GIUDIZI CRITICI E DIALETTICI SULLA GEOMATICA E LA GEOMATICA APPLICATA: "NON C'E' NIENTE DI BUONO O CATTIVO, E' IL PENSIERO A RENDERLO TALE [1]"

Luigi Mussio [(1)] – Daniela Poli [(2)]
[(1)] Politecnico di Milano – DICA – Piazza Leonardo da Vinci, 32 – 20133 Milano
Tel. 02-2399-6501 – Fax 02-2399-6602 – e-mail luigi.mussio@polimi.it
[(2)] Politecnico di Milano – DICA – Piazza Leonardo da Vinci, 32 – 20133 Milano
Tel. 02-2399-6501 – Fax 02-2399-6602 – e-mail danipolix@gmail.com

Riassunto – La Geomatica e la Geomatica Applicata, come ogni altra disciplina, non possono esimersi da essere sottoposte a giudizi critici e dialettici sui loro studi e sulle loro attività. Questo lavoro prende proprio in considerazione differenti aspetti di queste discipline, allo scopo di dare indicazioni su come formulare questi giudizi critici, perché tutto deve essere scientifico, e dialettici, perché nulla può essere dogmatico (compresa la scienza stessa). Sguardi tra passato e presente, alla teoria ed alla pratica, tra scienza e tecnica, nonché alla politica, perché non esistono sistemi chiusi ed isolati, completano utilmente il presente lavoro.

Introduzione

Il Trattamento delle Osservazioni insegna che tutti i risultati degli esperimenti (campionari e non), tratti dall'elaborazione delle variabili statistiche, devono sempre essere confrontati con i dati di riferimento, forniti dai modelli delle variabili casuali. Inoltre il Trattamento delle osservazioni, seppure costituitosi nell'ambito delle discipline del rilevamento, è anche uno strumento capace di mettere a confronto risultati e modelli, di qualsiasi origine e natura. Di conseguenza, ogni operazione eseguita è più certa (in termini di accuratezza e precisione) e sicura (cioè affidabile), solo se sottoposta a test.

Allora fare i test, al di là delle metodologie e delle procedure usate, tipiche dell'inferenza statistica, determina una verifica d'ipotesi, un controllo di qualità ed un collaudo delle operazioni eseguite. Ampliando l'orizzonte culturale, i test sono anche un giudizio critico (perché scientifico) e dialettico (essendo non dogmatico), su tutti i passi di un'operazione, dal campionamento, all'elaborazione (con algoritmi e/o con procedure), fino alla archiviazione / visualizzazione / rappresentazione dei suoi risultati. Pertanto da questo punto di vista, i test sono strumenti per rendere matematici i giudizi di qualità che li precedono.

In questo modo, è ben evidente il legame tra la scienza e la tecnica con la società, la politica e l'economia, dato che i giudizi di qualità precedono gli strumenti matematici, perché attengono alla verità, alla giustizia ed all'etica. D'altra parte, come è facile riconoscere, data l'enorme difficoltà di stabilire ciò che è vero, giusto e buono, una debole traccia è data da ciò che è bello, dove l'esigenza estetica si esprime in un'etichetta che è educazione civica, per tutti, ed un galateo minimo, per ciascuno. Per contro, è piuttosto facile riconoscere ciò che è proprio brutto, come pure veramente cattivo, ingiusto e falso.

Tu bada ben che l'aver in le tue mani il potere della Repubblica e il plauso di chi crede che si possa governare senza inganno non ti è bastante, poiché non è tanto la novità che conta, ma produrre il nuovo. Quindi ascolta e pruovoca il popolo perché parli a costo di causare in te risentimento. Non credere che questo sia disordine e perdita di tempo e che si facci meglio a non descutere et computare. Non è il tempo che si conzuma nel confronto cosa da deprecare. L'errore che non truoverà mai rimedio è quello del resolvere ogni decisione per applaudimento. Uno bono descurso con retorica piazzata ad uopo, qualcuna frase dal bon suono e via che se cammina più spediti che mai. Tu debbi insegnare a razionare ogni idea o pruogramma tre volte più che non lo sia il raggionevole. Trista gente è quella di un popolo che segue lo sbatter di bandere e stendardi piuttosto che le idee ben mastecate. (Niccolò Machiavelli, Scritti di governo).

[1] William Shakespeare, Amleto.

Io stimo più il trovar un vero, benché di cosa leggiera, che 'l disputar lungamente delle massime questioni senza conseguir verità nissuna. (Galileo Galiei, Scritti letterari).

Alte cattedre credono invece di affermare verità assolute, laddove una loro rilettura, più umile, potrebbe dare preziose indicazioni utili. Quanto segue è ripreso da un articolo scritto dal Papa emerito, Benedetto XVI, di certo un insigne teologo e forse un Dottore della Chiesa, dove purtroppo, a giudizio di coloro che scrivono, compare un'eccessiva sicurezza nella possesso di una verità, unica e stabile, mentre la stessa verità appare invece incerta ed insicura. Tutto questo non significa affatto l'apologia di un relativismo radicale, certamente errato, ma la scelta prudente e consapevole di un relativismo moderato, scettico ed eclettico.

