

3.3 Laboratorio di elettronica

Il laboratorio di elettronica (vedi fig. 4) è dotato di banconi attrezzati per le seguenti operazioni:

- per la realizzazione e la riparazione di circuiti elettronici (stazione saldante ad aria calda);



Fig. 3 Il simulatore di volo



Fig. 4 Laboratorio di elettronica.

- per la progettazione e la riparazione di sistemi elettrici complessi, di quadri di controllo;
- realizzazione di prototipi di schede elettroniche di controllo.

Il laboratorio viene già utilizzato per lo sviluppo di sistemi ed apparati dell'istituto: generatori elettrici a turbina eolica, sistemi per la telemetria e di alimentazione per stazioni strumentali remote.

4 Conclusioni

L'Area formativa sarà inaugurata nel mese di marzo 2018 per ospitare studenti delle scuole superiori che partecipano ad iniziative di Alternanza Scuola Lavoro dell'Istituto di Cristallografia. La funzionalità degli apparati multimediali si è rivelata molto utile per la realizzazione di collegamenti in modalità videoconferenza con docenti/tutor per lo svolgimento di lezioni frontali. La struttura realizzata risulta essere funzionale sia per ospitare corsi in sede (fino a otto studenti) e sia per per corsi in videoconferenza. La struttura si pone come complementare alla sala conferenze d'Area per gli eventi con un numero ristretto di partecipanti. In un prossimo futuro si prevede l'integrazione, con opportuni software di video-conferencing, delle postazioni dell'aula informatica corsi d'Area della Ricerca di Roma 1 nell'edificio 5.

5 Appendice

Qui di seguito viene riportata le planimetrie del edificio 21 e dell'Area della Ricerca di Roma 1 del C.N.R. con l'indicazione della posizione del Polo formativo "Learning by Doing".

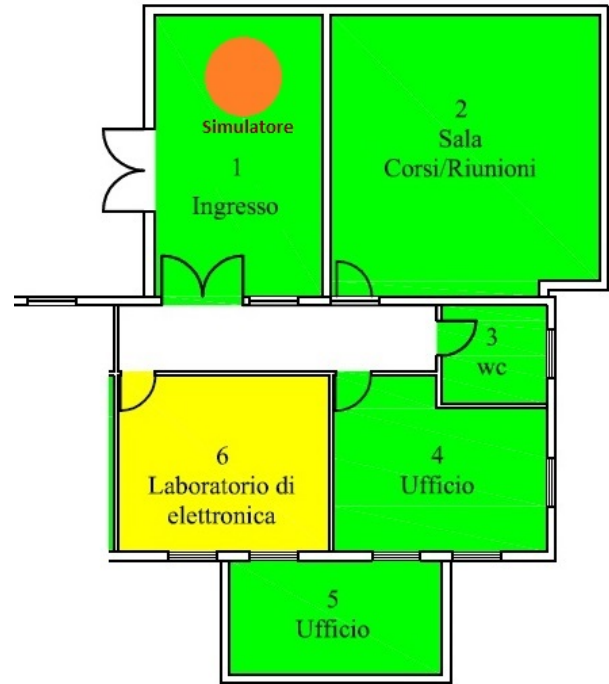


Fig. 5 Planimetria dell'Edificio 21

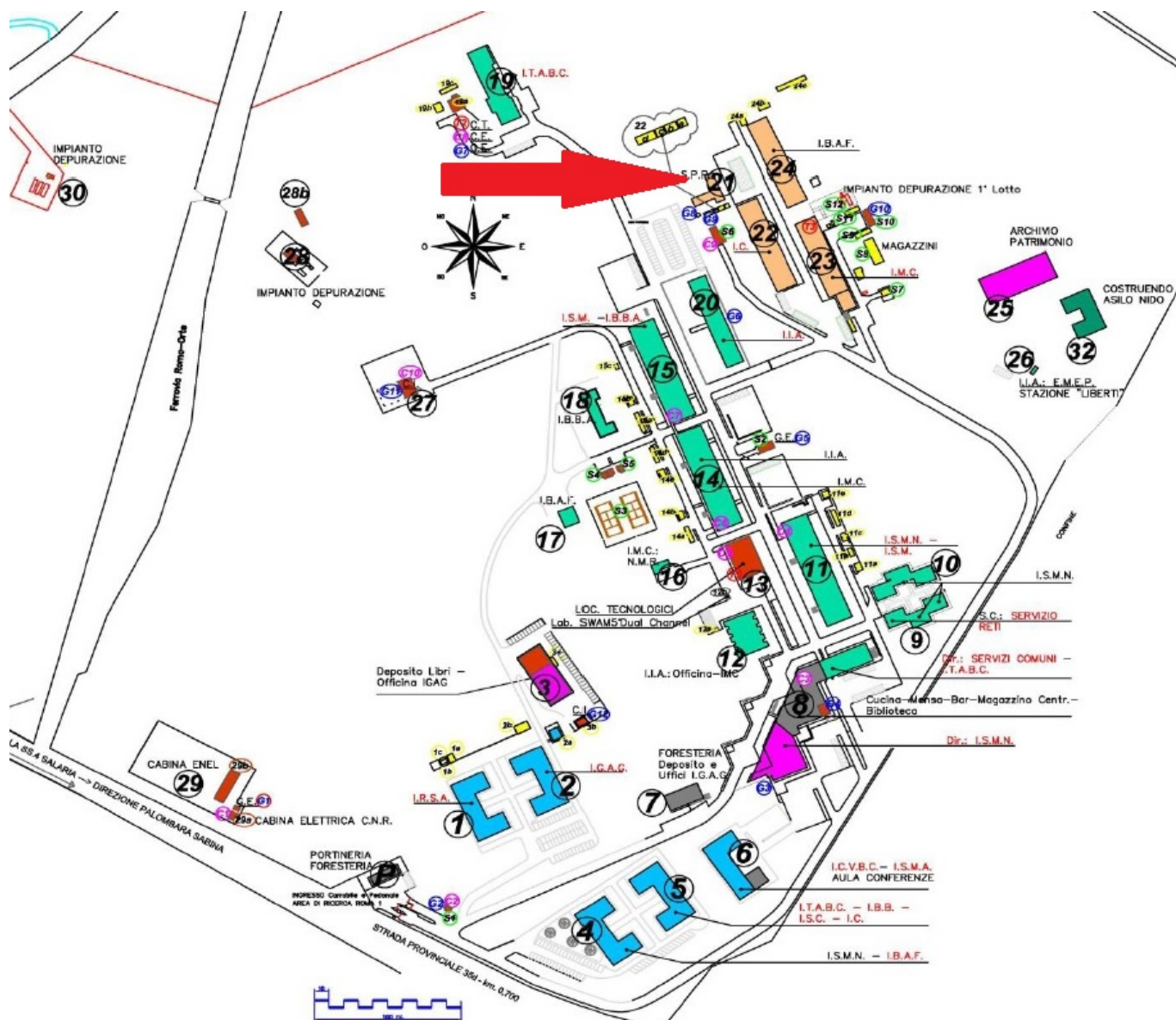
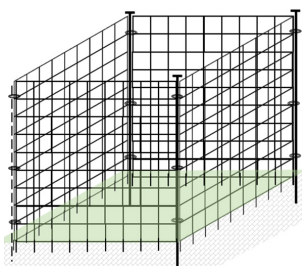


Fig. 6 Pianta dell'Area della Ricerca RM 1 di Montelibretti; la freccia rossa indica l'edificio che ospita il polo di formazione



Progettazione e costruzione di una gabbia di protezione dal pascolo per campionamenti di biomassa in ecosistemi agro-silvo-pastorali

Luca Leonardi,^a Giovanni De Simoni,^a Michele Mattioni,^{*,a} Marco Lauteri.^a



Presso l'Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale del Consiglio Nazionale delle Ricerche è in corso un progetto il cui scopo è quello di valutare gli effetti della pastorizia condotta in oliveti in condizioni di inerbimento naturale sulla qualità, varietà e crescita dell'erba, sullo stato di salute del suolo e sulla produttività degli olivi. Questo articolo descrive la progettazione, la scelta dei materiali e la loro lavorazione per la costruzione di una gabbia metallica non disponibile in commercio, smontabile e di facile trasporto per l'utilizzo in aree agricole marginali impiegate in ecosistemi agro-silvo-pastorali. Lo scopo di queste gabbie è quello di delimitare e proteggere parcelle di terreno dal pascolamento sulle quali saranno effettuati campionamenti per valutare biodiversità e produttività del pascolo.

Keywords: Gabbie protezione, campionamento, ecosistema agro-silvo-pastorale

1 Introduzione

L'erba di pascolo costituisce un mangime del tutto particolare, unico nel suo genere perché è un alimento vivo. I foraggi conservati (fieni ed insilati) e le granelle sono costituiti da cellule morte o dormienti. L'erba di pascolo è invece costituita da cellule vive per tutta la stagione vegetativa, facendone così una eccezionale fonte di nutrienti ad alto valore biologico per il bestiame. Per queste eccellenti caratteristiche, l'assunzione continuativa di erba di pascolo da parte del bestiame dà luogo a produzioni di carni, lattici e derivati con elevatissime caratteristiche nutrizionali e nutraceutiche.

La crescita dell'erba è influenzata da numerosi fattori quali ad esempio le caratteristiche pedologiche, la stagione e l'andamento meteorologico. Generalmente, la produzione primaverile è maggiore rispetto agli altri periodi dell'anno. Ogni specie foraggera ha un suo ciclo caratteristico, con una fase vegetativa in cui la pianta sviluppa l'apparato fogliare, indispensabile per un'attiva fotosintesi e una crescita rigogliosa in biomassa, ed una fase riproduttiva, in cui sviluppa gli organi fiorali che daranno luogo a frutti e semi. Il compimento della fase riproduttiva nei pascoli permanenti è prerequisito del processo spontaneo di trasemina e rinnovamento del pascolo stesso, assicurando così la produttività della successiva stagione di pascolamento. La produttività di pascoli e prato-pascoli è influenzata fortemente dalla gestione agronomica e dall'andamento meteorologico dell'annata, nonché dalla pressione pascoliva esercitata. Durante le sue fasi ontogenetiche, la composizione chimico nutrizionale delle foraggere è soggetta a marcati cambiamenti. Via via che la stagione avanza, l'accumulo in biomassa foraggera generalmente aumenta fino a raggiungere i livelli produttivi massimi.

Tuttavia, spesso, questo andamento si associa ad un peggioramento delle qualità nutritive, con incremento della componente in fibra lignino-cellulosica. Con la stagione, cambia anche il comportamento dell'erbivoro al pascolo. Inoltre, nel pascolare, gli animali selezionano le specie e le parti di pianta più palatabili, determinando spesso un deterioramento del pascolo. Per ben gestire un pascolo bisogna, quindi, avere adeguate informazioni sulla coltura in questione (composizione, ciclo e qualità) e sui fabbisogni e comportamenti nutrizionali dell'erbivoro. Solo così è possibile stabilire le tecniche di pascolamento più idonee per entrambi. Per ottimizzare tali tecniche bisogna, quindi, considerare i sistemi a pascolo quali veri ecosistemi con proprie caratteristiche di complessità e proprie dinamiche evolutive, riconoscendovi le debite componenti di habitat (o abiotiche) e biotiche. Il compito di gestire l'ecosistema agrario, scegliere le appropriate tecniche di utilizzazione ed i carichi di pascolamento ottimali sono prerogative dell'agricoltore allevatore. Questi si pone generalmente l'obiettivo di massimizzare le produzioni senza compromettere le componenti dell'ecosistema pascolo. In particolare, obiettivi comuni sono favorire il ciclo produttivo del pascolo in questione, evitare la perdita di suolo per erosione e favorire il mantenimento o l'incremento di fertilità del suolo, ad esempio facilitando la diffusione delle specie azoto-fissatrici o tramite appropriata concimazione.

I sistemi agro-silvo-pastorali sono caratterizzati dalla messa in atto di un insieme di pratiche di uso delle risorse naturali del territorio, per diverse finalità e con profonde implicazioni ecologiche ed economiche che scaturiscono dalla interazione tra le diverse componenti¹.

Tali sistemi integrano di fatto, in un disegno gestionale di tipo unitario, obiettivi produttivi legati sia alle specie erbacee che alle specie arboree con obiettivi produttivi squisitamente zootecnici. Tre principali tipi di sistemi silvo-pastorali possono essere individuati:²

- sistemi nei quali viene esercitato il pascolo permanente o

^a CNR - Istituto di Biologia Agro-Ambientale Forestale, Viale G. Marconi, 2 - 05010 Porano (TR), Italia.

Creative Commons Attribution - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

stagionale in aree boschive;

- sistemi nei quali viene introdotta e/o migliorata la produzione di foraggio all'interno di piantagioni forestali o di specie fruttifere;
- sistemi nei quali alberi ed arbusti vengono mantenuti o introdotti in aree di pascolo.

Il paesaggio rurale del bacino Mediterraneo è profondamente segnato dalle attività agro-silvo-pastorali, che hanno contribuito alla creazione di un complesso mosaico di ecosistemi e paesaggi ecologici con fortissima valenza bioculturale³. Tuttavia, i sistemi di allevamento a carattere estensivo che si riscontrano nelle aree mediterranee sono ritenuti responsabili di fenomeni di degrado ambientale, quali deforestazione e desertificazione. Tali fenomeni sono determinati da una serie di condizioni interagenti⁴⁻⁶:

- il permanere del bestiame al pascolo anche nel periodo invernale;
- l'accrescersi delle dimensioni delle mandrie o del gregge per ragioni di sostenibilità economica;
- la marginalità fisica delle aree utilizzate per il pascolamento, prevalentemente collinari e montane, con scarso spessore di suolo e vasti affioramenti rocciosi;
- le scarse ed irregolari precipitazioni e la scarsa disponibilità di punti per l'approvvigionamento d'acqua.

I sistemi agro-silvo-pastorali forniscono inoltre un contributo straordinario per il mantenimento e la salvaguardia della biodiversità animale, rappresentata da razze locali⁷, nonché per la salvaguardia di prodotti di origine animale tradizionali, espressione di un forte legame tra genotipo, ambiente di allevamento e tecnica di lavorazione. Le componenti erbacee, influenzano il profilo aromatico del latte e dei formaggi, agendo positivamente anche sul contenuto di alcune sostanze ritenute di grande interesse per la salute umana⁸.

Presso l'Istituto di Biologia Agro-Ambientale e Forestale del CNR, sono in corso esperimenti per valutare gli effetti della pratica agro-silvo-pastorale in oliveti a bassa densità, su terreni marginali in condizioni di inerbimento naturale. Lo scopo è quello di valutare l'effetto del pascolo sulla qualità, varietà e crescita dell'erba, sullo stato di salute del suolo e sulla produttività degli olivi.

Questo articolo descrive la progettazione e la costruzione di una gabbia metallica anti-pascolamento, smontabile e di facile trasporto per l'utilizzo in aree agricole marginali impiegate come sistemi agro-silvo-pastorali. Lo scopo di queste gabbie è di delimitare parcelle di terreno sulle quali saranno effettuati campionamenti per valutare biodiversità e produttività dei pascoli.

2 Definizione delle misure e scelta dei materiali.

Lo scopo delle gabbie anti-pascolamento è quello di impedire agli ovini e ad altri animali erbivori di brucare l'erba all'interno delle aree di terreno selezionate per lo studio.

I parametri fondamentali che ci guidano nella scelta dei materiali sono il basso peso, il minimo ingombro e facilità di assemblaggio e di trasporto. Questi parametri sono dettati dal fatto che l'utilizzo delle gabbie è previsto in aree agricole mar-

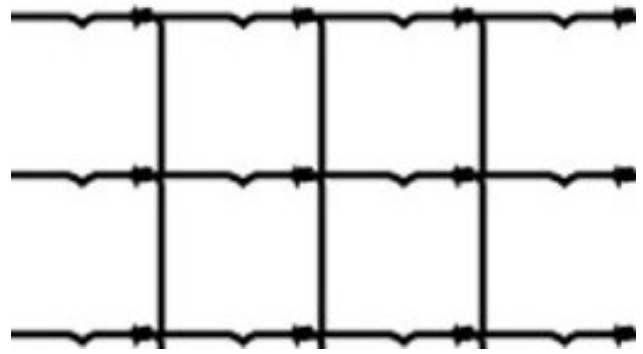


Fig. 1 Esempio di rete per recinzione pastorale con maglia 15x15 cm e diametro del filo 4 mm

ginali, spesso non facilmente accessibili a mezzi di trasporto di grandi dimensioni.

