

Le carte del tempo, una rappresentazione dinamico-temporale della Svizzera dal 1950 al 2000

Claudia Dolci (*), Alessandro Carosio (*)

(*) ETH, Politecnico federale di Zurigo, IGP, HIL Hönggerberg, 8093 Zurigo, Svizzera

Riassunto

Le distanze in linea d'aria tra le località restano invariate nel tempo. Questa caratteristica garantisce che la forma e la posizione degli elementi geografici di un paese rimangano stabili per decenni. Lo stesso non si può affermare per la lunghezza dei percorsi stradali e le relative distanze temporali che separano le diverse località. Grazie allo sviluppo infrastrutturale in atto, tali distanze tendono infatti sempre più a ridursi.

Le carte dove è rappresentata la distanza temporale piuttosto della distanza geometrica aiutano ad analizzare tale fenomeno, rendendolo di più facile interpretazione. Tali carte sono dette carte del tempo.

In questo lavoro si propone un approccio pratico alla problematica utilizzando un GIS commerciale. Grazie alla metodologia proposta sono state realizzate le carte del tempo per il trasporto ferroviario e quello su strada della Svizzera dal 1950 al 2000.

Abstract

In time, air linear distances between cities in a country do not change. This tells that the physical shape and the position of geographical elements of one country do not change within decades.

The same does not happen for routes which run in road networks and for traveling times, this is mainly due to the improvement of infrastructures. Maps where the traveling time distances instead of the Euclidian distances are shown, help to evaluate and make these changes visible to everybody. These maps are also called time maps.

The following report describes the most appropriate traveling time representations, showing the different aspects that need to be consider for the implementation of computer programs into a GIS software and for the calculation and preparation of the time maps. As example a series of time maps is presented which show the changes of the private and public transport in the last 50 years.

Introduzione

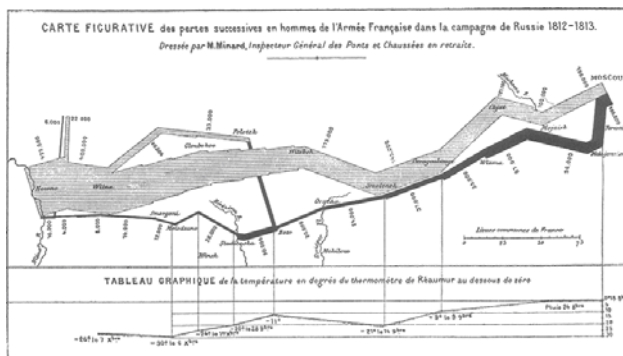
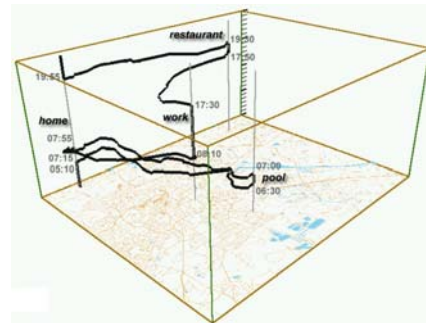
La realizzazione delle carte del tempo è parte di uno studio finanziato dal Fondo Nazionale Svizzero, insieme all'Ufficio Federale per l'Educazione e la Ricerca e all'Ufficio Federale dei Trasporti. Il progetto è stato realizzato dall'Istituto di Geodesia e Fotogrammetria in collaborazione con gli Istituti di Progettazione e Pianificazione del Traffico e di Cartografia del Politecnico di Zurigo.

L'obiettivo del progetto è stato quello di analizzare i cambiamenti demografici avvenuti in Svizzera nel secondo dopoguerra e i miglioramenti infrastrutturali che hanno permesso di ridurre i tempi di viaggio su tutto il territorio nazionale svizzero.

La relazione spazio-tempo in cartografia

In passato sono state sviluppate diverse tecniche atte a raffigurare in cartografia la relazione tra spazio e tempo.

Minard (1861) riuscì a rappresentare in una singola immagine bidimensionale la disastrosa marcia su Mosca di Napoleone (Figura 1a). Negli anni sessanta, Hägerstrand introdusse una prima rappresentazione tridimensionale della relazione spazio-tempo, dove lo spazio è riprodotto sulla base di un cubo (*Space-time cube*) e la componente temporale è raffigurata come altezza del solido (Figura 1b).