… è scomparsa la serenità quieta di una comunità … A suo posto risuona il grido straziante dei perseguitati di Auschwitz, il cinismo, il brutale tono di comando dei signori di quell'inferno, le urla zelanti dei gregari che vogliono salvarsi così dall'orrore, il sibilo dei colpi di frusta dell'onnipresente e anonimo potere delle tenebre, il gemito disperato dei moribondi. … dalle camere a gas di Auschwitz … dai villaggi devastati dalla guerra e dai volti di bambini stremati nel Vietnam, dalle baraccopoli in India, in Africa e in America Latina, dai campi di concentramento del mondo comunista … un realismo … sbeffeggia qualsiasi trasfigurazione estetica. Se avessero avuto ragione Kant e Hegel, l'illuminismo che avanzava avrebbe dovuto rendere l'uomo sempre più libero, sempre più ragionevole, sempre più giusto. Dalla profondità del suo essere salgono invece sempre più quei demoni che con tanto zelo avevamo giudicato morti, e insegnano all'uomo ad avere paura del suo potere e insieme della sua impotenza: del suo potere di distruzione, della sua impotenza a trovare se stesso e a dominare la sua disumanità. … Oggi, …, l'eco di quel grido risuona nelle nostre orecchie in mille modi: dall'inferno dei campi di concentramento, dai campi di battaglia dei guerriglieri, dagli slum degli affamati e dei disperati [2]: "Dove dei Dio, se hai potuto creare un mondo così, se permetti impassibile che a patire le sofferenze più terribili siano spesso proprio le più innocenti tra le tue creature, come agnelli condotti al macello, muti, senza poter aprire bocca?". … Cosa si può dire? Si tratta al fondo di una domanda che non è possibile dominare con parole e argomentazioni, perché arriva a una profondità tale che la pura razionalità e la parola che ne deriva non sono in grado di misurare. … E' curioso infatti che l'affermazione che non può esserci più alcun Dio, che Dio dunque è totalmente scomparso, si levi con più insistenza dagli spettatori dell'orrore, da quelli che assistono a tali mostruosità dalle comode poltrone del proprio benessere e credono di pagare il loro tributo e tenerle lontano da sé dicendo: "Se accadono cose così, allora Dio non c'è [3]". Per coloro che invece in queste atrocità sono immersi, l'effetto non di rado è opposto: proprio lì riconoscono Dio [4]. … Un superbo credere di poter risolvere la questione … finisce per non centrare l'essenziale. Al massimo si può offrire qualche spunto. … … E' una domanda che può essere solo vissuta, patita. … dobbiamo imparare sempre più – e non solo a livello teorico, ma anche nella pratica della nostra vita – che tutto il buono è un prestito … dobbiamo imparare ancora una volta, non solo a livello teorico, ma nel modo di pensare e di agire – che … esiste … [5] un dovere reale verso i più piccoli, i calpestati di questo mondo, gli ultimi (Joseph Ratzinger, Da Auschwitz alle baraccopoli – Corriere della Sera, giovedì 2 aprile 2015).

L'umana solidarietà, con spirito collaborativo, fallimentare davanti a scelte uniche, ma invece possibile di fronte a scelte ripetute, con un po' di pazienza e buona memoria, può infatti portare a risultati, positivi, per tutti, che vanno oltre la somma nulla. D'altra parte, la guerra è vincente solo al primo colpo, ma poi provoca danni gravi per tutti, mentre le strategie a somma nulla sono forse il male minore, ma dopo non permettono avanzamenti di sorta. In questo modo, andando oltre i tanti imbrogli dei linguaggi e delle ideologie, l'umana solidarietà e la fede nella figura mitica di Gesù, risorto a Pasqua, possono dire e fare le stesse cose.