Prima di procedere all'acquisto o alla progettazione delle strutture più idonee ai nostri scopi sono state valutate le misure di muso e garrese degli ovini; è stata inoltre presa in considerazione la superficie minima di prato adeguata all'esecuzione degli esperimenti. Dallo studio effettuato si è stabilito che per le gabbie una grandezza della maglia o la distanza tra barre compresa tra gli otto e i dieci centimetri è più che sufficiente per impedire che gli ovini possano inserire il muso all'interno delle aree da proteggere. L'altezza della struttura deve essere compresa tra i 0,8-1,2 m per impedire che gli animali possano saltarvi all'interno. La superficie di terreno necessaria per poter effettuare campionamenti sufficientemente precisi, riproducibili e rappresentativi delle condizioni del pascolo è compresa nel range di 0,6-1,1 m². Ultimo parametro analizzato è la grandezza dei fili metallici delle maglie o quella delle barre. Per i fili è opportuno non scendere sotto i 5 mm per evitare che animali selvatici possano causare la rottura delle strutture. Per quanto riguarda le barre è opportuno non scendere sotto i 10 mm.

Una dettagliata ricerca di mercato ha mostrato che ci sono in commercio svariate soluzioni che soddisfano in parte o in tutto le caratteristiche appena descritte. Ad esempio, è di facile reperibilità la classica rete di recinzione pastorale (Figura 1) la cui altezza varia da 1 a 1,4 m, con diametro del filo che va da 2 a 4 mm per i prodotti extra pesanti, con grandezza delle maglie le cui dimensioni più piccole sono 8x15 cm. Il problema di questa rete è costituito dal diametro del filo che, anche se di 4 mm, è troppo piccolo e può essere facilmente danneggiato dagli erbivori affamati. Inoltre, le dimensioni della maglia sono troppo grandi e quindi non impediscono agli ovini di inserire il muso e brucare l'erba nella zona adiacente alla rete stessa.

Esistono in commercio pannelli per ovini a 6 barre orizzontali, alti 91 cm e lunghi 1,83 m. Questi pannelli offrono una grandissima resistenza perché costruiti in metallo tubolare; persiste il problema della distanza tra le barre, non sufficientemente stretta da impedire che gli ovini possano inserire la testa all'interno. Giocano inoltre a sfavore l'alto prezzo di vendita medio non inferiore ai 122 euro per pannello, le grandi dimensioni e il peso, fattori questi ultimi che rendono difficoltoso il trasporto (Figura 2).

Lo stesso modello appena descritto è presente in commercio rivestito di lamiera; presenta due problemi: il peso eccessivo e l'ombreggiamento del tappeto erboso causato dalla lamiera stessa, specialmente nelle prime ore del mattino e nelle tarde

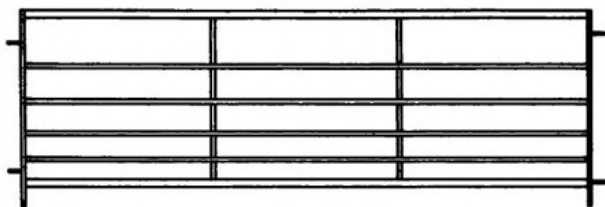


Fig. 2 Pannello in barre del diametro di 25 mm



Fig. 3 Pannello in barre del diametro 25 mm interamente rivestito di lamiera



Fig. 4 Pannello con griglia inferiore di protezione

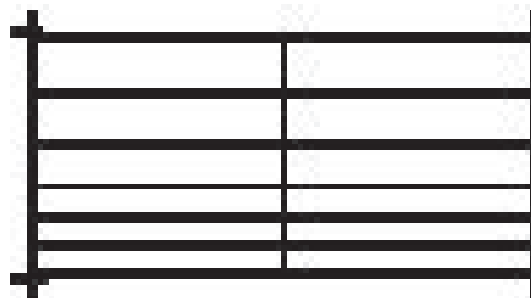


Fig. 5 Pannello in tubolare di 25 mm delle dimensioni 1,37x0,92 m e distanza delle barre di 10 cm nella parte inferiore della struttura

ore del pomeriggio. Il prezzo di vendita medio non è inferiore ai 130 euro a pannello (Figura 3)

Sono reperibili in commercio anche pannelli per ovini in metallo con la presenza di una griglia nella parte inferiore che impedisce alle pecore di brucare l'erba. La dimensione di questo pannello è 2,4 m di lunghezza per 1 m di altezza. Questo pannello sarebbe ideale per i nostri scopi ma rimarrebbe difficile il trasporto; il costo medio, alla stesura di questo lavoro, è di circa 79 euro. (Figura 4)

In ultimo, una azienda commercializza un pannello in tubolare della grandezza di 25 mm, dimensioni di 1,37x0,92 m, del peso di 13 kg con 7 tubolari orizzontali a distanza crescente dal basso verso l'alto. Questo articolo si avvicina molto alle nostre esigenze in quanto la distanza tra le barre orizzontali nella parte bassa della struttura è di 10 cm, distanza sufficiente per impedire alle pecore di inserire la testa all'interno e brucare l'erba di margine. La superficie protetta con quattro di questi pannelli è pari a 1,88 m², il costo medio ad oggi è di circa 73 euro a pannello (Figura 5).

Risulta evidente che l'unica struttura disponibile in commercio abbastanza idonea al nostro caso è quella illustrata nella figura 5. Tuttavia, permane il problema del prezzo che nel nostro caso è pari a 292 euro necessari per l'acquisto di quattro pannelli per delimitare una singola parcella. Gli studi in questione richiedono sovente la delimitazione di numerose parcelle atte a descrivere statisticamente tutte le tesi sperimentali in analisi, con evidente lievitare dei costi della ricerca. Inoltre, un problema secondario non trascurabile, è che la struttura delimita aree di terreno pari a 1,88 m², a volte esuberanti per gli scopi sperimentali. Per ovviare a questi inconvenienti di varia natura, abbiamo deciso di effettuare una progettazione ex novo di una struttura anti-pascolamento modulare.

La scelta dei materiali cade quindi su quelli a basso costo e di facile reperimento. Valutiamo anche le misure dei materiali grezzi più appropriate a minimizzare gli inevitabili sprechi causati dalle tagliature. Altro fattore fondamentale che si è tenuto in debito conto nella progettazione delle gabbie, è quello di realizzare una struttura leggera, possibilmente pieghevole, allo scopo di facilitare il trasporto su luoghi sperimentali anche impervi. Dopo attenta valutazione, la scelta del materiale è ca-

duta sul comune ferro per edilizia perché facilmente reperibile, abbastanza leggero e di basso costo. Per ancorare la struttura a terra si è deciso di utilizzare del tondino zigrinato del diametro di 12 mm, presente in commercio in barre della lunghezza di 6 m del peso di 0,888 Kg/m al prezzo di 7,50 euro a barra (Figura 6A). Per la creazione delle pareti laterali si utilizzerà una rete elettrosaldata zigrinata con maglie delle dimensioni di 10x10 cm prodotta con filo del diametro di 5 mm. Tale rete elettrosaldata è disponibile in commercio in fogli di dimensioni di 3 m x 2 m, del peso di 18,5 kg al foglio pari a 3,08 kg/m², il prezzo medio è pari a 17 euro al foglio (Figura 6D).

Le pareti laterali e i paletti di ancoraggio al terreno saranno legati tra di loro mediante anelli metallici del diametro di 26 mm aperti ad una estremità al prezzo di 0,90 euro l'uno (Figura 6B). Sono stati scelti anelli del diametro interno di 26 mm perché devono contenere i fili di due pareti laterali, ciascuno del diametro di 5 mm e il paletto di ancoraggio al terreno del diametro di 12 mm per un totale di 22 mm. Rimangono 8 mm che consentono una tolleranza che permettere lo scorrimento del paletto di ancoraggio quando viene inserito in campo all'interno degli anelli. Una piattina in ferro dello spessore di 3 mm sarà infine saldata sulle teste dei paletti di ancoraggio a terra come sistema di protezione da colpi accidentali di martello sulle mani degli operatori. Le piattine, inoltre, impediscono il sollevamento delle pareti della gabbia da parte degli animali (Figura 6C).

Per limitare al minimo lo spreco di materiale per effetto delle tagliature, si decide di costruire le gabbie con le seguenti dimensioni: pareti laterali quadrate con lato di 90 cm che permettono di ottenere una superficie protetta di 0,81 m²; paletti di ancoraggio lunghi 1,20 m che consentono un ancoraggio al suolo di 30 cm.

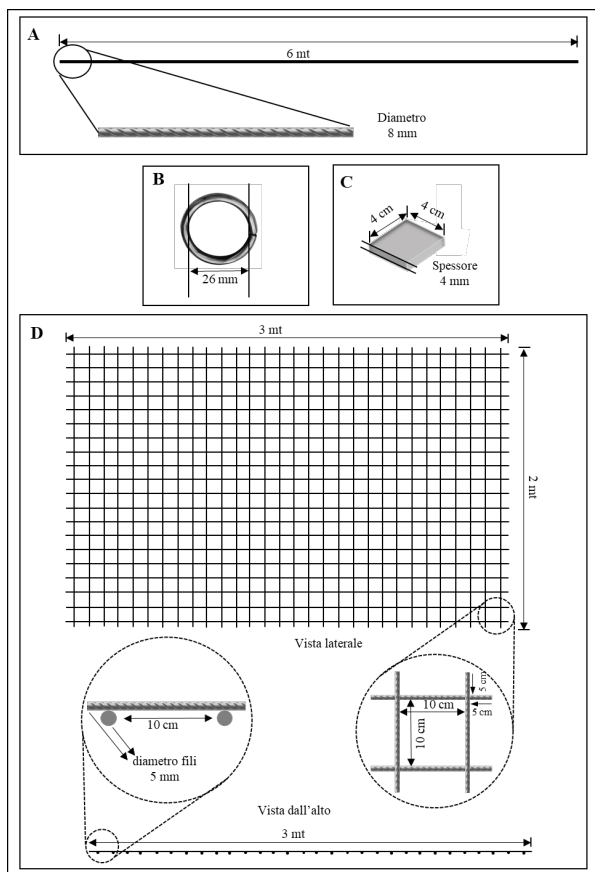


Fig. 6 Materiali scelti per la costruzione della gabbia: A tondino per edilizia in ferro zigrinato utilizzato per ancorare la gabbia al suolo; B anelli metallici per legare tra di loro le pareti laterali; C quadro metallico salvamano e antisollevamento pareti da saldare sulla parte superiore del paletto; D rete elettrosaldata in ferro zigrinato per la costruzione delle pareti laterali.

3 Costruzione della gabbia

Come primo passo si è proceduto al taglio della rete elettrosaldata per ottenere le pareti laterali delle dimensioni di 90 cm per lato. I due lati verticali di ciascuna parete si prolungano, comunque, con spuntoni di 5 cm che serviranno per un sicuro ancoraggio a terra. Il taglio viene effettuato in maniera da eliminare qualsiasi sporgenza sui lati esterni delle pareti per evitare che possa essere pericolosa per gli operatori e per gli animali. Il taglio della rete viene effettuato seguendo lo schema riportato in (Figura 7A linee rosse tratteggiate) tramite l'utilizzo di una smerigliatrice. I tagli effettuati in questo modo permettono di ottenere 6 pareti per ogni foglio di rete elettrosaldata con un minimo spreco di materiale.

Il secondo passo ha riguardato la costruzione dei paletti per l'ancoraggio della gabbia al terreno. I tondini di ferro della lunghezza di 6 m vengono tagliati mediante una smerigliatrice in 5 segmenti, ciascuno lungo 1,2 m (Figura 7B linee rosse tratteggiate). Alla parte terminale di ciascun paletto viene praticato un doppio taglio a 45° allo scopo di creare una punta per facilitare la penetrazione del paletto all'interno del terreno. All'altro lato di ciascun paletto viene saldata una piattina metallica delle dimensioni di 3 cm per lato. Questa piattina ha un duplice compito: il primo è quello di proteggere le mani dell'operatore durante le operazioni di inserimento del paletto nel terreno da martellate accidentali sulle mani; il secondo scopo è

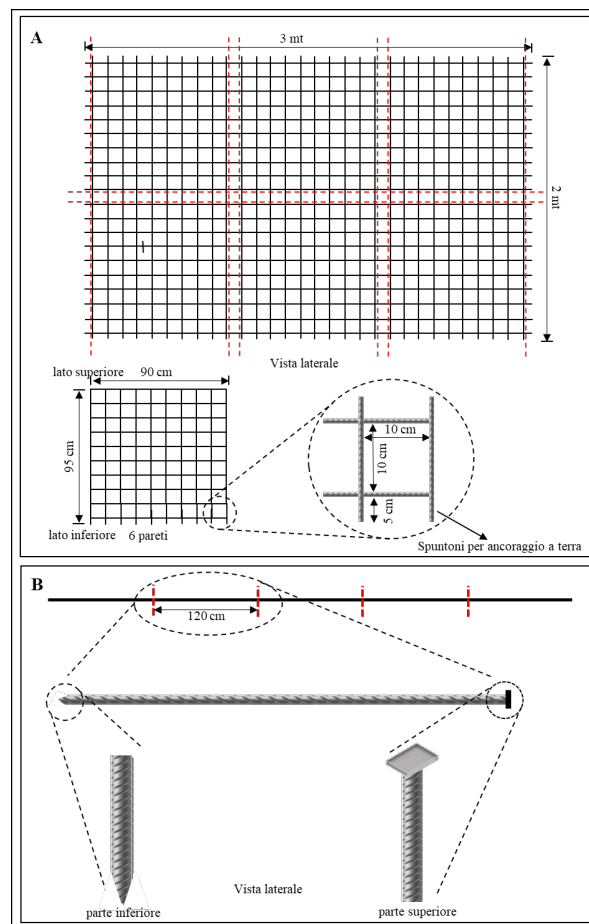


Fig. 7 A Schema di taglio dei fogli di rete elettrosaldata per la preparazione delle pareti, B Schema di taglio del tondino e di costruzione dei paletti di ancoraggio al terreno

quello di impedire il sollevamento delle pareti della gabbia ad opera degli animali.

Il terzo passo ha riguardato l'apertura manuale degli anelli metallici che verranno utilizzati per collegare tra di loro le pareti laterali. Una volta effettuati i tagli e l'apertura degli anelli, si procede all'assemblaggio delle pareti per ottenere la gabbia pronta all'uso. Come mostrato in Figura 8 il processo di assemblaggio avviene utilizzando per ogni gabbia quattro pareti laterali e nove anelli di congiunzione. Le quattro pareti vengono disposte contiguamente e collegate tramite gli anelli di congiunzione. Ogni coppia di pareti viene collegata mediante tre anelli, una volta inseriti, gli anelli vengono chiusi mediante apposite pinze e successivamente saldati per impedirne l'apertura.

La chiusura finale della gabbia, che avverrà successivamente in campo, al momento dell'assemblaggio richiede tre anelli aggiuntivi che verranno inseriti e stretti a mano mediante l'utilizzo di pinze, permettendo così anche un facile smontaggio e una rapida rimozione della struttura al termine dell'esperimento. La gabbia così costruita presenta la seguente serie di vantaggi:

- richiudibilità a libretto con conseguente minimo ingombro in fase di trasporto (circa 8 cm di spessore in posizione chiusa);
- facilità di caricamento, scaricamento e di trasporto;
- leggerezza: ogni gabbia costituita da 4 pareti e 9 anelli ha un peso di 12,5 kg.

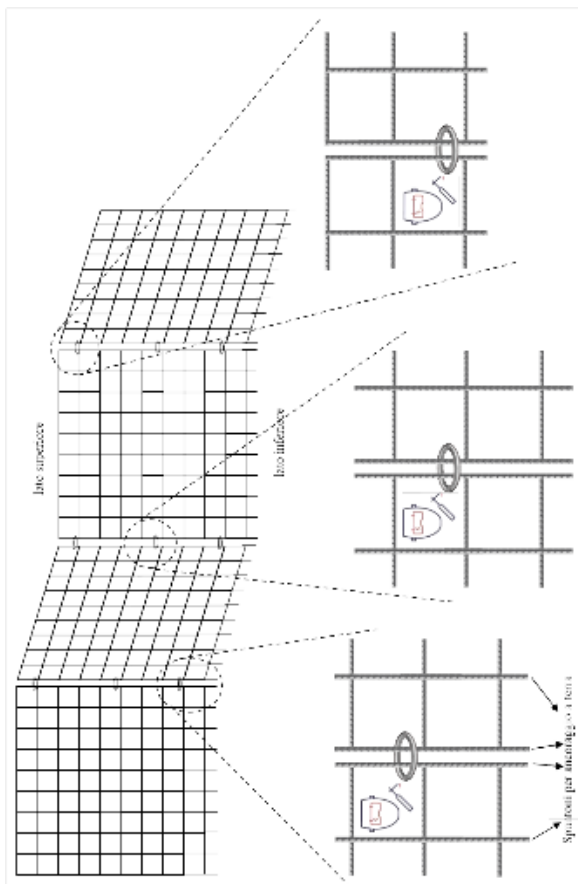


Fig. 8 Schema di legatura delle pareti con gli anelli di bloccaggio e successiva saldatura.