Kraak, 2003

(a)

(b)

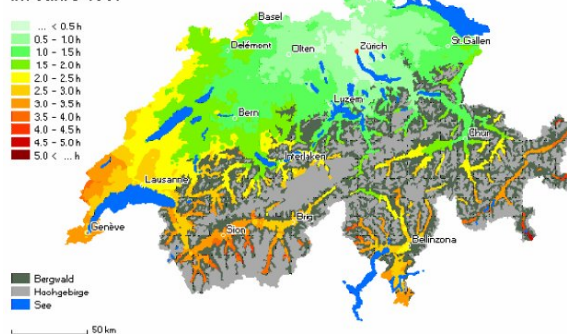
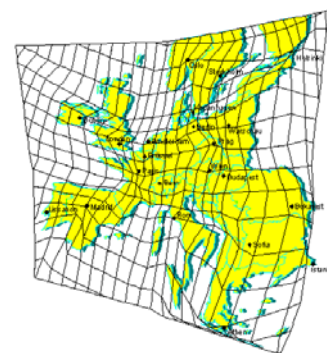
Figura 1 – (a) Carta di Minard (1861), (b) „Space-time cube“

Tra le rappresentazioni più recenti possiamo ricordare i diagrammi a barre o semplici tabelle a due entrate, spesso usate negli atlanti stradali.

Un'ulteriore possibilità consiste nel visualizzare il tempo con delle isocrone. Grazie all'ausilio di isolinee o di scale di colore si possono facilmente illustrare le zone raggiungibili in un determinato intervallo di tempo partendo da una singola località (Figura 2a). La distanza delle isolinee è proporzionale al tempo di viaggio.

Le carte del tempo costituiscono un'altra possibilità e sono la soluzione analizzata e discussa in questo lavoro. In questa rappresentazione la distanza tra due punti non è considerata proporzionale alla loro distanza fisica (come avviene nelle carte topografiche), ma alla distanza temporale che li divide. Di conseguenza, due località facilmente raggiungibili saranno raffigurate vicine; al contrario aumentando i tempi di viaggio aumenterà anche la loro distanza fisica sulla carta del tempo (Figura 2b).

Bahnreisezeiten von Zürich
im Jahre 1997



Spiekermann und Wegener (1994)

(a)

(b)

Figura 2 – (a) Esempio di isocrone con tempi di viaggio da Zurigo, (b) Esempio di carta del tempo

La soluzione con il metodo dei minimi quadrati

Per calcolare le carte del tempo si assume una scala temporale. Le carte sono generate attraverso una trasformazione delle coordinate spaziali in coordinate temporali. Per determinare i parametri della trasformazione da applicare alle coordinate spaziali è necessario conoscere le coordinate temporali di un numero sufficiente di località in entrambi i sistemi.

Prendendo in considerazione tre località e i relativi tempi di viaggio, date le coordinate temporali di due località, è possibile calcolare in modo preciso le nuove coordinate temporali della terza. Il tempo di viaggio tra due località è considerato come una distanza “virtuale” (Figura 3), fissando la lunghezza dell’unità di tempo sulla carta (scala temporale).



Figura 3 – Tempi di viaggio tra tre località

Aumentando il numero dei punti, si creano inevitabilmente dei conflitti geometrici, in quanto i tempi di viaggio non sono più proporzionali alle distanze. In una rappresentazione bidimensionale non è quindi possibile riprodurre in modo esatto i tempi di viaggio tra tutte le località. Per risolvere questo problema diventa necessario ricorrere alla statistica.

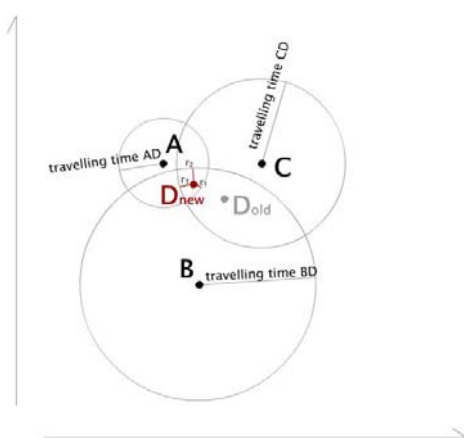


Figura 4 – Calcolo delle nuove coordinate del punto D (4 punti)