---

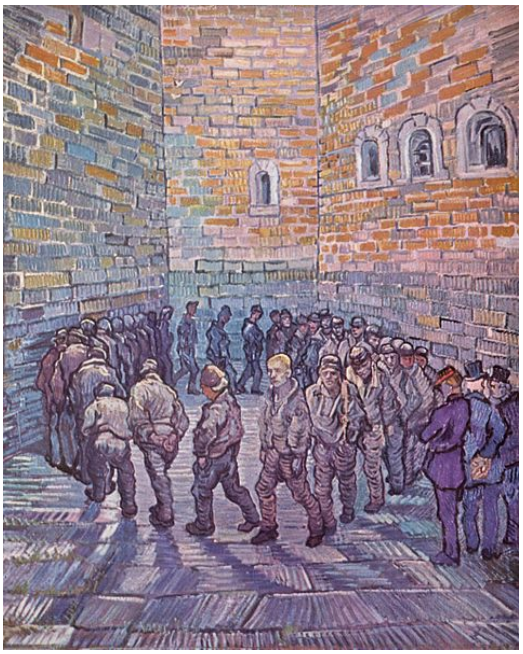
[2] Particolarmente importante è aver messo nell'elenco delle cose orribili e detestabili anche gli slum degli affamati e dei disperati, per la critica radicale del tristo capitalismo attuale, frutto della globalizzazione selvaggia, della finanza d'assalto, del ritorno della rendita, della marginalizzazione del lavoro (con la pauperizzazione di un sempre minor numero di lavoratori e la formazione di una massa enorme di esodati, sottoccupati e disoccupati), della shock economy, fino al punto che non è più neppure possibile chiamarlo capitalismo (essendo ormai qualcosa di radicalmente diverso, cioè uno strumento di rapina, in conflitto, in primis con la democrazia e poi anche con la pace).

[3] Con una rilettura laica, Dio potrebbe stare per altri dei e religione per ideologie e filosofie, in quanto, in ogni caso, si tratta di eclissi, dove il sonno della ragione genera mostri.

[4] Non sembri irriverente, a questo punto, ma potrebbe essere anche un effetto placebo, valendo tutto ciò anche per altri dei ed altre religioni, come pure ideologie e filosofie, teiste od agnostiche, oppure atee.

[5] Il testo originale così conclude, facendo riferimento alla figura mitica di Gesù. risorto a Pasqua: una "presenza reale … nei più piccoli, nei calpestati di questo mondo, negli ultimi", ma non è troppo diverso dal parlare laicamente di un dovere civico, verso la realtà degli ultimi, mosso da una scelta laica, civile e sociale, anziché da un sentimento religioso, quando questo non è intollerante e fanatico.

Pieter Bruegel il Vecchio, La Lotta tra Carnevale e Quaresima [6] (Kunsthistoriches Museum, Vienna)



Vincent Van Gogh, La ronda dei carcerati (Museo Puškin, Mosca)

Una lectio importante, perché il pane quotidiano deve essere un diritto di tutti, riprende e conclude questa introduzione sui giudizi, critici e dialettici, che ritorna al problema del bello, come tracciante del buono, del giusto e del vero (contro gli assurdi dogmi economici che favoriscono pochi ed aumentano l'ingiustizia).

Omnia sunt communia: questa affermazione, risalente ai padri della chiesa, è stata la bandiera della rivoluzione di Thomas Müntzer (1489-1525), la "rivoluzione dei contadini". Dal 1968 riappare periodicamente … come scritta di protesta.
… Il cibo, che ci dà la vita e senza il quale moriamo, è la prima realtà che va necessariamente condivisa. Oggi siamo consapevoli dell'ingiustizia regnante, dell'assoluta mancanza di equità nella distribuzione delle risorse del pianeta. Si pensi solo che meno del 20% della popolazione possiede l'86% della ricchezza mondiale. La diseguaglianza planetaria, a partire dall'ingiusta ripartizione del cibo, dovrebbe farci provare vergogna. L'abisso sempre più profondo che separa i poveri dai ricchi dovrebbe inquietarci, perché una tale situazione può solo preparare una rivolta dei poveri, una guerra – dai nuovi connotati, ma sempre guerra – tra i privilegiati da un lato e, dall'altro, i bisognosi che non solo ricevono sempre meno aiuti e sono sempre più abbandonati a se stessi, alla miseria, all'ignoranza, alle regressioni tribali che generano violenza tra gli

[6] Il conflitto e la lotta sono caratteristici dell'esperienza umana (e non solo) che può essere sottoposta anche a sorveglianza e punizioni, ma essere sempre persone libere è preferibile ad essere schiavi, servi o sudditi di padroni e/o padrini, per quanto importanti e potenti.