Al termine della chiusura degli anelli e della loro saldatura, la gabbia è già pronta per l'uso in quanto l'assemblaggio finale avviene direttamente in campo. La Figura 9 mostra la versatilità e la facilità di uso sia nell'apertura che nella chiusura della struttura (A, B) e i minimi ingombri quando è chiusa.

4 Montaggio della struttura in campo

Una volta trasportata in campo la struttura è di facile montaggio. La gabbia va aperta appoggiandola a terra, disponendo le 4 pareti con ciascun lato a 90° fino a formare un cubo. I rimanenti tre anelli aperti vengono fissati ai due lati della gabbia per consentirne la chiusura. Una volta inseriti gli anelli vengono chiusi manualmente con delle pinze e i 4 paletti di ancoraggio vengono inseriti all'interno dei 3 anelli presenti in ciascun angolo della struttura. (Figura 10A).

Infine la gabbia viene ancorata al suolo conficcando nel terreno con l'aiuto di una mazzetta, i paletti fino a quando la piastrina metallica presente alla sommità di ciascun paletto tocca gli angoli delle pareti laterali (Figura 10B). In questo modo viene impedito il sollevamento da terra ad opera degli animali, permettendo di creare così una zona "stagna" delle dimensioni di 0,81 m².

Le immagini 11-19 documentano l'area agricola marginale dove sono state montate le gabbie, il trasporto ed il montaggio in campo, mostrando il minimo ingombro sul mezzo di trasporto, oltre alla facilità di uso in campo ed il montaggio effettuato dal personale dell'IBAF.

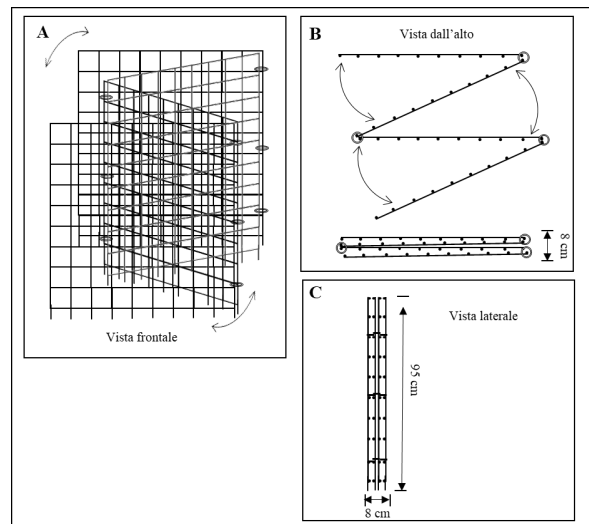


Fig. 9 Schema di ripiegamento A: vista frontale delle pareti laterali e meccanismo di apertura e chiusura. B: Vista dall'alto e relative manovre di apertura e chiusura delle pareti laterali. C: Vista laterale della struttura chiusa e relativi ingombri

5 Conclusioni

È stata progettata e costruita una gabbia metallica anti-pascolamento per delimitare superfici di terreno per uno studio della produttività di un pascolo inserito in un sistema agrosilvo-pastorale in terreni agricoli marginali. Le caratteristiche e i punti di forza di questa gabbia, a nostro sapere non reperibile in commercio, sono i seguenti:

- basso volume di ingombro e di peso (peso totale della gabbia 12,5 Kg);
- facilità di apertura e chiusura della struttura;
- facilità di trasporto anche in zone agricole marginali e terreni estremamente scoscesi, perché trasportabile tramite pick-up;
- facilità di montaggio e smontaggio;
- costo contenuto;
- estrema versatilità in quanto l'uso per la delimitazione e la protezione di aree di suolo la rende impiegabile per una ampia possibilità di esperimenti e studi scientifici;

Tale progettazione ha portato alla costruzione di una gabbia dal costo complessivo di soli 18 euro di materiale. Il costo della mano d'opera, tenendo conto che la costruzione di una gabbia richiede circa un'ora di lavoro di un operatore tecnico, ammonta a circa 27 euro. Il costo totale è quindi di 45 euro a gabbia contro i 292 euro del prodotto commerciale descritto precedentemente e che maggiormente si adattava alle nostre necessità. In conclusione, questa costruzione ha permesso un risparmio di circa 2.470 euro nell'esperimento di esempio, fornendo una struttura nettamente più maneggevole e versatile rispetto a quelle presenti in commercio.

Riferimenti

- 1 J. H. McAdam, Silvopastoral systems in North-West Europe, in: International Congress on Silvopastoralism and sustainable held management, Lugo (S), 2004, pp. 19-23. doi:10.1079/9781845930011.0019.
- 2 E. Murgueitio, Silvopastoralism and sustainable land management (2006).

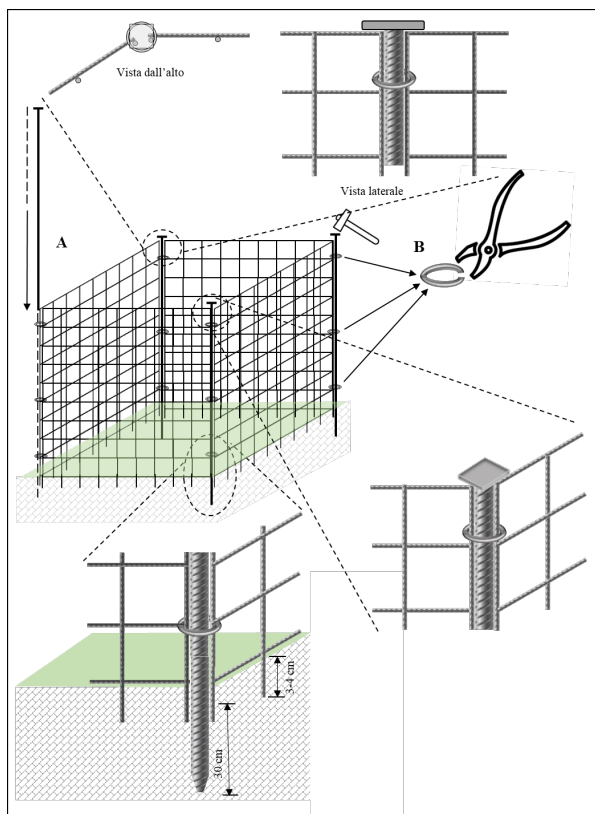


Fig. 10 Steps di assemblaggio effettuati in campo

- 3 F. Di Castri, *Ecosystems of the world*, Vol. 2, Elsevier, 1981, Ch. Mediterranean type shrublands of the world, pp. 1–52.
- 4 G. Tsoumis, *The depletion of forest in the mediterranean region – an historical review from the ancient times to present*, *Scientific Annals of the Department of Forestry and Natural Environment* 11 (1985) 281–300.
- 5 G. Pulina, A. Cappio-Borlino, M. D'Angelo, A. H. D. Franciscano, *Grazing in Mediterranean Ecosystems: a complex approach as addressed in the EU Medalus project*, European Commission, EUR 183ON, Luxemburg, 1998.
- 6 A. C. Mayer, B. L. Estermannand, V. Stockli, M. Kreuzer, *Experimental determination of the effects of cattle stocking density and grazing period on forest regeneration on a subalpine wood pasture.*, *Animal Research* 54 (2005) 153–171.
- 7 L. Battaglini, A. Mimosi, M. Gentile, C. Lussiana, V. Malfatto, M. Bianchi, *Razze bovine allevate nel territorio montano piemontese: realtà e prospettive*, in: *Quad. SOZOOALP*, Vol. 3, 2006, pp. 84–93.
- 8 R. Rubino, Y. Chilliard, *Relationship between feeding system and goat milk and cheese quality*, in: *Proc. 54th annual meeting EAAP*, Rome, no. 341, 2003.



Fig. 11 Sistema agricolo silvo-pastorale in area agricola marginale dove sono state posizionate le gabbie anti-pascolamento



Fig. 12 Ingombro delle gabbie caricate sul mezzo di trasporto



Fig. 13 Operazioni di montaggio in campo: apertura della gabbia



Fig. 14 Operazioni di montaggio in campo: chiusura della gabbia e inserimento dei paletti di ancoraggio



Fig. 17 Particolare della gabbia assemblata



Fig. 15 Operazioni di montaggio in campo: inserimento dei paletti di ancoraggio e bloccaggio mediante inserimento nel suolo dei paletti



Fig. 18 Gabbia assemblata e pronta per l'uso



Fig. 16 Operazioni di montaggio in campo: chiusura finale della gabbia



Fig. 19 Immagine d'insieme che mostra la gabbia in uso nel contesto del sistema agricolo silvo-pastorale

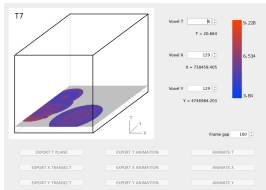


TIMESCAPE LOCAL SPACE-TIME INTERPOLATION TOOL: Projected Coordinates Java Standalone Application

Marco Ciolfi,^a Francesca Chiocchini,^a Michele Mattioni,^a Marco Lauteri^a

Many ecological variables vary both in space and time and the datasets are often distributed far from the ideal statistical sampling: the Timescape algorithm attempts to cope with environmental sciences datasets with a scattered spatial and temporal distribution. TimescapeLocal, in particular, is suited for the use of projected coordinates datasets, including the widespread Universal Transverse Mercator and Lambert Conformal Conic spatial reference systems (local to regional scales). The spatial distances can be evaluated according to the standard Euclidean, diamond and square metrics, then a spacetime distance, which includes a causal constraint, is computed. The interpolation then follows, with a few ordinary spatial interpolation algorithms, included in the software package. A typical run lasts a few hours, depending on the complexity of the algorithm, the metrics chosen and the number of output cells.

Keywords: Software, Java, projected coordinates datasets.



0 Introduction

The notion of spacetime in physics dates back to the beginning of the 20th century with the Minkowski formulation of the Special Relativity Theory. Since then, the spacetime approach has been proven efficient in field theory and statistical physics as the ideal arena for the description of the most diverse phenomena. Spacetime is the stage of changing patterns in many other disciplines and we believe that it could be useful in forest ecology modeling as well, despite some mathematical subtleties.¹

Timescape borrows from the spacetime of Physics the notion of causality.² In relativistic Physics the notion of *light cone*, strictly linked to causality, emerges from prime principles; this is not the case in the spacetime described above, with the ordinary Euclidean distance. In our case a causal structure has to be "enforced by hand", imposing a constraint of maximum possible influence. We define the *causal ratio* r_{AB} as the adimensional ratio between the ground distance and the time distance of the points A and B , i.e.

$$r_{AB} = \frac{\sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}}{c |t_A - t_B|} \quad (1)$$

this quantity measures how far (in space) A and B are with respect to their separation in time. The factor c is needed to keep the quantities comparable. The figure 0.1 below shows the space dimension(s) horizontally and the forward-only time dimension vertically.

Enforcing a causal constraint means defining a certain cone of influence on such abstract space. A *forward causal cone* contains all the possible outcomes of a source point x (red dots), while the yellow dots indicate unreachable events, i.e. they cannot have been influenced by x . In the same way, green dots belong to the *backwards causal cone* so they are possible causes for x , while the blue dots are not. The aperture of the cone can be adjusted according to the very nature of the modelled phenomenon, so for any point x of the model at a time, say, t_0 , we have a moving forward surface S_x^+ which scans the future of x at any time $t^+ > t_0$ and a backwards surface S_x^- which scans the past of x at any time $t^- < t_0$.

Inflating the two-dimensional construction to a full three-dimensional representation, as in the figure above, we can see that every point x of the model possesses a causal structure. In particular, following the same colour coding, the green dots are the set of events (a subset of our observations) which could have caused x , so we must estimate our value at x using only its green dots, i.e. the elements falling into x 's backwards causal cone.

How wide should the cone be? it is controlled by the Timescape parameter k , which is the maximum acceptable value r_{AB} for two points A and B to be causally connected (eq. 1). Operatively we have just to check $r_{AB} \leq k$; which point is the cause and which

^a Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale (IABF), Via Guglielmo Marconi N. 2, Porano (TR), Italia.

Creative Commons Attribution - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

1 The Minkowskian spacetime is not what is going to be used in Timescape. Nor Timescape has anything to do with Relativity, even if there are -deliberately- some common mathematical techniques involved.

2 Causality emerges naturally in a relativistic framework as a consequence of a maximum allowed velocity, the speed of light c , thus dividing the spacetime of a point in accessible (so called *timelike*) areas and unreachable (*spacelike*) ones, even for the light itself.

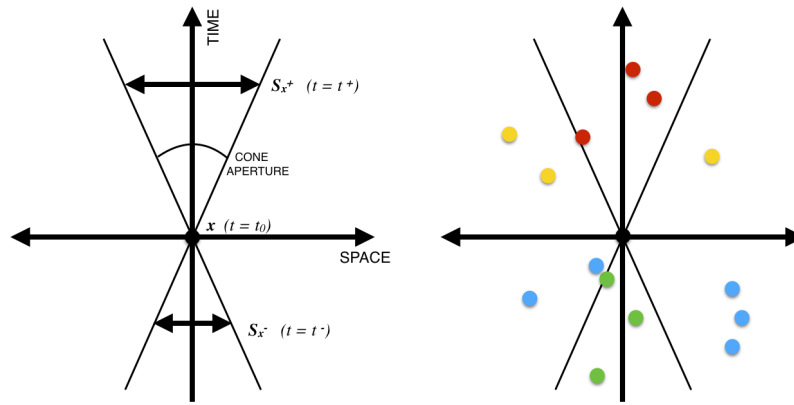


Fig. 0.1

one is the outcome depends on the values of time:

$$\sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2} \leq kc |t_A - t_B| \quad (2)$$

Large values of k are related to loose constraints, i.e. a fast diffusion is allowed.³ on the other hand, small values of k are related to very strict causal constraints, that is low diffusion rates. The value of k is assumed constant here for the sake of simplicity, but it can be a function of the position in the spacetime and also of ancillary variables (external conditions).

The particular flavour of a Timescape model is given by the combined values of c and k . c tells us how much we must correct our readings with respect to time differences, while k says how strict we are about causality.⁴

0.1 Model Evaluation

The Timescape model is built as follows: an empty model is inserted into the database then, one *sheet* (constant time section) at a time, all the voxels are evaluated. Each sheet's voxel has its own causal cone which contains only a subset of all the samples from which we are interpolating. If the cone is empty, no value can be attributed to the voxel. After the interpolation of the voxels' values, these are re-inserted into the database, and the calculation proceeds with the next sheet, till the last.

If the backwards causal cone of the voxel located at a certain point x contains at least one source point, the evaluation can take place as follows:

- Distance assessment: for all the source points s_k evaluate the corresponding distances d_k from x , thus obtaining the couples (s_k, d_k) . Each source point s_k possesses a value v_k .
- Pruning: order the couples by increasing distance and retain only the first N of them. It is possible to skip this phase and use all the couples. Usually just the few nearest s_k give a significant contribution.
- Spatial statistics: use any established geostatistical algorithm to estimate the value at x . For example, using a simple IDW, where the weights $w_k = 1/d_k$, the value v at x is:

$$v = \frac{\sum_k w_k v_k}{\sum_k w_k}$$

The last step ensures that Timescape is at least as good as the spatial interpolator adopted, inheriting from it the proof of convergence (and the interpolator's defects too, of course). As of now, there are lots of options for the spatial statistics step, other than the plain IDW: **TimescapeLocal** offers a variety of methods, ranging from IDW to Kriging,⁵ incorporating also harmonic (periodic) corrections.⁶

In fact, the Timescape Algorithm does not act on interpolation itself, but on the structure of the samples dataset with a suitable distance definition. It is like reshuffling the dataset for each interpolated voxel, so that each voxel is a little model on its own. This procedure is fair as long as the distances defined are true distances.

³ An infinite value of k is acceptable as well, meaning that the causal cones fill all the space.

⁴ Technically speaking, it is a Wick-rotated Euclidean version of Minkowskian spacetime but, unlike the latter, it requires two separate parameters to establish the causal relationships among points. This construction resembles the *light cones* of Special Relativity: as said, this is not by chance, but the realms of possible applications of the two constructions are completely different. Timescape is thought for ecological issues. The interested reader can consult any manual about Special Relativity. The technical term for a point of spacetime is *event*, but we will not follow this convention here due to possible confusions with the layman meaning of the word *event*.