In questo lavoro, si è costruito un sistema di equazione per calcolare le nuove coordinate temporali in funzione dei tempi di viaggio, considerandoli come osservazioni. La soluzione è stata raggiunta applicando il metodo dei minimi quadrati, assicurando che le distanze tra le località potessero rappresentare al meglio i tempi di viaggio. Le nuove coordinate sono state calcolate in modo tale da garantire che i residui fossero il più piccoli possibili (minimizzazione della somma dei quadrati dei residui (Figura 4). L’equazione che esprime il tempo di viaggio in funzione delle coordinate temporali (per le località P_i e P_j) è la seguente:

$$\text{Tempo di viaggio } (P_i - P_j) + r_{ij} = \sqrt{(Y_i - Y_j)^2 + (X_i - X_j)^2}$$

dove

$$\sum r_{ij}^2 = \min$$

Il calcolo sopra descritto è stato realizzato in due fasi distinte. Nella prima fase si sono compensati i tempi di viaggio tra i più importanti nodi stradali e ferroviari della Svizzera. Successivamente si sono calcolate le coordinate delle restanti località, attribuendo un peso (p_{ij}) minore ai tempi di viaggio più lunghi in modo da non sovrastimarne l'influenza nella compensazione e mantenendo fisse le coordinate calcolate nella prima fase.

Nella seconda fase, la condizione risultava la seguente:

$$\sum p_{ij} r_{ij}^2 = \min$$

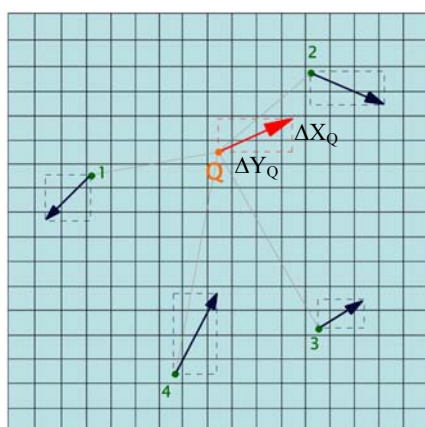
Per garantire una soluzione il più esatta possibile, la scala (grandezza geometrica per le unità temporali) e l'orientamento della carta sono state convenute prima della trasformazione. Questo ha garantito di calcolare una posizione quasi ottimale per tutte le località e di rappresentare i tempi di viaggio con una distorsione ridotta dell'immagine.

La realizzazione delle carte del tempo

La soluzione con il metodo dei minimi quadrati per il calcolo delle nuove coordinate è stato realizzata per ragioni pratiche con il programma esistente LTOP (Ufficio Federale di Topografia, <http://www.swisstopo.ch>), utilizzato in Svizzera per la compensazione di misure geodetiche. LTOP è in grado di calcolare le nuove coordinate assegnando alle singole osservazioni pesi diversi in base ai valori di deviazione standard (Gubler, 2002). Per il calcolo la città di Berna è stata scelta come punto fisso e l'azimut tra Ginevra e St. Moritz mantenuto costante (datum).

Ottenute le nuove coordinate, per la realizzazione delle carte del tempo è stata resa necessaria una trasformazione continua dell'informazione cartografica. Per questa fase è stato scelto il software ArcGIS (ESRI, <http://www.esri.com>). In ArcMap, interfaccia grafica del programma, si possono infatti generare vettori di spostamento che permettono di realizzare la trasformazione continua della carta con il metodo a foglio di gomma (*rubbersheet*).

Nel caso di un'irregolare distribuzione spaziale dei vettori, l'algoritmo standard di ArcGIS non offre una soluzione grafica soddisfacente per lo scopo del nostro lavoro. I primi risultati hanno indicato, infatti, zone di sovrapposizione e distorsioni dell'immagine molto forti. Per risolvere questo problema, in Visual Basic è stata programmata un'interpolazione secondo la media aritmetica delle deformazioni puntuali su una griglia a maglia regolare di dieci chilometri. Il peso p_i assegnato è inversamente proporzionale alla terza potenza della distanza.



$$\Delta X_Q = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot \Delta X_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

$$\Delta Y_Q = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \cdot \Delta Y_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

, dove

$$p_i = \frac{1}{d_i^3}$$

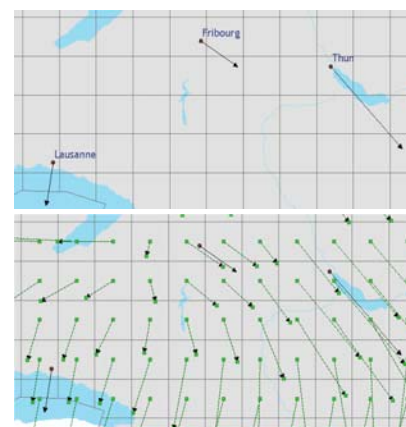


Figura 5 – Trasformazione dei singoli punti della griglia

Grazie a questa trasformazione sono state prodotte nuove coordinate trasformate per ogni punto della griglia e di conseguenza nuovi vettori spostamento. La regolarità e la maggiore densità dei vettori hanno permesso di ottenere un maggiore controllo sull'algoritmo di trasformazione standard offerto da ArcGIS e hanno garantito risultati graficamente soddisfacenti (Figura 6).