stessi poveri, ma che vengono anche defraudati delle loro terre e delle ricchezze che vi si trovano. I ricchi oggi diventano più ricchi e i poveri più poveri, cresce il numero delle persone obese nel ricco occidente, mentre gli abitanti dell'emisfero sud, dell'Africa, continuano a morire di fame o di malnutrizione. Purtroppo negli ultimi venticinque anni si sono imposti e regnano "dogmi economici" che favoriscono i ricchi e aumentano l'ingiustizia nella società. L'idolo della crescita economica che si pretende inarrestabile; il consumo, anch'esso pensato sempre in aumento per soddisfare una ricerca di felicità falsata; la concezione della naturalità della diseguaglianza, che sarebbe vantaggiosa per tutti: questi sono diventati dogmi poco contraddetti e invece sempre capaci di rendere idolatre e alienate le masse.
… attualmente si crede alla mano invisibile del mercato, pensata come l'artefice assoluto del benessere del pianeta: idolatria, avrebbero gridato i profeti … Abbiamo perduto il senso della grande e decisiva nozione … del bene comune e, con esso, ogni urgenza di giustizia e di equità. (Su) la terra … noi siamo solo ospiti e pellegrini …; la terra è stata affidata a tutta l'umanità perché fosse lavorata, custodita e potesse dare le risorse necessarie per la vita di tutti gli abitanti del pianeta, umani e animali. Il cibo, il pane, secondo la metafora che lo rappresenta, è di tutti e per tutti. … il "mio" e il "tuo", queste fredde parole, introdussero nel mondo infinite guerre… Un tempo i poveri non invidiavano i ricchi perché non c'erano poveri, essendo tutte le cose comuni. … Ecco da dove sorgono il contrasto, l'inimicizia, la violenza… Oggi è urgente che gli umani riscoprano la communitas la quale, sola, può aiutare i tentativi di equa redistribuzione delle ricchezze del pianeta; è urgente che ritrovino l'idea di bene comune, per la felicità della convivenza; è urgente che si esercitino alla "con-vivialità", alla condivisione del cibo per ritrovare i legami sociali, la possibilità di instaurare una fiducia reciproca che si traduce in responsabilità l'uno verso l'altro. Non mi dilungo a declinare l'istanza della condivisione del cibo, ma è facile comprendere che non significa solo l'atto finale … insieme, seduti alla stessa tavola, bensì anche il rispetto del lavoro del produttore di alimenti, il riconoscimento del lavoro dei contadini, la sostenibilità sociale ed ecologica, l'instaurazione di un mercato equo e solidale e, all'inizio dei processi, l'affermazione della proprietà comune delle risorse naturali come l'acqua e la destinazione della terra a quanti la lavorano.
Il cibo, dunque, è tale quando è condiviso, altrimenti è veleno per chi se lo accaparra e morte per chi non ce l'ha. Il mondo, purtroppo, sembra diviso tra chi non ha fame perché ha troppo cibo e chi ha fame perché non ne ha. In virtù di questa perversa situazione, molti sono esclusi dalla società in cui vivono e diventano ben più che sfruttati: diventano avanzi, scarti, rifiuti … Il paradosso dell'abbondanza in cui credevamo di vivere, con la crisi economica di questi ultimi anni ha mostrato che la miseria può essere tra di noi e colpire qui, nelle nostre terre, uomini e donne che vivono tra la penuria e la fame, faticando ad avere ciò che è necessario per vivere e dovendo così ricorrere all'aiuto di istituzioni caritative. Ripeto, qui in mezzo a noi! Condividere il cibo dovrebbe essere condizione essenziale per poterlo assumere con sapienza e per renderlo causa di festa, trasformandolo da cibo quotidiano in banchetto. Mai senza l'altro, neppure a tavola! … Permettetemi di ricordarlo: se il pane, bisogno comune, pane per tutti, non è condiviso, allora … "il pane insorge, si alza in rivolta". Questo è il grido delle rivoluzioni per la mancanza di pane e la fame dei poveri: lo era nel medioevo ma lo è ancora ai giorni nostri …
Vigiliamo dunque e, soprattutto, decidiamoci … a un mutamento dei nostri comportamenti verso il cibo: dobbiamo combattere gli sprechi, sentire come un furto il buttare via il cibo, assumere uno stile di sobrietà, fare le battaglie politiche ed economiche necessarie affinché il cibo sia sempre condiviso. E subito, nel quotidiano, dove ci troviamo, dobbiamo dare da mangiare a chi ha fame, aiutandolo con denaro o invitandolo alla nostra tavola. … Il rapporto tra sapienza umana e cibo non può eludere il problema della fame e dunque chiede, anzi reclama con forza la condivisione (Enzo Bianchi, Il cibo è la prima realtà che va condivisa eppure resta alla base delle disuguaglianze – La Repubblica del 19/05/2015.).

Questioni metodologiche [7]

La scienza e la tecnica trascorrono spesso periodi di cosiddetta scienza normale, dove si approfondiscono e si affinano tematiche specialistiche, seguendo paradigmi dati e risolvendo così le questioni, solitamente più difficili e complesse, lasciate ancora aperte dalle varie materie. Tuttavia a volte, le stesse si trovano coinvolte in rivoluzioni scientifiche e/o tecnologiche che cambiano, completamente o quasi, i paradigmi correnti, per

[7] Lo spunto per questo paragrafo è dato dal seminario (svoltosi presso il Dipartimento di Elettronica Informazione e Bioingegneria del Politecnico di Milano, nel gennaio 2015, e promosso dalla Dr. Loredana Cristaldi cui va il ringraziamento degli autori): Scienziati e filosofi in dialogo, con la partecipazione di filosofi, matematici ed ingegneri. Infatti la separazione e l'incomunicabilità tra scienza e filosofia (che talvolta caratterizza la cultura odierna) è relativamente recente. Senza scomodare il pensiero antico o quello moderno, anche in tempi vicini, alcuni scienziati si sono occupati direttamente di problematiche filosofiche (epistemologiche in massima parte, ma non solo) ed alcuni filosofi si sono occupati di problematiche scientifiche, con competenza. Le ragioni che hanno portato al divorzio sono molte, ma questo stato di fatto non deve tuttavia impedire di capire come, da un lato, lo scienziato, volente o nolente, sia sempre condizionato, ora positivamente, ora negativamente, da scelte teoriche (spesso metafisiche) e da concezioni del mondo, senza le quali,

poi costruirne e proporne altri diversi, anche se spesso le complessità, vere e proprie, delle innovazioni sono solo più tardi affrontate, quando le rivoluzioni avvenute vanno consolidandosi in nuova scienza normale.