⁵ The kriging evaluation is still in-progress code, it is marked as -TODO- in the appropriate software panel.

⁶ It is possible to plug one's own interpolators, but it requires the coding of a Java class per each new interpolator, extending a suitable abstract class. Reflection is used in order to incorporate automatically new user-defined classes; sometimes it causes some trouble, depending on the user's Virtual Machine settings.

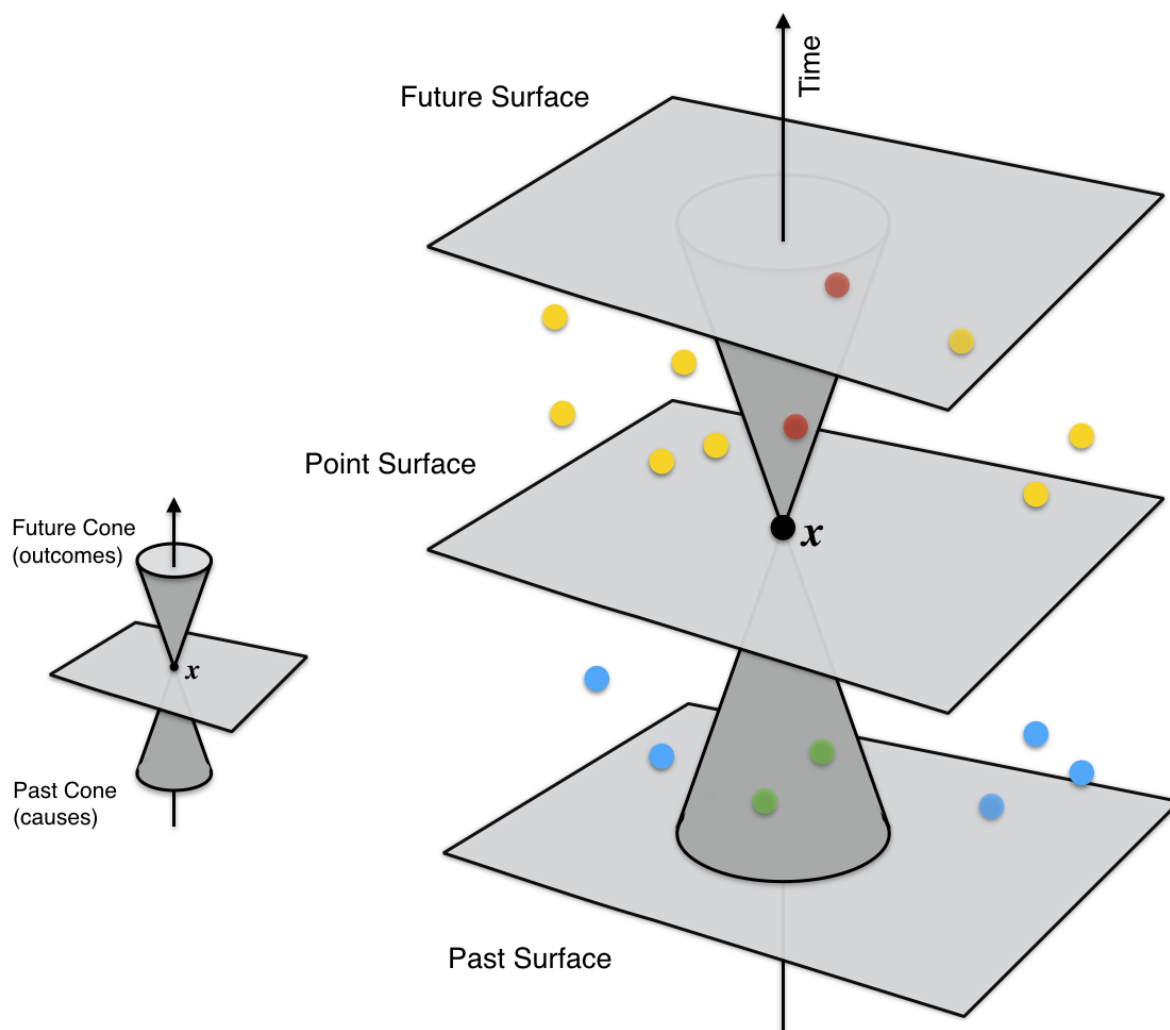


Fig. 0.2

0.1.1 Model Tuning

There are many options for Timescape tuning, some were already mentioned before, about distances and causality. The distinctive character of any Timescape model is given by c and k , since these model the space-time relationship according to the user's needs, but how to choose these parameters if there is no clue about their values? As a rule of thumb, as an initial guess c should be chosen in such a way that the model bulk is roughly a cube, i.e. $c\Delta T \sim \Delta X$ or $c = \Delta X / \Delta T$, where ΔX and ΔT are the space and time intervals of the model; if they are not comparable, probably space or time variability is the prevailing aspect by far, so one can use ordinary spatial statistics or time series analysis techniques. A first guess for k is harder to motivate, one can simply try $k = 1$ and move towards ∞ or 0 if there are too few or too many points falling inside the causal cones.

If one knows about a transport phenomenon which is occurring about the variable under scrutiny, c can be chosen as the appropriate velocity (in units of length per units of time.⁷ A good guess for k should be 2 or 3; $k = 1$ can be chosen if one knows for certain that c is an insuperable threshold.⁸

The fine tuning of a model is achieved through a set of other parameters, which include:

- The *neighbourhood consistency* N : it is the maximum number of source points to be considered for the statistical interpolation.
- The *maximum distance* D , if we assume that the source points more than D apart cannot have any influence on the estimate.
- The *metric* employed: the neighbourhood of a point can be considered a circle a square or a diamond.⁹ It does not affect the general behaviour of a model but can change the values.

It is also possible to interpolate the values from ancillary variables instead of the actually measured values, or to corroborate the

⁷There are no predefined units in **TimescapeLocal**, space can be given in metres, as a general rule, for this is the unit of UTM and Lambert Conical projections.

⁸This is the case in Special Relativity, where c is the speed of light and no other parameter is needed to define causality.

⁹These are said to be *equivalent metrics*.

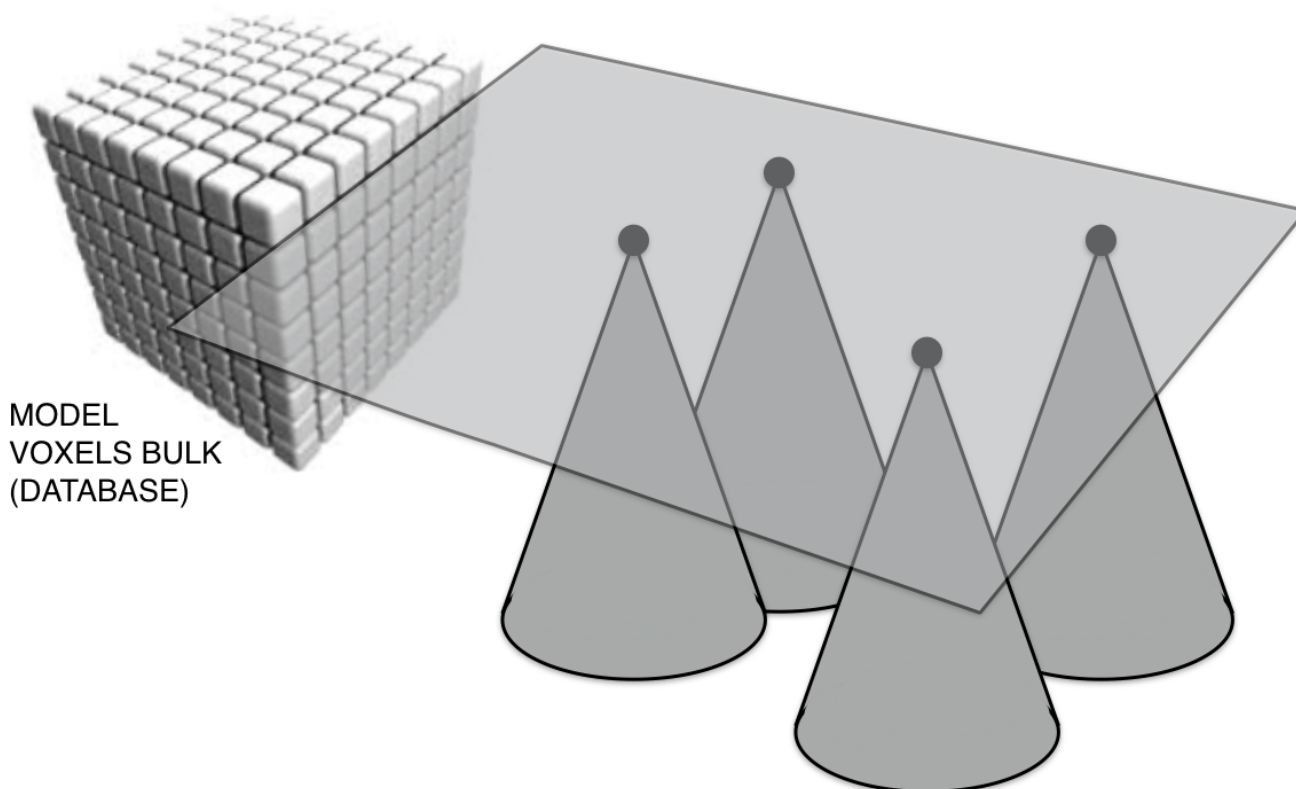


Fig. 0.3

estimates using both measured and ancillary values. Users need to define their own interpolation functions using a simple syntax.¹⁰ A note of caution is in order here, however, since the constraints of a well-behaved distance have to be satisfied, or there is no guarantee that the spatial statistics methods employed can converge.

The number of voxels which constitute the Timescape model can be defined, ranging from a few thousands for little downscaled models to billions, depending on storage capacity.

0.2 Model Storage and Exploration

Admittedly, a real drawback of Timescape is the need of a lot of room for model storage. This calls for an external database. An external storage, however has its advantages too. The model can be queried in standard SQL¹¹ (Structured Query Language) for any need that users can have. To keep the bulk to a minimum the actual coordinates of the voxel are not stored into voxels table, which contains only their references, i.e a voxel is represented as a record

$$\text{voxel} = [k, i, j; \text{value}]$$

where (i, j) label the space site (the “horizontal” coordinates) and k labels the time sheet (the “vertical” coordinate). It is up to the user to get back to the real-world coordinates and time.

A voxel record is so composed of three integer numbers, the coordinates pointers, and a real number,¹² the value. The indices (i, j, k) range from zero for minimum x /longitude, minimum y /latitude and time, and their maxima N_x , N_y and N_t , corresponding to the maximum value of the coordinates. The total number of voxels is $N_x N_y N_t$, which corresponds roughly to a size of $20 N_x N_y N_t$ bytes. Just to give an idea, a small $100 \times 100 \times 100$ model needs about 20 MB and a $1000 \times 1000 \times 1000$ one requires 20 GB of database space. This is the main reason for choosing an external database for models’ storage.

The Timescape published software versions offer a variety of pre-packaged querying tools. These include statistical analysis tools and allow the export of different subsets of the model.

Timescape can be thought of as a “detour” from the standard users’ flow, combining GIS and statistical analysis. To this end, it is possible to export the time sheets as GRID files, a common GIS raster standard (they are human-readable ASCII files), and cores dug at at given site, which are in fact time series of modelled values.

¹⁰ As of now, functions must be implemented in Javascript, which is a fast and easy to use also for non-expert users. Most algebraic functions can be implemented as-is in textbook notation.

¹¹ The standard distribution of **TimescapeLocal** is based on a MySQL database. The database connection, however, is mediated by a Hibernate framework, so users can adopt any Hibernate-compatible database.

¹² Technically, the value is a so-called *double* number.

It is also possible to export data in form of .csv files (comma-separated formatted ascii files). This is the standard input of any serious statistical package; .csv files can be imported in most spreadsheets, too, but the quantity of records discourages such approach for the bigger models.

1 The Timescape Maths

This rather technical section describes in detail all the maths underlying the Timescape Algorithm and its possible implementations. Skip to the next section for hands-on software installation and usage instructions.

1.1 Space and Time Distances

The question of what should be considered a measure of distance in a spacetime is not a trivial one. The Minkowskian spacetime of Physics is centred on the invariance of the speed of light and it is not suitable for the kind of problems encountered other sciences' datasets (i.e. ecology); we will introduce a set Euclidean or pseudo-Euclidean measures which suite our needs. There is nothing "relativistic" in Timescape, although its construction resembles (and in fact it is borrowed from) the Minkowskian double cones. In fact, we will not define the distance, but rather a set of suitable distances.

Following the current Minkowskian terminology, we call an **event** $x = (t, \mathbf{x})$ any point of spacetime X , where t is the time coordinate and \mathbf{x} are the spatial coordinates. X has not to have a definite topology. It can be simply $\mathbb{R}_0^+ \times \mathbb{R}^2$ (flat space) or something topologically equivalent to $\mathbb{R}_0^+ \times \mathbb{S}^2$ (a sphere, an ellipsoid or something more general, too).¹³

Starting from the time, the distance d_t is very simple to define. Given two events $x = (t_x, \mathbf{x})$ and $y = (t_y, \mathbf{y})$, the distance inherited from \mathbb{R} could be defined as $|t_x - t_y|$ which can be made homogeneous with the space components by multiplying it for a parameter c having the dimensions of a speed: $c |t_x - t_y|$. Or, more generally, we allow c to be a function of the events:

$$d_t(x, y) = c(x, y) |t_x - t_y| \quad (3)$$

The function c in (3) should be constrained in order to obey all the constraints for a distance function (4). Every positive constant will do, as some monotonously increasing functions can do, but not all of them (the triangle inequality could fail to be true). Constraints-violating functions can be used, but this "breaks the rules" somehow. A remarkable exception is the use of harmonic functions in c : these are obviously not well-behaved distances but can be of great help in modelling periodic phenomena.

The spatial part of the distance $d_s(x, y)$ is more complicated to define. It depends on the topology of the space, so the use of a Riemannian metric is due, in principle. The point is that evaluating the geodesic distance between two events is time-consuming and in most of the cases not worth the effort. As a general rule, a distance should satisfy the following constraints:

$$\begin{aligned} d(x, y) &\geq 0 \quad \forall x, y \in X && \text{non-negativity} \\ d(x, y) &= d(y, x) \quad \forall x, y \in X && \text{symmetry} \\ d(x, y) &= 0 \quad \text{iff } x = y && \text{coincidence} \\ d(x, z) &\leq d(x, y) + d(y, z) \quad \forall x, y, z \in X && \text{subadditivity} \end{aligned} \quad (4)$$

The formal solution consists in measuring the geodesic line from x to y (or vice versa, the result does not change for symmetry). This is achieved solving the equation for the path $x(\tau)$ parametrised by τ ¹⁴ (sums over repeated indices understood):

$$\ddot{x}^\lambda + \Gamma_{\mu\nu}^\lambda \dot{x}^\mu \dot{x}^\nu = 0 \quad (5)$$

where \dot{x}^λ and \ddot{x}^λ indicate the first and second derivatives of the λ component of x relative to τ and $\Gamma_{\mu\nu}^\lambda$ is the Christoffel symbol related to the metric. Numerically solving (5), though feasible in principle, is not compatible with acceptable running times, at least not with a standard desktop hardware.¹⁵ Compromises are in order, here. The shape of the Earth can be approximated with an oblate ellipsoid, for which exact solutions exist, but they involve the evaluation of elliptic integrals; these can be evaluated numerically, but it is still too much for an ordinary computer in a reasonable time. On the other hand, the use of projected coordinate in **TimescapeLocal** is straightforward in that we can use a simple Euclidean sum.

If we have a flat N -dimensional space the distance can be the simple Euclidean one:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^N (s_x^k - s_y^k)^2 + c^2 (t_x - t_y)^2} \quad (6)$$

where s^k is the k -th space component of a point. Aside from a factor c , this is the ordinary Euclidean N -dimensional distance, not

¹³ \mathbb{R} is the set of real numbers, \mathbb{R}_0^+ is the set of positive real numbers, including the zero value and \mathbb{S}^2 is the two-dimensional sphere. With *sphere* here we mean the layman's surface of the sphere only.

¹⁴ A sort of proper time, in the relativistic jargon.

¹⁵ The calculation has to be repeated a huge number of times: the number of space cells of the model times the number of source points: something easily of the order of magnitude of billions.

to be confused with the Minkowskian relativistic distance, which is different for having a sign switched between the spatial and temporal parts.