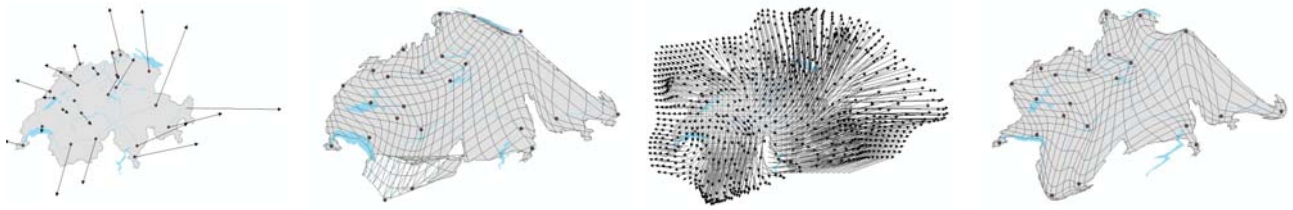


Figura 6 –Trasformazione con vettori di spostamento piu' fitti

Risultati e conclusioni

Utilizzando la metodologia sopra descritta sono state realizzate le carte del tempo per il trasporto ferroviario e quello su strada della Svizzera dal 1950 al 2000 (Figure 7 e 8).

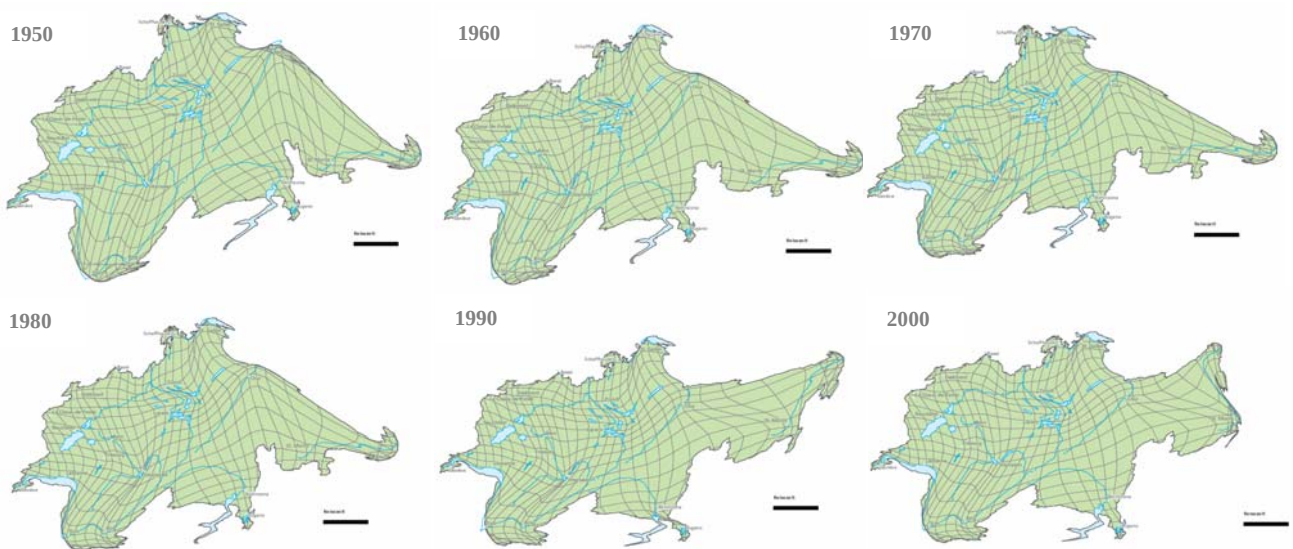


Figura 7 – Carte del tempo per il trasporto ferroviario in Svizzera 1950 – 2000

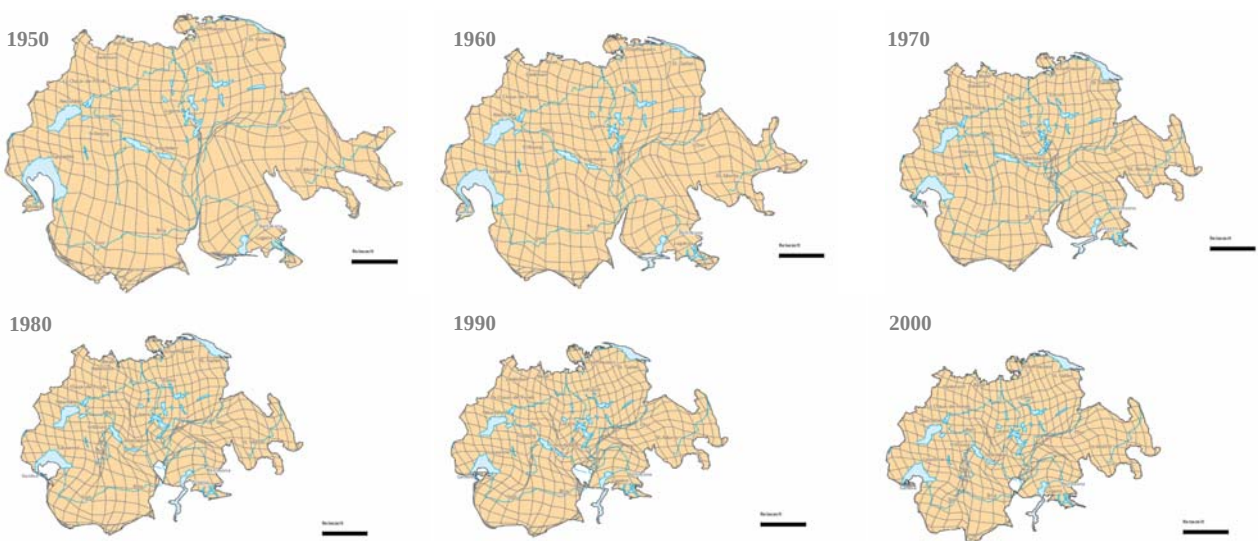


Figura 8 – Carte del tempo per il trasporto su strada in Svizzera 1950 - 2000

Le carte del tempo prodotte costituiscono un elemento cartografico nuovo per gli atlanti storici e rappresentano un valido supporto per le analisi sullo sviluppo infrastrutturale avvenuto sul territorio svizzero.

Tali carte hanno ad esempio permesso una rapida visualizzazione della riduzione dei tempi di viaggio avvenuta nel secondo dopoguerra. Se si considera la superficie della Svizzera in scala temporale si può notare come nel caso del trasporto su strada le dimensioni si sono ridotte di circa il 50%, mentre per il trasporto ferroviario solo di un quinto (Tabella 1). Quest'ultimo dato è in parte attribuibile al fatto che nell'analisi non si è tenuto conto dei miglioramenti riguardanti la maggiore frequenza dei collegamenti offerti apportati negli ultimi decenni.

	Trasporto su strada	Trasporto ferroviario
1950	100%	100%
1960	82%	92%
1970	61%	82%
1980	52%	79%
1990	49%	79%
2000	47%	83%

Tabella 1- Riduzioni in percentuale dell'area del paese nelle carte del tempo