La filosofia naturale è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi, io dico l'universo, ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscer i caratteri nei quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto (Galileo Galilei, Il Saggiatore).

Nissuna umana investigazione si può dimandare vera scienza, s'essa non passa per le matematiche dimostrazioni (Leonardo da Vinci, Trattato sulla pittura).

Le scienze matematiche pure, cioè la geometria e l'aritmetica, delle quali l'intelletto divino ne sa ben infinite proposizioni di più, perché le sa tutte, ma di quelle poche intese dall'intelletto umano credo che la cognizione agguagli la divina nella certezza obiettiva (Galileo Galilei, Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo).

Tutto questo, dal Rinascimento in poi e, in particolare, dal '600, si chiama metodo scientifico – sperimentale. A riguardo, occorre necessariamente notare lo stretto intreccio fra la scienza (e la tecnica, intesa non solo come prodotto, ma anche come stimolo) e la metafisica (dove la parola significa solo: andare oltre le cose fisiche). Infatti se la scienza ha bisogno di assunzioni a priori, spesso non verificate ed a volte neppure mai verificabili, la metafisica non è qualcosa di dato, da sempre e per sempre [8], ma qualcosa che si costruisce e si adatta alla cultura del proprio tempo, come ogni altra cosa della vita comune.
Ritornando al periodo tardo rinascimentale ed al primo '600, interessante è ricordare la disputa fra Galileo e Keplero sulla forma ellittica delle orbite, perché il primo le vuole circolari, in quanto la circonferenza è una forma più perfetta dell'ellisse. Per contro, il secondo (rilevatole ellittiche dalle misure di Tycho Brahe), le accetta, perché l'ellisse (al pari della parabola e dell'iperbole) è una sezione piana di un cono retto (e la circonferenza solo un caso particolare dell'ellisse). Del resto, tutta la storia della matematica e della fisica è basata su assunzioni a priori [9], senza le quali non si avrebbero matematica e fisica.
In questo modo, a partire dalla categorie aristoteliche di sostanza, qualità, quantità e relazione, per giungere alla dodici categorie kantiane, seppure collocate in uno spazio – tempo euclideo, galileiano e newtoniano [10], ed arrivare oggigiorno ai portati della filosofia della scienza, come pure della linguistica, delle neuroscienze e dell'ingegneria della conoscenza, la scienza e la tecnica sono veicoli importanti per lo sviluppo, il progresso e la modernità, ma devono insieme sapersi interrogare sui loro limiti, contraddizioni e pericoli, confrontandosi con la metafisica (correttamente intesa), la cultura tutta e la politica (che si spera pulita [11]).
In quattro passi distinti può essere descritto il processo conoscitivo: dalla percezione di fenomeni ed eventi all'apprendimento delle nozioni, come pure dalla strutturazione della conoscenza all'applicazione di questa ultima, per produrre tutto quanto serve alla vita quotidiana associata. Infatti i livelli della conoscenza e degli interventi possono essere di routine, oppure elevati, ma il processo non cambia sostanzialmente, anche

---

in realtà, la scienza non potrebbe progredire, dall'altro lato, la filosofia, se non vuole finire nella vuota chiacchiera autoreferenziale, deve fare i conti con i saperi particolari e, in primis, con le scienze.
[8] Una metafisica dogmatica è un'istituzione chiesastica (religiosa od atea), comunque opprimente e deleteria.
[9] Ad esempio, in algebra: i numeri reali, razionali ed interi; in geometria: i punti, le rette ed i piani; in fisica: i concetti di massa, forza, energia, campo, ecc. (oltreché alla definizione di tempo, chiaro a livello di senso comune, ma di difficilissima definizione).
[10] La rilettura neokantiana tempera le rigidità kantiane di uno spazio ed un tempo assoluti, rendendoli compartibili con i moderni sviluppi della matematica e della fisica. Del resto, lo stesso Kant sembra aver stemperato certe sue rigidità, passando dalla prima critica (Critica della ragion pura) alla terza (Critica del giudizio).
[11] Una politica sporca è cosa purtroppo comune, ma è un ostacolo tanto alla convivenza civile, quanto al progresso sociale (e, a lungo andare, anche allo sviluppo economico).