It is worth mentioning that more distances can be used other than the Euclidean one. In fact we can use the equivalent diamond metric

$$d(x, y) = \max \left\{ \max_k \left\{ |s_x^k - s_y^k| \right\}, c |t_x - t_y| \right\}$$

or the square (the so-called Manhattan) metric

$$d(x, y) = \sum_{k=1}^N |s_x^k - s_y^k| + c |t_x - t_y|$$

or a fancier admixture of these, combining e.g. a Euclidean sum of d_t with the diamond/square version of d_s . All these metrics are equivalent to the Euclidean one.¹⁶

1.2 Causal Structure

The key feature of the Timescape Algorithm is *causality*. The spacetime structure described in the previous section is, aside from a factor c , just ordinary three-dimensional space. The time still needs to be singled out as the “direction” followed by the patterns of change. We have to plug a causal structure by hand into the spacetime in order to drive the change towards a *forward only* direction. The Minkowskian metric¹⁷

$$d_M^2(x, y) = c^2(t_x - t_y)^2 - \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|^2$$

has a natural interpretation in terms of causality: a positive $d_M^2(x, y)$ means that y falls inside the *causal double cone* of x , either in its past ($t_y < t_x$) or in its future ($t_y > t_x$), while a negative $d_M^2(x, y)$ means that there is no causal connection between y and x .

Our Euclidean spacetime is topologically different from a Minkowskian one, so the causal double cone structure cannot emerge in a natural way. We must impose the causal structure somewhat artificially. Let define a *cone aperture* k which, in principle, can be a positive function of the events $k(x, y)$ corresponding to the maximum acceptable ratio between the space and time components of the distance:

- y can be a *cause* of x if $d_s(x, y) \leq k d_t(x, y)$ and $t_y < t_x$
- y can be an *outcome* of x if $d_s(x, y) \leq k d_t(x, y)$ and $t_y > t_x$
- y has no causal connection with x if $d_s(x, y) > k d_t(x, y)$

The aperture of the cone, or of the cone-like structure if $k(x, y)$ is not a constant, defines the strictness of the causality constraints: the broader the cone (a big k) the looser the constraints; the narrower the cone (a small k) the stricter the constraints. This structure, unlike the rigid Minkowskian one, allows for the definition of a flexible concept of causality.

An infinite value of k corresponds to a double cone spanning all the spacetime, so that any event can be in principle connected with the all the others. On the other hand, $k = 0$ means that there is no spread of causality in space, a complete static solution where the influence is limited to the *time line* passing through x . Allowing $k = k(x, y)$ means that the causal constraints can vary from place to place and over time.

Now we must find a way to translate mathematically the constraints mentioned above in an easily computable way. The key is the Heaviside theta or step function:¹⁸

$$\theta(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } t \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

this function acts as an on/off switch so that

- y can be a *cause* of x if $\theta(k d_t(x, y) - d_s(x, y)) \theta(t_x - t_y) = 1$
- y can be an *outcome* of x if $\theta(k d_t(x, y) - d_s(x, y)) \theta(t_y - t_x) = 1$
- y has no causal connection with x if $\theta(k d_t(x, y) - d_s(x, y)) = 0$

A straightforward interpretation is that $k d_t(x, y)$ represents the maximum possible *area of influence* $A_x(t)$ of the event x at a given time t , while $d_s(x, y)$ is the actual spatial separation between such events. Whenever y falls into this $A_x(t)$, the contribution of x has to be taken into account, while when an event y' falls out of $A_x(t)$ (so out of the forward causal cone of x), the contribution of x is null.

¹⁶Two metrics are said equivalent when each ball in one metric contains at least a ball of the other, and vice-versa. A ball of radius r about an event $x = (t, \mathbf{x})$ being defined as the set of all events closer than r to x (an open ball), or closer or exactly r apart from x (a closed ball).

¹⁷That, strictly speaking, is not a metric since it is not non-negative.

¹⁸There is not consensus in the literature about the value of $\theta(0)$. Some authors put $\theta(0) = 1/2$, especially in the field of signal processing, for essentially practical reasons; here and in the following we adopt the definition of θ as the characteristic function of the $[0, +\infty)$ set, which cannot take fractional values.

A timescape model is just a lattice subset of the space of all the allowed events of the spacetime under scrutiny, equipped with the metric of choice. To every element (voxel¹⁹) corresponds a value of the investigated quantity.²⁰

1.3 Building the Model

A Timescape model is a collection of voxels equipped with a value. The extent of the model is the product of a time interval $[T_m, T_M]$ times the spatial extent of the surface involved, say $[X_m, X_M] \times [Y_m, Y_M]$.

Each *time sheet* of voxels corresponds to a spatial replica at a given time. If M is composed by $N_T \times N_X \times N_Y$ elements, the k th time sheet has time

$$t_k = T_m + \frac{T_M - T_m}{N_T} \left(k + \frac{1}{2} \right), \quad k = 0 \dots N_T - 1 \quad (7)$$

with the $\frac{1}{2}$ bias correction factor to make the sheets match the centres of the corresponding plane of voxels. Following the same lines of surgery, every sheet is subdivided in pixels of centres (x_i, y_j) of coordinates

$$x_i = X_m + \frac{X_M - X_m}{N_X} \left(i + \frac{1}{2} \right), \quad i = 0 \dots N_X - 1 \quad (8)$$

$$y_j = Y_m + \frac{Y_M - Y_m}{N_Y} \left(j + \frac{1}{2} \right), \quad j = 0 \dots N_Y - 1$$

A discrete Timescape model M consists of a finite set of voxel-value pairs m_{kij}

$$M = \{m_{kij}\} = \left\{ (x_{kij}, v_{kij}) \mid x_{kij} \in \mathbf{ST}, v_{kij} \in \{null\} \cup \mathbb{R} \right\}$$

where x_{kij} is an event of the spacetime \mathbf{ST} and v_{kij} is its value.

The *samples collection* is the set $S = \left\{ (x_n, v_n, \mathbf{a}_n) \mid x_n \in \mathbf{ST}, v_n \in \mathbb{R} \right\}$ of samples at event x_n , with a value v_n and possibly an array \mathbf{a}_n of associated ancillary variables.²¹

The *spacetime support* \mathbf{S} of S is the finite set $\{x_n\}$ of the sample points events. In the following, with a slight abuse of notation, we will use S for both the samples collection and its spacetime support.

For any x_{kij} (x for short) we can interpolate a value, provided that there are candidate sample events: defining the weight function²² $w(d; x, x_n, v, \mathbf{a}_n)$ and the estimate function $f(v; d, x, x_n, \mathbf{a}_n)$ we have for the value of x

$$v(x) = \left[\sum_{\text{causes}} w(v; d, x, x_n, \mathbf{a}_n) \right]^{-1} \sum_{\text{causes}} w(v; d, x, x_n, \mathbf{a}_n) f(v; d, x, x_n, \mathbf{a}_n) \quad (9)$$

where $d = d(x_n, y_{kij})$, of course. The normalised summation in (9) resembles a trivial inverse distance weighted estimation (IDW); this would be true if we choose the trivial $w = 1/d$ as the weight estimator, but this limitation can be easily overcome, by defining suitable weight functions. The summations in (9) are extended to the backwards causal cone of y_{kij} .

In the simplest case of the standard IDW interpolation, when the weight is given by $1/d^\alpha$, where α is a positive constant, (9) becomes

$$v(x) = \frac{\sum_{\text{causes}} \theta(kd_t - d_s) \left[\sqrt{d_t^2 + d_s^2} \right]^{-\alpha} f(v_n; \sqrt{d_t^2 + d_s^2}, x, x_n, \mathbf{a}_n)}{\sum_{\text{causes}} \theta(kd_t - d_s) \left[\sqrt{d_t^2 + d_s^2} \right]^{-\alpha}}$$

that represents an (almost) trivial IDW interpolation with a causal constraint added through the θ functions. Releasing the θ one obtains a simple three-dimensional spatial interpolation, missing entirely, of course, the causal structure. More general expressions all follow the general pattern

$$v = \frac{\sum \theta \times d^{-\alpha} \times f}{\sum \theta \times d^{-\alpha}}$$

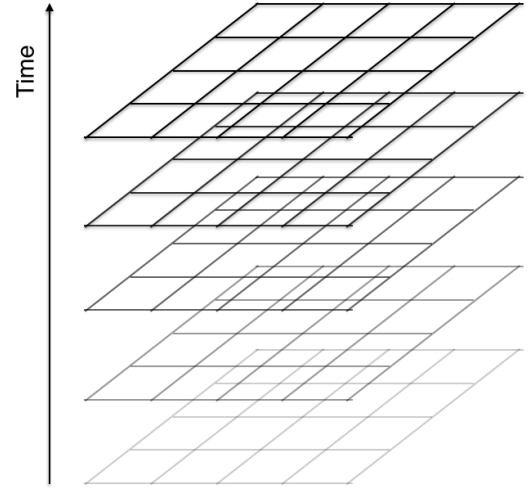


Fig. 1.1

¹⁹A voxel is a discrete three-dimensional *volume element* just like a pixel is a two-dimensional *picture element*.

²⁰The value can be undefined (*null*) if the event represented by the voxel does not fall into any set of possible outcomes of the source events.

²¹The v_n must be defined but the ancillary variables can be undefined.

²²The w depends basically on the spacetime distance of the events, and it can also be a function of the events positions (thus accounting for inhomogeneities and anisotropy) and the samples' value and ancillary values too. The f depends basically on the value of the sample (trivially the value itself) but can depend also on the other quantities.

1.4 Evaluation Algorithm

In order to build a model M we start from a the finite samples collection S which represent the actual observations (i.e. the physical measurements) of the investigated phenomenon and proceed as follows:

The first step consists in the definition of set of coordinates $\{(t_k, x_i, y_j)\}$ representing the events located at the centres of the discrete events which constitute M , given a *time sheet size* w_s and a *space cell size* w_c . These coordinates are grouped in the three arrays \underline{t} , \underline{x} and \underline{y} , spaced apart a length w_c and a time w_s .²³ Operatively, all voxels are inserted empty in the database before their actual evaluation. This is done in order to minimise the database file growing / shrinking during the run. Voxels records will just be updated with the appropriate values after evaluation: this does not change the record size.

Algorithm 1 Preliminary steps

```

procedure COORDINATES( $w_c, w_s, T_m, T_M, X_m, X_M, Y_m, Y_M$ )
   $\delta t \leftarrow w_s$ 
   $t_0 \leftarrow T_m + \delta t / 2$ 
  while  $t_n \leq T_M$  do ▷ voxel sheets times  $\underline{t}$ 
     $t_{n+1} \leftarrow t_n + \delta t$ 
   $\delta x \leftarrow w_c$ 
   $x_0 \leftarrow X_m + \delta x / 2$ 
  while  $x_n \leq X_M$  do ▷ voxel space coordinates  $\underline{x}$ 
     $x_{n+1} \leftarrow x_n + \delta x$ 
   $\delta y \leftarrow w_c$ 
   $y_0 \leftarrow Y_m + \delta y / 2$ 
  while  $y_n \leq Y_M$  do ▷ voxel space coordinates  $\underline{y}$ 
     $y_{n+1} \leftarrow y_n + \delta y$ 
return  $\{\underline{t}, \underline{x}, \underline{y}\}$ 

```

Then the actual model is evaluated, one voxel at a time. As algorithm control “tuning knobs” we add three further parameters:

- A space distance threshold D_s so to discard from the summations all the events too spaced apart; this is like switching off any interaction for events farther than D_s .
- A maximum number of allowed near primes N_{max} : for any y_{kij} of M we use at most N_{max} elements of S for the calculations.
- A *picking probability* \mathcal{P} which introduces some randomisation spicing to an otherwise deterministic procedure. Any x_n is included in the summation only with probability²⁴ \mathcal{P} to allow the users check the stability of their datasets: The algorithm can be run many times and if the dataset is said to be *stable to* $(1 - \mathcal{P})$ with precision σ if the variances of all the estimated elements of M are less than σ .

The most involved part of the evaluation algorithm is the selection of the causally connected sample points to be used in the summation loop. The next algorithm is very general and includes, as a matter of principle, the evaluation of the length of the geodesic line Γ connecting x_n and x . Though formally correct, this is not what it is actually performed during the calculations, which are specialised according to the spatial geometry.

A null value of d is associated with those events that are outside the backwards causal cone. Null- d elements are sorted down to the tail of K_x^- (the set of all possible causes of x).²⁵ The actual calculation of d_s depends on the geometry of the space.

This procedure has been designed in order to minimise the changes in terms of RAM occupation size of the objects used in the calculations. Operatively, a unique instance of all the source events is created once before the evaluation phase starts, then, for any element (the three outer loops) the causing events are put in reverse-distance order and optionally trimmed to a maximum number. All the events are recycled for the next voxel.

As said, any voxel is evaluated independently from the others, so any model can be easily subdivided according to a union of submodels, provided some care is given to the limits of the submodels and that cell- and sheet sizes are kept unchanged.

1.5 Advanced Stuff

For strengthening the results of the interpolations **TimescapeLocal** can be inserted into advanced statistical analysis procedures, based on the statistical mechanics concept of *ensemble*. A few possible implementations include the following:

1.5.1 Jackknifing

Depending on the consistency of the samples set S , it could be possible to subset (*jackknife*) the samples seeking for a bias-corrected estimate of the model values. This is achieved considering S as an *ensemble* of subsets S_k , so that $S = \cup S_k$ and, in general,

²³ w_c is the *cell spacing* and w_s is the *time-sheet separation*.

²⁴ A random number in $[0, 1]$ is generated at each step of the summation loop and it is checked against \mathcal{P} .

²⁵ This could be called the *backwards causal cone* of x . This construction resembles the Minkowskian double cones in the spacetime of Special Relativity, but it is in fact a bit more complex, in that the width of the cones (apex) is controlled by two parameters: c and k , which in general are not constants, but functions of the events.

Algorithm 2 Timescape Model

```
procedure MODEL( $\underline{t}, \underline{x}, \underline{y}, \mathcal{E}, N_{max}, \mathcal{P}, D_s, c, k, w, v$ )  
   $M \leftarrow \emptyset$  ▷ initialise an empty model  $M$   
  for  $t_k \in \underline{t}$  do  
    for  $x_i \in \underline{x}$  do  
      for  $y_j \in \underline{y}$  do  
         $x_{kij} \leftarrow (t_k, x_i, x_j)$  ▷ the running voxel's coordinates  
         $v_{kij} \leftarrow null$  ▷ all voxels are created empty  
         $\mathcal{H} \leftarrow \emptyset$  ▷ initialise the set of possible causes of  $x_{kij}$   
        for  $x_n \in S$  do  
          if RAND  $\leq \mathcal{P}$  then ▷ random picking, always true if  $\mathcal{P} = 1$   
             $d_t \leftarrow c(x_n, x_{kij}) |t_{x_n} - t_{x_{kij}}|$   
             $d_s \leftarrow \int_{\Gamma} \sqrt{g} d\tau$  ▷ geodesic length, or whatever  
            if  $d_s \leq \min\{k(x_n, x_{kij}) d_t, D_s\}$  then  
               $\mathcal{H} \leftarrow \mathcal{H} \cup \{(x_n, \sqrt{d_t^2 + d_s^2})\}$  ▷ one more causal event  
          if  $\mathcal{H} \neq \emptyset$  then  
             $\mathcal{H} \leftarrow \text{SORT}(\mathcal{H}, d)$  ▷ order by increasing distance  
             $\mathcal{H} \leftarrow \text{TRIM}(\mathcal{H}, N_{max})$  ▷ keep only the closest  $N_{max}$  events  
          if  $\mathcal{H} \neq \emptyset$  then  
             $V, W \leftarrow 0$  ▷ loop dummy variables  
            for  $(x_n, d_n) \in \mathcal{H}$  do  
               $V \leftarrow V + w(x_n, x_{kij}) v(x_n, x_{kij})$   
               $W \leftarrow W + w(x_n, x_{kij})$   
             $v_{kij} \leftarrow V/W$  ▷ a non-empty voxel value  
         $M \leftarrow M \cup \{(x_{kij}, v_{kij})\}$  ▷ append the new voxel to the model  
  return  $M$ 
```

$S_k \cap S_{k'} \neq \emptyset$. Depending on the consistency of S this procedure can be performed or not (all S_k must be statistically significant). The standard Jackknifing procedure consists in correcting a biased estimate²⁶ using a collection of subsets S_k , each of which neglects only the element x_n :

Algorithm 3 Model Jackknifing

```
procedure JACKKNIFE( $S$ )  
   $M = \text{MODEL}(S)$  ▷ Evaluate the global model  
  for  $n \leftarrow 1 \dots N$  do  
     $M_n \leftarrow \text{MODEL}(S \setminus \{x_n\})$  ▷ Evaluate the  $n$ th model  
  for  $x_{kij} \in M$  do  
     $\hat{\theta}_{kij} \leftarrow v_{kij}$  ▷ Global estimator  
     $\hat{\theta}_{kij}^* \leftarrow 0$  ▷ Biased estimator  
    for  $n \leftarrow 1 \dots N$  do  
       $\hat{\theta}_{kij}^* \leftarrow \hat{\theta}_{kij}^* + v_{kij}^{(n)} / N$   
     $\hat{\theta}_{kij} \leftarrow N \hat{\theta}_{kij}^* + (1 - N) \hat{\theta}_{kij}^*$  ▷ Correct the estimator of the global model  
  return  $M$ 
```

Jackknifing adds another factor N to the complexity of the calculations.