Se da un lato si sono ottenuti risultati graficamente soddisfacenti e ben interpretabili, dall'altro l'automatizzazione auspicata nella creazione delle carte è stata solo in parte raggiunta. Allo stato attuale delle cose è possibile solamente un processo semiautomatico della procedura. Ulteriori studi in questa direzione potrebbero sicuramente offrire una loro più facile realizzazione.

In ultimo è da segnalare come la metodologia proposta possa essere utilizzata per lavori dove sono richieste trasformazioni che prevedono forti distorsioni, quali ad esempio lavori di georeferenziazione di mappe storiche.

Bibliografia

- Gubler E. (2002), „Beschreibung zum Programm LTOP Version 9.4, *Ersetzt Bulletin Nr. 25/d und 18*, http://www.swisstopo.ch/pub/down/download/geo_software/ltop_de.pdf
- Kraak, M. J. (2003), “The Space-time Cube revisited from a Geovisualization Perspective”, *21st International Cartographic Conference*, ICA Durban, 1988-1995
- Scherer M. (2004), „Erreichbarkeitsveränderungen in der Schweiz: Eine kartographische Darstellung“, *Semesterarbeit*, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich
- Shimizu E. (1993), “Time-space Mapping Based on Topological Transformation of Physical Map”, *Proc. the 6th World Conference on Transport Research*, Vol. 1: 219-230
- Spiekermann K., Wegener M. (1994), “The Shrinking Continent: New Time Space Maps of Europe”, *Environment and Planning B: Planning and Design* 21: 653-673
- Spiekermann K., Wegener M. (1993), „Zeitkarten für die Raumplanung“, *Informationen zur Raumentwicklung* 7: 459-487
- Spiekermann K. (1999), „Visualisierung von Eisenbahnreisezeiten. Ein interaktives Computerprogramm“, *Berichte aus dem Institut für Raumplanung*, 45, Universität Dortmund, Dortmund