perché quelli di bassa routine sono un supporto, indispensabile e fondamentale, per quelli più elevati, mentre quelli più elevati servono a far capire ed a qualificare quelli di bassa routine.
In questo ambito, si situano anche la Geomatica e la Geomatica Applicata (a partire dalla loro nobile origine nella geodesia [12] e dall'umile ed antichissima pratica dell'agrimensura [13]). Infatti la Geomatica, grazie a queste antiche scienze e tecniche (opportunamente riviste e sempre aggiornate), sa raccogliere tutte le informazioni necessarie alla conoscenza del mondo (spaziando dalla scala globale fino alle grandissime scale [14]) e la Geomatica Applicata sa offrire tutti quei possibili interventi, a supporto delle più svariate e diverse discipline, dove siano richieste informazioni a referenza spaziale, variabili nel tempo e non.

… hai disposto tutto con misura, calcolo e peso (Libro della Sapienza [15] 11, 20).

Le più recenti conclusioni, relative alle discipline del rilevamento, alla loro attuale centralità ed al loro futuro, riconoscono che misure, calcolo e modelli [16] ne sono le principali caratteristiche, capaci di passare da un dato periodo ad un altro successivo e poi ad altri ancora (così come già si trovano, andando indietro nel passato). Allora è curioso riconoscere nelle tre parole bibliche del libro sapienziale: misura, calcolo e peso, pressoché le stesse parole, dando alla parola: peso il ruolo di modello specifico, tra i più comuni ed usati (ad esempio, nella mercatura), laddove le discipline del rilevamento fanno uso di modelli generalizzati.
Pertanto anche se la tecnologia (compresi il software impiegato e la matematica contenuta) deriva viepiù da altre discipline, mentre proprio il prorompere delle Geomatica fa sì che la Geomatica Applicata sia ormai un patrimonio di tutti (anche grazie al diffondersi di sistemi cosiddetti chiavi in mano), definire un punto centrale di riferimento è una condizione indispensabile e fondamentale, pena il disperdersi in tantissimi rivoli, quasi una babele di linguaggi, collegati solo ai differenti impieghi, senza nulla più in comune. Purtroppo tuttavia chi o cosa si isola e/o disperde, prima o poi, muore per isterilimento e così una seria riflessione è necessaria [17].

La cultura di un Paese, di una società non è affidata solo a capolavori d'eccezione, ma anche e forse ancora di più a una buona qualità media, che contribuisce alla formazione di persone informate, consapevoli, responsabili, aliene da stupide pose aristocratiche e pronte all'autocritica (Claudio Magris).

Tutto ciò significa uscire da un sistema castale, tanto della cultura, quanto della società (con la sua politica e la sua economia), e non rientrare mai in questo. Infatti un sistema di caste politico / economiche vige dove è forte l'impero od una repubblica oligarchica, come nella Grecia antica, a Roma (con la repubblica e l'impero), nel medioevo feudale (cristiano ed islamico), in Cina, fino a tempi abbastanza recenti, ecc. Inoltre un sistema

[12] Misure geodetiche, insieme a misure astronomiche, sono già effettuate nell'antica Mesopotamia e nell'antico Egitto (oltreché presso altri popoli antichi, in varie parti del mondo).
[13] Un'agrimensura, sui generis, è una pratica non solo dell'umanità primitiva (precedente la rivoluzione neolitica), ma anche degli animali intelligenti (come ben confermato da recenti osservazioni etologiche).
[14] E' curioso osservare come spesso si usi erroneamente grande scala, per grandi estensioni, e piccola scala, per piccole aree. Tuttavia la scala è un quoziente (dove il numeratore è sempre uguale ad uno) e quello che è grande, oppure piccolo è il denominatore che così determina una scala piccola (solitamente adatta a grandi estensioni), se grande, ed una scala grande (adatta invece a piccole aree), se piccolo. D'altra parte, la chiarezza nel linguaggio non è mai un di più, ma la condizione basilare per capire bene ed intendersi.
[15] Il Libro della Sapienza (falsamente attribuito a Salomone, leggendario re sapiente d'Israele, già da bambino), in ordine cronologico, è l'ultimo libro dell'Antico Testamento ed origina dall'ebraismo alessandrino, pervaso di una cultura ellenistica eclettica.
[16] Proprio queste tre precise parole sono autorevolmente dette dall'amico e collega Fernando Sansò, nei saluti di commiato alla giornata di studi, sul tema: Geodesia e Geomatica – La frontiera oggi (Accademia Nazionale dei Lincei – Roma, 3 giugno 2014).
[17] In tempi difficili e travagliati, riflettere è sempre necessario: in primis, sulla sicurezza della pace e della democrazia, come pure sulla sostenibilità dell'ambiente e dell'economia, ecc., ma poi anche sui destini della cultura e così una seria riflessione è necessaria anche sulle discipline del rilevamento e, in particolare, sui loro recenti sviluppi / risultati, prodotti dalla Geomatica e dalla Geomatica Applicata.

di caste religiose / economiche vige dove la società civile non è riconosciuta autonoma dal mondo religioso che la domina, come in India, ma anche nelle società primitive.