1.5.2 Reverse Parameters Estimation

Another smart trick allowed by ensemble techniques allows a sort of reverse modelling. If one knows not how to assign a value to the c and k parameters it is possible to use the Timescape Algorithm in order to find an estimate of such parameters. Since c and k are related to the transport/diffusion capabilities of the system, i.e. to the patterns of change of the investigated phenomenon, what we gain is, in fact, an estimate of such velocity.

We can think $(c, k) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^+$ as a space of parameters, for each (c, k) pair²⁷ we have a distinct behaviour of the model, it is possible that some values of c and k match the actual patterns of change better than others. To find these values it is customary to select a *control group* subsetting S into two disjoint sets: a sample set S_0 and a control set S_c .

Then we interpolate a set of models $\{M_n\}$, each of which corresponds to a parameters pair (c_n, k_n) . From the model M_n we then evaluate the residuals according to S_c and try to minimise them. This is done evaluating the squares of the differences between the elements of S_c and the model-estimated values at the same events.

²⁶ This does not correct a biased set of observations, of course.

²⁷ Let's limit ourselves to the case of constant parameters. The general idea can be applied also to functions, but the complexity grows accordingly.

One thing we can try is a recursive adjustment of the parameters down to an error ξ :

Algorithm 4 Recursive Parameters Estimate

```

procedure ESTIMATE( $S_0, S_c, \xi$ )
   $X_c \leftarrow \{(x_n^c, v_n^c) \in S_0\}$  ▷ The set of control events and associated values
   $N \leftarrow \#(S_c)$ 
   $E \leftarrow +\infty$  ▷ A trivially high error value
  while  $E > \xi$  do
    ADJUST( $c, k$ ) ▷ Find new parameters
     $M \leftarrow \text{MODEL}(S_0)$ 
     $E \leftarrow 0$ 
    for  $x_n^c \in X_c$  do
       $v_n \leftarrow v_{kij} | d(y_{kij}, x_n^c) = \min$  ▷ Estimated value
       $E \leftarrow E + (v_n^c - v_n)^2$ 
     $E \leftarrow \sqrt{E}/N$ 
  return  $M$ 

```

This is an acceptable procedure if there is any clue about an ADJUST(c, k), procedure otherwise it is just a random wandering in the parameters space. This is where *ensemble averages* (below) come into play.

1.5.3 Ensemble Estimation

We create a finite set P of tentative pairs of parameters $(c_n, k_n) =: p_n$ each of which corresponds to a model M_n (given the S_0 and S_c sets). We then evaluate all the models and the associated errors E_n .

Supposing that P exhaustively represents all the possible cases.²⁸ This can be extended to different pairs of positive functions $(c(x, y, v, \mathbf{a}), k(x, y, v, \mathbf{a}))$ which is a natural extension of simple constant values, but it complicates the already complex calculations beyond the reach of ordinary desktop computers.

The estimate goes as follows:²⁹

Algorithm 5 Ensemble Parameters Estimate

```

procedure ESTIMATE( $S_0, S_c, P$ )
   $\tilde{c}, \tilde{k}, w \leftarrow 0$  ▷ Define new parameters and a global weight
   $X_c \leftarrow \{(x_n^c, v_n^c) \in S_c\}$  ▷ The set of control events and associated values
   $N \leftarrow \#(S_c)$ 
  for  $(c_n, k_n) \in P$  do
     $M_n \leftarrow \text{MODEL}(S_0, c_n, k_n)$ 
     $e_n \leftarrow 0$ 
    for  $x_k^c \in X_c$  do
       $v_k \leftarrow v_{kij} | d(y_{kij}, x_k^c) = \min$  ▷ Estimated value
       $e_n \leftarrow e_n + (v_k^c - v_k)^2$ 
     $w_n \leftarrow N / \sqrt{e_n}$  ▷ A weight
     $w \leftarrow w + w_n$ 
     $\tilde{c} \leftarrow \tilde{c} + w_n c_n$ 
     $\tilde{k} \leftarrow \tilde{k} + w_n k_n$ 
   $\tilde{c} \leftarrow \tilde{c} / w$ 
   $\tilde{k} \leftarrow \tilde{k} / w$ 
   $\tilde{M} \leftarrow \text{MODEL}(S_0, \tilde{c}, \tilde{k})$  ▷ Ensemble Model
  return  $\tilde{M}$ 

```

Also this procedure adds a significant amount of complexity to the calculations ($N + 1$ models need to be calculated).³⁰ Nonetheless, the added benefit of obtaining an estimate of the dynamic parameters could shed a light on an otherwise obscure phenomenon. It is possible, however, to evaluate N downscaled, tiny models and then the full-scaled \tilde{M} with the same parameters values.

It is advisable not to try to build a “smart set” of tentative parameters pairs, however. If one has an idea about their value, it is better to start a recursive seek. Otherwise, one can employ lattice techniques (sets of equally-spaced tentative parameters) or Montecarlo methods, i.e. randomly generated parameters, a lot of them, of course!

²⁸ Here is *Ergodicity* hidden beneath the *exhaustively represents*. See J. P. Sethna, *Entropy, Order Parameters, and Complexity*, Clarendon Press, Oxford 2006, ISBN 0-19-856676-2.

²⁹ In this case, S_0 and S_c need not be disjoint; as a limiting case they can be both S .

³⁰ As is always the case with statistical ensembles, N should be a really big number.

1.6 Further Reading

Those interested in the inner gears of the algorithm can find some fine details of spacetime structure and modelling in (randomly picked):

- For a complete treatment of geometrical techniques in physics: Theodore Frankel, *The Geometry of Physics*, Cambridge University Press 2012. ISBN 978-1-107-60260-1.
- For a thorough examination of Minkowskian spacetime: Gregory L. Naber, *The Geometry of Minkowski Spacetime*, Springer 2012, ISBN 978-1-4419-7837-0.
- For a gentler introduction to spacetime issues (and much more): Abhay Ashtekar, Vesselin Petkov (Eds.), *The Handbook of Spacetime*, Springer 2014, ISBN 78-3-642-41991-1.
- For spatial and temporal statistical techniques: Noel Cressie and Christopher K. Wikle, *Statistics for Spatio-temporal Data*, Wiley Series in Probability and Statistics, John Wiley & sons 2011. ISBN 978-0-471-69274-4.

2 The TimescapeLocal Software

TimescapeLocal is the local flavour of Timescape Algorithm.³¹ It is the second branch of the project, which operates on projected coordinates. The software does not take care of the actual projections used, as long as they are compatible with the distance functions provided (Euclidean or equivalent). UTM (Universal Transverse Mercator) or Lamber conic projections work well, as many other less used coordinate systems. The output coordinates values follow exactly the input ones, for the sake of compatibility with other georeferenced data that the user will have to work with in his/her project.

2.1 Installation

2.1.1 Distribution Package

The software distribution package consists in the following files:

- `Timescapelocal.pdf` this manual.
- `Timescapelocal_src.zip` the zipped source code.
- `Timescapelocal.jar` the program executable file (must be configured).
- `TimescapeConfigurator.jar` a little configuration utility program.
- the `mysql` directory containing:
 - `db.sql` the mysql database creation script.
 - `db_example.sql` same as above, with a preloaded sample dataset, including a (tiny) evaluated model and a blank copy of it.
 - `data.csv` an example dataset.

2.1.2 Creating the Database

The first step is the creation of the database. **TimescapeLocal** has been developed and comes equipped with a mysql database. Since the data layer of the application is mediated by hibernate,³² it is possible to use any other compatible RDBMS other than mysql.³³

The Database is structured so that only one table (`voxel`) is storage-critical; its records are kept as small as possible, while all the common detail are stored into the *Model description* tables. The *Source Points* block contains the source Dataset.

The rule is: one source dataset = one database. So to be able to use different datasets users have to create different databases. A creation script (`db.sql`) is available to set up a blank database. Use the example version (`db_example.sql`) to explore the software a while before putting in your serious dataset.

Data must be prepared for input as a comma separated value. When the application starts, it asks for the dataset, if the database is empty. The data have to be prepared according to the `ID, T, X, Y, VAL` format, where:

- `ID` is a unique sample id (alpha-numerical, but keep it simple, no strange characters!).
- `T` is the value of the "vertical" time coordinate.
- `X` and `Y` are the values of the "horizontal" space coordinates.

³¹ The global coordinates version, **TimescapeGlobal**, also released under GP:3.0 license, is available for download at <https://sourceforge.net/projects/timescapeglobal/>.

³² See <http://hibernate.org> for details.

³³ See <https://www.oracle.com/mysql>.

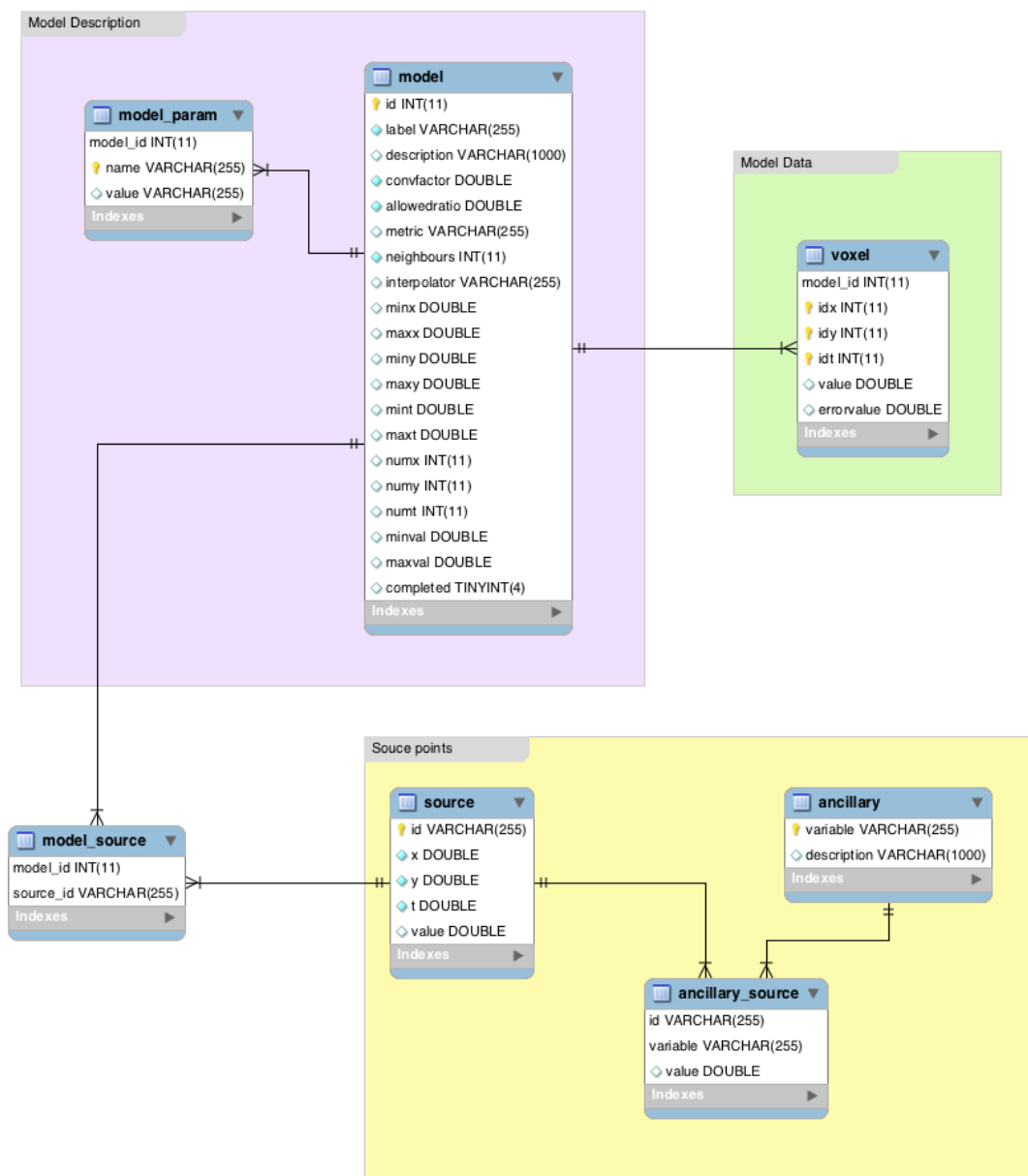


Fig. 2.1 Database ER model

- VAL is the value of the sample.

It is possible to append ancillary values, too. To do so, just append their names to the first line (say ID, T, X, Y, VALUE, ANC1, ANC2, MYVAR) also appending the corresponding values at the end of the data lines. Ancillary values can be empty. The ancillary variables names cannot be like the other fields names, of course.

2.1.3 Configuring the Program Executable jar

A few parameters need to be configured to use **TimescapeLocal**.³⁴

It is possible, in principle, to perform some surgery on the jar itself, but it is safer to use the companion utility **TimescapeConfigurator**, that finds the interesting files for the user and allows their modification, leaving as output a brand-new executable (keep the original unaltered for reference). This utility does not execute any check whatsoever on what users put in the configuration files, so be careful. The logging system, based on the Apache log4j framework,³⁵ is intended for java developers, so it is not of great help for the random user.

³⁴ There are three configuration files packed into the jar: `timescape.properties` is a properties file, which configures various aesthetic aspects of the user interface, it can be leaved as-is; `hibernate.cfg.xml` is the database-application link: it must be configured; `log4j.properties` contains the logging parameters.

³⁵ See <https://logging.apache.org/log4j/1.2/> and <https://logging.apache.org/log4j/2.x/>.

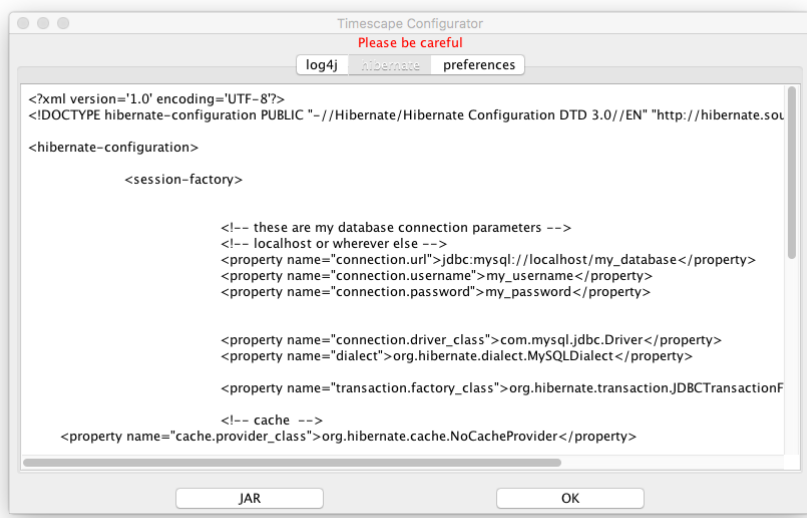


Fig. 2.2 TimescapeConfigurator window

2.2 The Main Window

The main window is just a sequence of buttons, logically ordered following the create-define-evaluate-explore model workflow sketched beforehand. Each button pops a dialog window up for the user to operate on his/her models. At the start, if the database is empty, the program asks for a formatted dataset to parse and store.

Each button corresponds to a logical function, detailed below. Other than the **MANAGER** section, there is a **SETUP** section for defining the model parameters (all fresh models are created the same, with default parameters); a model is then **RUN** in a separate window and, upon completion, it can be examined or explored. From the **EXPLORATION** panel as well the user can export various subsets of the model.

This panel manages the model-level actions which are:

- model creation
- model renaming
- model cloning
- model destruction

2.3 The **MANAGER** Panel

The meaning of each operation is self-explanatory. The **CLONE** function is particularly useful to define a collection of models with similar parameters. The **KILL** function operates a clean deletion of the model from the database; care should be taken since there is no “undo” to deletion. The fact that the data are stored on an ordinary database means that they can be accessed straightforwardly within other application. **TimescapeLocal** uses a Hibernate mid-layer for accessing the data, so it can be attached to all supported database flavours.