Un sistema d'opposizione è spesso presente e va dalle rivolte, nel mondo occidentale antico, alla diffusione del cristianesimo, nello stesso mondo (salvo poi farsi sistema dello stesso cristianesimo, già nel mondo tardo antico), all'adozione di un islam (liberatore e non oltranzista), in India, da parte di quelli senza casta, e di un buddismo / taoista (contro il confucianesimo della corte imperiale e dei mandarini), in Cina, da parte degli ultimi, nonché nei tumulti, nelle lotte e nelle rivoluzioni, per le libertà civili, la democrazia e l'equità sociale, nell'Europa tardo-medioevale, moderna e contemporanea.

L'approdo attuale vede certamente risultati significativi, come il suffragio universale, l'istruzione obbligatoria e lo statuto dei lavoratori, anche se non tutte le conquiste sembrano davvero definitive. Tuttavia sia gli Stati del cosiddetto socialismo reale, con la loro sclerotica burocratizzazione, sia gli Stati e soprattutto l'economia del turbo capitalismo, con la loro globalizzazione selvaggia ed il dissolvimento degli spazi rappresentativi, sembrano voler cancellare, per lo più, in modo strisciante, ed altre volte, con soluzioni traumatiche, proprio quelle conquiste di libertà e giustizia che caratterizzano la modernità.

Tutto questo è vero anche nel sistema della cultura, in tutte le sue varie e diverse demarcazioni. Infatti un sistema castale fa sì che la cultura sia possesso esclusivo di scribi, mandarini, amanuensi, ecc., al servizio dei potenti di turno (l'imperatore ed i suoi vassalli, la repubblica oligarchica ed i suoi strateghi, la chiesa ed il suo clero, lo Stato ed i suoi funzionari, l'impresa ed i suoi dirigenti, ecc.), dove tutto il resto della popolazione è volgo, in generale, povero e comunque tenuto ignorante. Invece dove la cultura è partecipata, la cultura stessa cresce e si diffonde, contribuendo al progresso, allo sviluppo ed al bene comune [18].

Hans Holbein il Giovane, Ambasciatori (National Gallery, Londra)

[18] Una prova provata è ben riscontrata nel campo delle arti, della musica e del teatro (oggigiorno esteso anche alla cinematografia), dove popoli e genti interessate favoriscono la loro promozione ed il loro miglioramento, mentre il disinteresse genera buio e silenzio (nonostante talvolta rare o rarissime eccezioni che altri popoli o altre genti, spesso in altri tempi successivi, possono recuperare ed apprezzare). In questo modo, andando oltre gli esempi eclatanti, presentati come prova provata, lo stesso discorso vale qui anche per le lettere, le scienze, le scienze applicate e la tecnica. In questo contesto, la Geomatica e la Geomatica Applicata sono alcuni dei mezzi tecnici, efficienti ed efficaci, per elevare il grado di civilizzazione dei popoli e delle genti, nei Paesi che ne beneficiano, ed hanno casa, dove la coscienza civile, la maturità politica e la sicurezza economica costituiscono condizioni, indispensabili e fondamentali, per richiedere interventi di pianificazione, programmazione, progettazione, gestione, tutela, mitigazione e consolidamento, grazie anche ai contributi delle discipline del rilevamento. Infatti come spesso accade in tutta la vita associata quotidiana è difficile separare una teoria ed una pratica, perché una promuove l'altra e viceversa, ed entrambe si soccorrono vicendevolmente.

Il dipinto è una tavola su legno, di notevoli dimensioni (circa quadrato, con il lato di oltre 2 m), mostra fra i due ambasciatori, un tavolino con due ripiani, sul quale, sopra e sotto, sono posti alcuni oggetti. Sul ripiano superiore, sono posti oggetti legati alle scienze della misura ed alle esplorazioni geografiche: un globo celeste, quadranti, bussole, astrolabi, meridiane e altri strumenti, per la misura del tempo e delle distanze, terrestri e celesti. Sul ripiano inferiore, si trovano un globo terrestre (con l'Europa, al centro), un libro di aritmetica, un compasso ed una squadra (oltre un secondo libro e strumenti musicali).
Il dipinto e l'intera vita del pittore si collocano nella prima metà del '500, insieme agli ultimi decenni del '400, epoca di grandi scoperte geografiche e di innovazioni nelle teorie astronomiche. Inoltre non casuali, sono i luoghi percorsi da questo pittore, durante la sua vita: la città di Augusta (con Lubecca, nel nord, una città di mercanti e banchieri, nella Germania imperiale), la Svizzera, le Province Unite Olandesi e l'Inghilterra. Infatti al tramonto delle libertà cittadine, nell'Italia cinquecentesca, solo altrove in Europa, dove le libertà sono maggiori, altrettanto maggiore è la diffusione della cultura (anche geografica, scientifica e matematica).