The example data and the figures that follow are relative to the example included in the distribution. The source dataset is a collection of mycorrhizal $\delta^{15}\text{N}$ from a symbiosis study.³⁶

2.4 The **SETUP** Panel

This section is the most intricate one. Users define their models' parameters through a tabbed dialog window. A **PARAMS** and a **MODEL** panel allow the definition of all the relevant values and of the interpolation method. The parameters that should be defined can be categorised as follows:

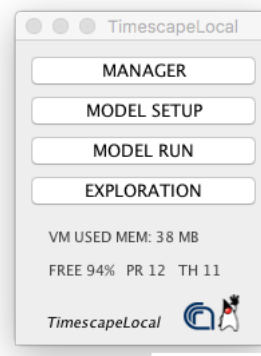


Fig. 2.3

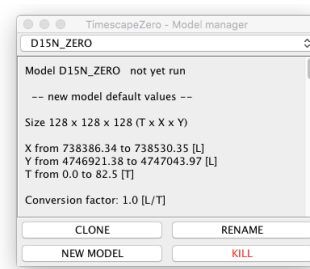


Fig. 2.4

³⁶ The $\delta^{15}\text{N}$ is the relative difference, with respect to an agreed standard, of the ratio of the heavier ^{15}N isotope to the lighter and far more common ^{14}N . It is generally expressed in ‰ units for ease of reading. $\delta^{15}\text{N}$ is commonly employed in ecophysiology studies.

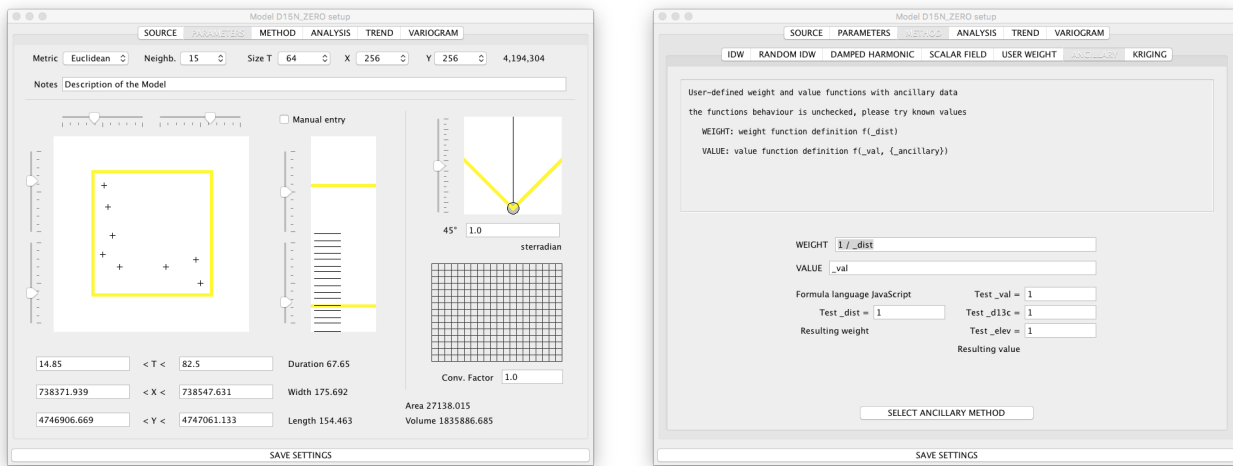


Figure 2.5.2

(a) (b)

Fig. 2.5

- model consistency: the number of cells as width (x span) times height (y span) times the number of time sheets,
- boundaries: minimum and maximum bounds for space x and y , and time t coordinates,
- causality: the time to space conversion factor c and the causal cone aperture k ,
- neighbourhood: the number of near primes and the metric employed,
- method: the statistical interpolation method to be used.

The METHOD panel is subdivided in a set of sub-panels, one for each method implemented. Users can also define their own methods, although this requires non trivial object programming skills. The methods include plain IDW (Inverse Distance Weighted) and some extensions, Kriging, and user-defined functions. Users can also switch off some sample points for advanced statistical testing. Users are assisted by a variety of statistical information about the source dataset:

- The SOURCE panel shows all the input dataset details. From this panel the single points can be switched on and off. Ancillary variables values, if present, are also shown here.
- The ANALYSIS panel shows a set of statistical analyses about the input dataset, including space and time distribution statistics and correlation analysis.
- the TREND panel shows a linear interpolation of the input values vs time and space coordinates (trend analysis). This is particularly useful for the trend removal in the variogram.
- The VARIOGRAM, as the name suggests, is the variogram plot. The variogram (and the other statistics) is updated whenever the user changes the value of the c and k parameters, or if a source point is switched.

The variogram is the most important piece of information the user is provided with. It is a spacetime variogram: it is computed with the couples of source points which are causally connected according to the value of the c and k parameters.

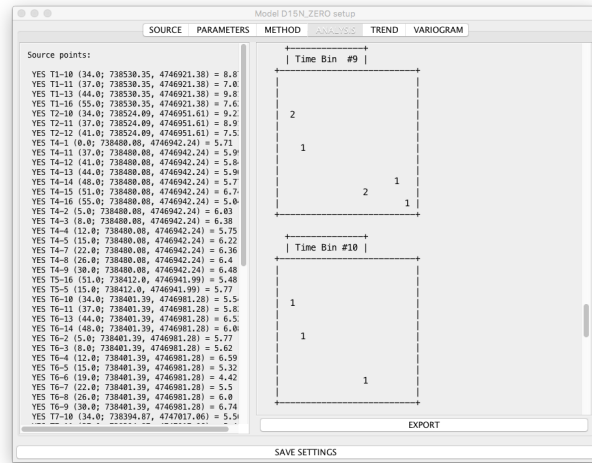
In the upper right corner of the window there is the number of point couples that affect the variogram; given the causal structure of the spacetime conversion, there is no need to divide the sums by two, as in ordinary variograms. User can control the number of bins displayed and the removal (or not) of the multilinear trend. All single points couples are shown (small black dots) as well as a bin-reduced (thick red crosses) version, showing the general behaviour. The general behaviour is so important that a small window is always open, so that users can see in real time the effect of changing the causal parameters values. The choice of the interpolation method has no effect on the variogram since it is computed only with the source points dataset.

The interpretation of the variogram is eased by the calculation of a few fitting functions: a linear and an harmonic fit,³⁷ plus the traditional, Kriging-oriented Gaussian, exponential, spherical and double-spherical fits.

The values of the other statistics and trend analyses are not influenced by the c and k parameters, so their update is not so critical; they can change only if a source point is added or removed. The trend over time is especially important: the linear correlation can be negligible $R^2 \approx 0$ but a careful look at the values vs time regression plot can show a periodic component.

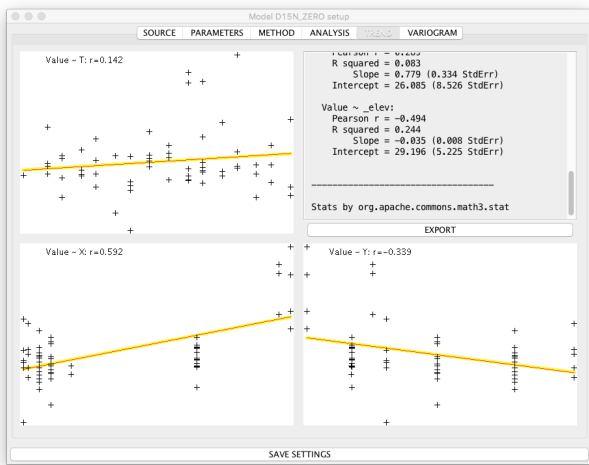
³⁷An harmonic fit is something unheard of in the realm of ordinary variograms, it reflects the presence of *seasonality*, which induces periodic (harmonic) oscillations of the sampled values. This is a common situation in many ecological studies and in forest ecology in particular, where seasonal variations play a key role.

USE	ID	T	X	Y	Value	_dl3c	_elev
YES +	T1-10	34.0	738530.35	4746921.38	8.87	-25.36	625.0
YES +	T1-11	37.0	738530.35	4746921.38	7.63	-25.34	625.0
YES +	T1-13	44.0	738530.35	4746921.38	9.81	-25.37	625.0
YES +	T1-16	55.0	738530.35	4746921.38	7.62	-25.88	625.0
YES +	T2-10	34.0	738524.09	4746951.61	9.23	-24.5	627.5
YES +	T2-11	37.0	738524.09	4746951.61	8.91	-25.57	627.5
YES +	T2-12	41.0	738524.09	4746951.61	7.52	-25.5	627.5
YES +	T4-1	8.0	738480.08	4746942.24	5.71	-25.57	634.0
YES +	T4-11	37.0	738480.08	4746942.24	5.99	-26.14	634.0
YES +	T4-12	41.0	738480.08	4746942.24	5.84	-25.93	634.0
YES +	T4-13	44.0	738480.08	4746942.24	5.96	-25.52	634.0
YES +	T4-14	48.0	738480.08	4746942.24	5.77	-25.32	634.0
YES +	T4-15	51.0	738480.08	4746942.24	6.74	-25.94	634.0
YES +	T4-16	55.0	738480.08	4746942.24	5.04	-26.55	634.0
YES +	T4-2	5.0	738480.08	4746942.24	6.03	-26.11	634.0
YES +	T4-3	8.0	738480.08	4746942.24	6.38	-25.36	634.0
YES +	T4-4	12.0	738480.08	4746942.24	5.75	-25.51	634.0
YES +	T4-5	15.0	738480.08	4746942.24	6.22	-25.67	634.0
YES +	T4-7	22.0	738480.08	4746942.24	6.36	-25.67	634.0
YES +	T4-8	26.0	738480.08	4746942.24	6.4	-25.41	634.0
YES +	T4-9	30.0	738480.08	4746942.24	6.48	-25.59	634.0
YES +	T5-16	51.0	738412.0	4746941.99	5.48	-25.75	648.0
YES +	T5-5	15.0	738412.0	4746941.99	5.77	-25.59	648.0
YES +	T6-10	34.0	738401.39	4746981.28	5.54	-25.44	652.5
YES +	T6-11	37.0	738401.39	4746981.28	5.82	-25.37	652.5
YES +	T6-13	44.0	738401.39	4746981.28	6.52	-25.2	652.5
YES +	T6-14	48.0	738401.39	4746981.28	6.08	-25.62	652.5
YES +	T6-2	5.0	738401.39	4746981.28	5.77	-25.17	652.5
YES +	T6-3	8.0	738401.39	4746981.28	5.62	-25.41	652.5



(a)

(b)



(c)

(d)

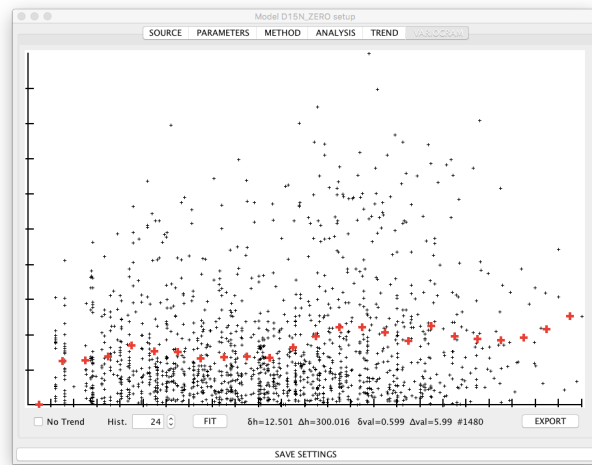


Fig. 2.6

The IDW method can be adjusted for harmonic components choosing the DAMPED HARMONIC interpolator, the period should be tuned according to the pattern of change of the modelled phenomenon, most times it is one year, in forest ecology, where seasonality predominates. Users interested in multi-harmonic components should write themselves the code for the interpolator.

2.5 Model Interpolation

The interpolation function has many customisation opportunities. Building up on the weighted sum idea, the evaluation of the weights is almost free. The most basic option is a simple weighted mean with the weights equal to the inverse of the distance, just a step above, we can consider the r th power of the distance: $w \sim 1/d^r$ maybe with a mass m :³⁸ $w \sim 1/(d^2 + m^2)^{\frac{r}{2}}$. All these functions are pre-packaged in the appropriate tabs of the METHOD panel.

An ANCILLARY panel allows the user to define his/her interpolation weight functions, complementing the interpolation with ancillary values or even neglecting the measured values altogether, using the ancillaries alone. An harmonic weight function can be defined as well, as $w \sim \bar{w}(d) \sin(\omega \Delta t + \phi_0)$, with a suitable frequency ω and a phase ϕ_0 , \bar{w} is a decreasing function of the distance d .

The interpolation of the model goes on as follows, in a dedicated RUN MODEL panel:

- The elements of the model (voxels) are inserted into the database without evaluation (all the values are set to *null*). This step is important for the database safety, since it allows it to grow as fast as possible with a minimum of transaction activities (upper image).
- The voxels are evaluated one after the other, time sheet by time sheet. Each voxel value is then updated on the database.

³⁸ The term *mass* derives from particle physics, where it corresponds to the mass of a scalar field. Here m^2 should be thought of as a dumping factor, a large m depresses the weight, while a small one has little effect on w ; the presence of m avoids the blow-up effect of w for the points located close to the source.

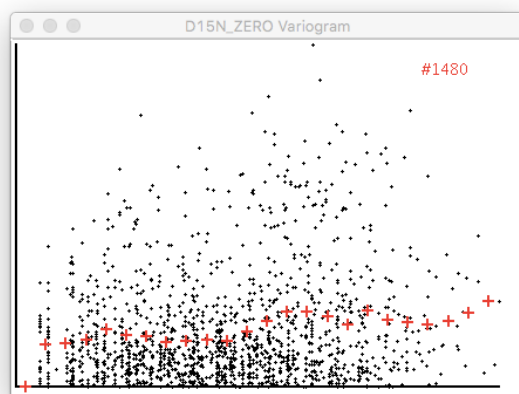


Fig. 2.7 The small variogram window

No table space growing happens in this phase (middle image). The evaluation can be parallelised easily, since there is no relationship among distinct voxels.³⁹

- Upon completion, a short report is shown, highlighting any relevant exception⁴⁰ that has occurred during the evaluation (lower image).

A progress bar in the lower portion of the panel shows graphically an estimate of the waiting time. Upon completion of each time sheet the user is informed about the time it took for its evaluation. It is important to check from time to time what's going on: an healthy database would take the same time for the insertion of any sheet while, in the evaluation phase, the time intervals between sheets would grow, since the number of *null* voxels shrinks as time goes on.⁴¹

The evaluation phase, for each voxel v , consists in a normalised summation of the values of the source point which fall inside the set of the possible causes of its central event:

- for each source event s , the distance d from v is

$$d = \sqrt{c^2(t_v - t_s)^2 + (x_v - x_s)^2 + (y_v - y_s)^2}$$
 or equivalently

$$d = \max \{c |t_v - t_s|, |x_v - x_s|, |y_v - y_s|\}$$
- the associated weight is $w_s = \theta(kc |t_v - t_s| - \sqrt{(x_v - x_s)^2 + (y_v - y_s)^2}) / d$, the Heaviside θ function ensures that an s which is not causally connected with v has a zero weight.
- the associated value f_s is calculated. It can be simply the value of the source point or a more complex function
- the resulting voxel value is the weighted mean of all the values: $V = \left[\sum_s w_s \right]^{-1} \sum_s w_s f_s$. If all the w_s are zero the voxel value remains *null*.

Many variations are possible on the scheme sketched above but all the relevant parameters are controlled in the `SETUP` phase, during the evaluation of the model there is no user interaction, nor it is possible to modify the parameters while a model is running.⁴²

The evaluation of a model is particularly core-stressing and the complexity allowed depends on the hardware capabilities. It is always safe to start with downscaled models before running a bulky model. The database activity is intense as well, in the insertion phase the storage space blows up fast but the transactional activity continues all over the run, with as many updates as the model's voxels.

As a rule of thumb, it is advisable to run at least a downscaled model not exceeding $100 \times 100 \times 100$ (one million) voxels before venturing the realm of billions, to see if the hardware is good for the job. Remind that doubling the space and time resolution of a model means an increase of almost $10 \times$ of storage space and calculation time.

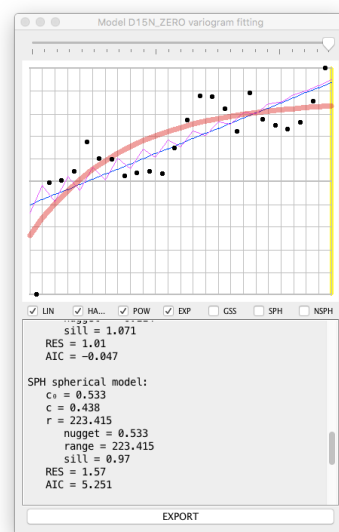


Fig. 2.8

³⁹ Unlike other kinds of three dimensional models, like the meteorological ones (e.g. weather forecast).

⁴⁰ Technically, an *exception* does not necessarily mean an error condition.

⁴¹ Null voxels are not updated, so no database interaction happens.

⁴² A running model is in a *locked* state that prevents any modification. If one needs a similar model with different parameters, it is possible to `CLONE` it, also if it is running.

The cell spacing between voxels need not be alike, horizontal and vertical resolutions can be different and the number of time sheet has not to be necessarily comparable with the space resolution.

2.6 The EXPLORATION Panel

A finished model is a collection of voxels in a single database table. A Timescape model does not have a “natural” way of displaying. The information contained in a Timescape has to be extracted somehow, according to the users’ needs. The EXPLORATION panel offers a set of statistical and graphical tools for examining the model’s values.

The statistical tools consist in three panels (SUMMARY, ANALYSIS and RESIDUALS), while the graphical tools are the most useful ones. It is also possible to export a variety of subsets from a Timescape, to be used as input layers in other GIS or statistical packages. For the sake of storage economy, the actual coordinates (space and time) are not stored in the data records. It is the *id* of the voxels (a triple of integer numbers) that can be used to recalculate the coordinates, so every export filter takes care of rebuilding the coordinates.

The SUMMARY panel shows a synthetic statistical analysis of the model. This report can be exported as a text file or copied to the clipboard for other uses. The informations shown include the geometry of the model (area and volume, both in LLT and LLL units), the number of *null* voxels and its ratio with respect to the total number. There are also some statistics about the values of the model.

The RESIDUALS panel consists in the list of the source point, accompanied by the approximate value of the model in the same location (if it is included in the model extension) and the difference of these, or *residual*. It is also shown a QQ-plot of interpolated vs original values. Also this information can be exported, including the QQ-plot. A little map shows the position of the source points in space and time; clicking on a source point the map and the QQ-plot points are highlighted, to let the user examine in detail the most interesting cases. Lastly, some statistics about the residuals are shown and exported as well.

The ANALYSIS panel (below) consists in a sheet-by-sheet analysis of the values of the model. For each time the software calculates the minimum and maximum values, the number of *null* voxels and an histogram, represented as a string of occupation numbers.⁴³

Many ecological studies are focused on the variation over time of some quantity. This is the instrument of choice for finding the general behaviour and the important changes. Histograms are presented as strings of occupation numbers and not in graphical form due to the lack of space, but one can import such strings in any statistical software whenever a graphical representation is needed.

The most interesting panels are the four that bring a visual representation of some voxels subsets of the model. Basically, the model can be viewed as a cube, the base being the space extension and the height being the time interval. There are many ways in which such a cube can be sectioned, according to the kind of information that the user is looking for.

From a geostatistical point of view, the PLANE panel is the closest possible representation. Each plane of voxel, at a constant

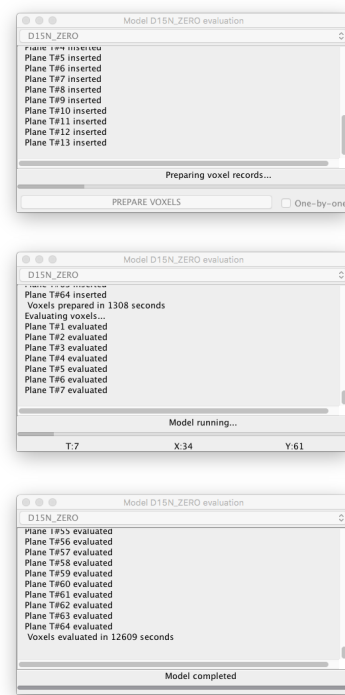


Fig. 2.9

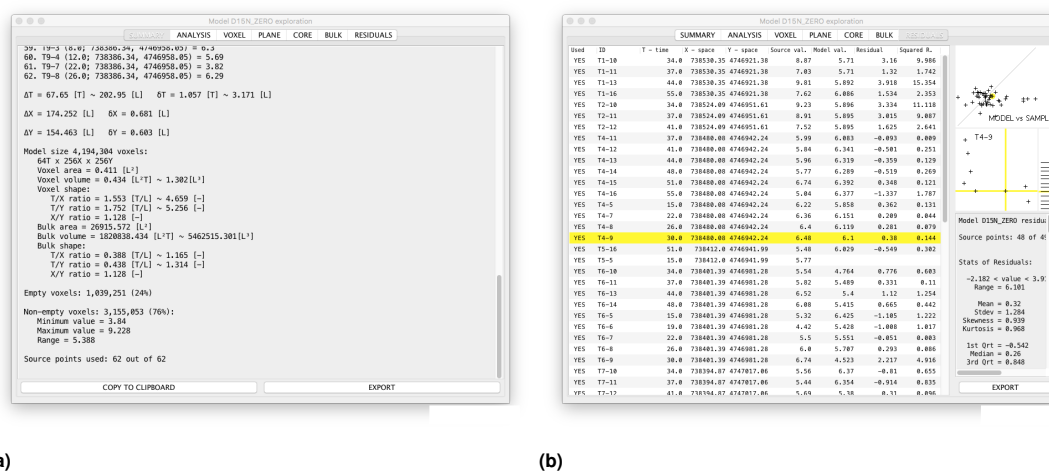
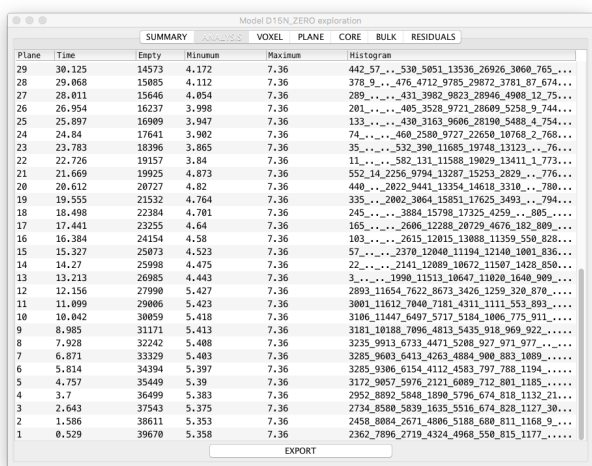
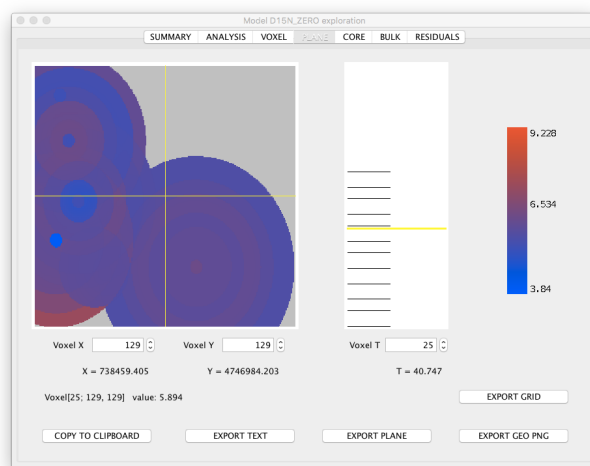


Fig. 2.10

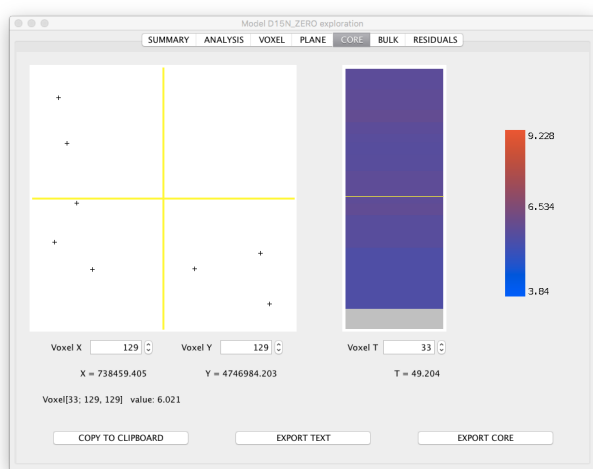
43 The number of bins is configurable.



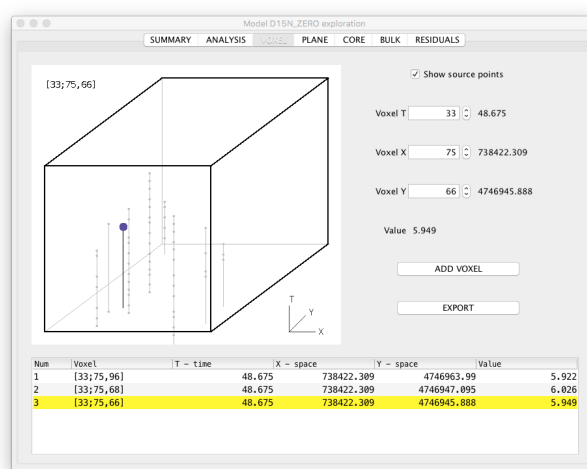
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 2.11

time, is an interpolated surface which can be shipped right to the user's GIS for further analyses. The surface, in fact, can be exported as an ascii grid of georeferenced values,⁴⁴ other export format include a georeferenced *.png* rendered image⁴⁵ and a formatted text file. The bar in the centre of the panel can be set to the time required; a set of horizontal lines show the time distribution of the samples dataset.

The CORE panel, on the other hand, is devoted to the site-wise analysis of the time evolution of the modelled values. The roles of the left and centre panels is exchanged: the left part shows a map of the area with the location of the samples and a hairline showing the position of the *core* dug into the voxels cube. This core is by any respect a time series of values, which can be exported as well as an ascii collection of values.

There is an endless literature about the treatment of time series in R and other statistical environments. This is where a Timescape can bridge the gap between ordinary "flat" geostatistics and time series analysis. Remember, however, that these time series are not measured values but they are interpolations, or even extrapolations if the maximum model time is greater than the maximum samples time.

The Timescape can be viewed as a cube and explored voxel-by-voxel in the VOXEL panel. This is really for a close inspection of small suspect areas. There is not a global vision of the values as planes or cores, so the user must know what he/she is looking for, and where. Users can build their own table of voxels (the list in the bottom part of the panel) adding them one by one. This table can be exported in ascii format for further statistical investigations.

The main tool for having a sense of what's going on is the BULK tool. Also in this case the model is represented as a floating cube, that can be sliced in all directions.

The model can be sliced horizontally, according constant time surfaces; this is basically what happens in the PLANE tool, too.

44 The format is the standard ESRI GRID.

45 A rendered image is only useful for representation in e.g. Google Earth, but it lack the actual values of the pixels.

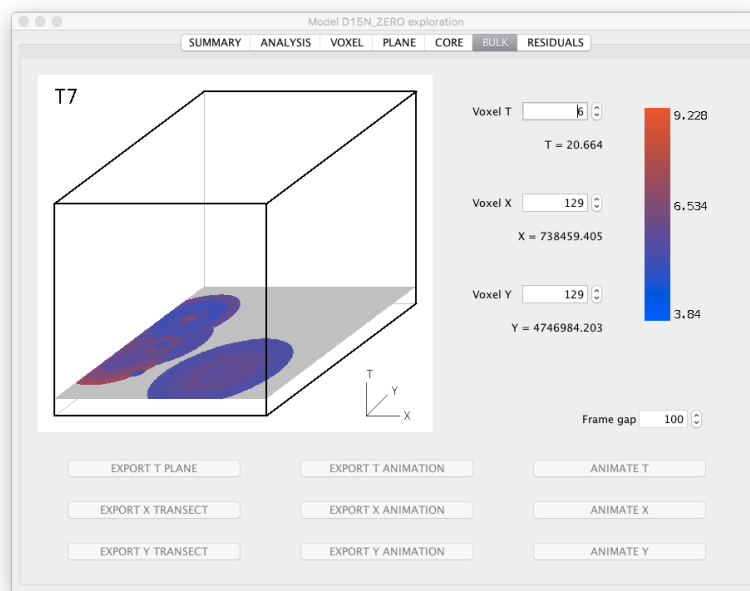


Fig. 2.12 The BULK panel

We can also have constant- x and constant- y slices. These represent respectively the time evolution of North-South and East-West transects. A colour bar shows the values of the elements of the model (this legend is also shown in the other panels).

Having a global look at the model is important to find the hot spots and the hot momentum⁴⁶ areas, this is what this tool has been designed. This panel is also the first place to see after the completion of a model, since it gives an intuitive graphic representation of the values.

Users can select a value for x , y or t using the input sliders on the right side of the cube, so to have the appropriate plane shown, but it is the animation tool that is the most interesting one. Pressing ANIMATE X, ANIMATE Y or ANIMATE T, the planes are generated in sequence and plot one after the other. It is also possible to export these animations as .gif images. The animation procedure is very intensive both in terms of cores load and database accesses (all the elements of the model are selected in sequence), so bottom-of-the-line computers should be used with some care.

2.7 When Something Goes Wrong

If something has gone bad (say, e.g., if the program has been interrupted by killing the Java Virtual Machine) the database integrity is probably corrupted. If there use has access to the database he/she can try to correct manually the inconsistencies. It is advisable, however, to do so in a more protected way, through a couple of hidden panels that the software offers to the user in trouble. The panels are accessed by double-double-clicking the text label on the lower left corner (single model editing) and the icon on the lower right corner (dataset re-initialisation).

The HIDDEN MODEL SETUP panel (left "button") shows up all selected model's characteristics. Everything can be edited and the software performs some rudimentary tests of coherence before actually committing the user's choices.

It is not possible, in any way, to correct the already-evaluated voxels values. It is possible however, unchecking the Complete checkbox, to force TimescapeLocal to delete any value associated with the model, so to be able to run it again. No modification takes place before explicitly clicking on the COMMIT button.⁴⁷

The SOURCE POINTS MANAGER (right "button") shows a dialog box where users can put a new source points dataset.

This is the same panel that is opened when TimescapeLocal does not find a valid source dataset on the Database, plus a warning message suggesting caution. In fact, providing a new dataset erases everything on the Database. Remember that it is not possible to have different source datasets in the same instance of TimescapeLocal: one instance per experiment!⁴⁸ On the other hand,

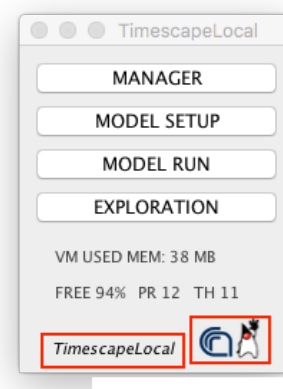
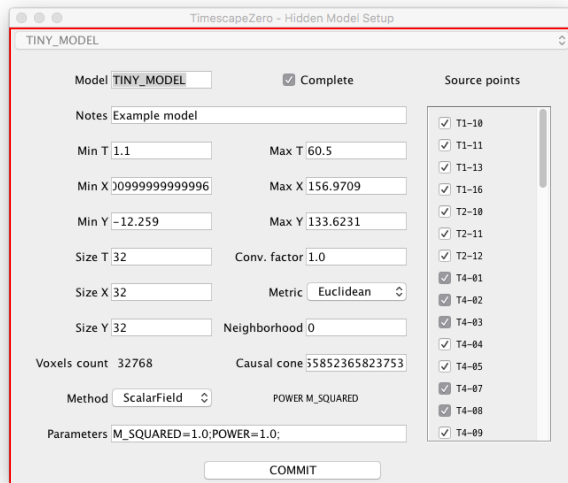


Fig. 2.13

⁴⁶ Hot spots are relatively small areas of distinguishable values, non necessarily related to temperature, while hot momentum refers to small areas of rapidly changing values.

⁴⁷ No action takes place on the Database before committing, TimescapeLocal works on a dummy copy of the model.

⁴⁸ See section 2.1.3 for configuration details.



(a)



(b)

Fig. 2.14

sometimes it is possible to attach ancillary values to the original dataset, but it has to be done before model interpolation, there is no way to append such ancillaries after that the setup of the source dataset has been done.

3 Conclusions

The Timescape algorithm is based on a topological approach which includes causality to define a spatio-temporal distance to be used in any ordinary geostatistical interpolator. Many ecological datasets are georeferenced according to projected (local) coordinates, often the collection strategy includes isolated transects and scattered points, which do not provide a good starting point for geostatistics. The variability of the collection times is also an issue, since the measured variables are almost never stationary. The TimescapeLocal Java application allows the integration of different datasets to produce voxel (i.e. 3D pixel) lattice output that can be included in the users' ordinary GIS workflow.

Timescape Local software is available at the following link: <https://sourceforge.net/projects/timescapelocal/>