Ciò che è lontano è a portata di mano nelle immagini dell'altrove [19]

La descrizione dello scudo di Achille, forgiato da Vulcano, su preghiera di Teti (madre dello stesso Achille), illustra un'antichissima rappresentazione cartografica di luoghi abitati (città e territori), inseriti nel mondo, allora conosciuto, della Terra, racchiusa dall'Oceano e sotto la volta celeste (con il Sole, la Luna e le stelle). Inutile discutere, se qui la Terra è piatta: piatte sono tutte le rappresentazioni cartografiche (ad eccezione dei mappamondi). Inoltre i greci sono un popolo marinaro e la sfericità della Terra è ben visibile sul mare, dove allontanandosi un'imbarcazione tramonta e non rimpicciolisce. Ben più importante è invece la testimonianza di una rappresentazione cartografica, risalente all'età micenea, opera di un popolo che con Anassimandro (uno dei primi filosofi greci) sa produrre una carta di Ecumene (come attestato da Plutarco).

Ivi ei fece la terra, il mare, il cielo
e il Sole infaticabile, e la tonda
Luna, e gli astri diversi onde sfavilla
icoronata la celeste volta,
e le Pleiadi, e l'Iadi, e la stella
d'Orïon tempestosa, e la grand'Orsa
che pur Plaustro si noma. Intorno al polo
ella si gira ed Orïon riguarda,
dai lavacri del mar sola divisa.
Ivi inoltre scolpite avea due belle
popolose città. Vedi nell'una
… delle tede al chiaro
per le contrade …
…
Era l'altra città dalle fulgenti
armi ristretta di due campi in due
parer divisi, o di spianar del tutto
l'opulento castello, …
…
Come in loco … fur giunti
presso un fiume, ove tutti a dissetarse
venían …
…
sul fiume …
…
Vi sculse poscia un morbido maggese
spazïoso, ubertoso …
…
Seguìa quindi un vigneto oppresso e curvo
sotto il carco dell'uva. Il tralcio è d'oro,
nero il racemo, ed un filar prolisso
d'argentei pali sostenea le viti.
Lo circondava una cerulea fossa
e di stagno una siepe. Un sentier solo
… ne schiudea l'ingresso.
…
Lungo le rive d'un sonante fiume
… tra giunchi volgea l'onda veloce
…
in amena convalle …
…, e sparsa …
di capanne, di chiusi e pecorili.
Il gran fiume Oceán l'orlo chiudea.

(Omero, Iliade, canto XVIII,
versi sparsi 671 – 842;
nella libera traduzione poetica
di Vincenzo Monti)

[19] Scritta muraria, lungo la ferrovia, nelle vicinanze di Paddington Station, a Londra.

La cartografia, del mondo antico occidentale, ha poi altre importanti testimonianze nelle carte di uno storico, un astronomo ed un geografo, rispettivamente come Erodoto, Eratostene di Cirene e Claudio Tolomeo. Dopodiché la geografia del mondo è studiata dapprima nell'ellenismo alessandrino, anche durante l'impero romano, e successivamente nel mondo bizantino. Un ritorno da oriente ad occidente è nella Sicilia normanna (già intrisa di cultura araba ed ebrea), con la mappa di Al Idrisi che mostra l'intera Europa, l'Africa del nord e l'Asia, oltre l'India e Ceylon, con l'Indocina e l'Indonesia (Sumatra e Giava), fino alla Cina ed alla penisola della Corea (per quanto, a partire dall'India, le forme siano difettose). In ogni caso, questa carta è anche un esempio del sincretismo possibile, allora in Sicilia, tra cristianesimo, ebraismo e musulmanesimo.

Mappa di Al Idrisi [20]

Abū 'Abd Allāh Muhammad ibn Muhammad ibn 'Abd Allah ibn Idrīs al-Sabti, più noto come Al Idrisi, è viaggiatore berbero, divenuto cartografo alla corte normanna di re Ruggero II, nella Palermo del XII secolo; sue opere sono:

- la cosiddetta Tabula Rogeriana, con un planisfero del mondo allora conosciuto, ed una descrizione dei primi tentativi di attraversare l'Oceano Atlantico, fino alle isole delle Indie Occidentali (cioè le attuali isole caraibiche), dopo che i portoghesi hanno scoperto le isole Azzorre, trovandole vuote;
- un'opera farmacologica (De omnibus herbis).

[20] La carta di Al Idrisi, qui raddrizzata, è orientata a sud, come è la posizione della Mecca, in latitudine, rispetto alla Sicilia. Invece nel mondo antico, le carte sono orientate ad est, ovvero nella direzione in cui sorge il sole, e solo dall'inizio dell'età moderna, le carte sono orientate a nord, forse per porre in alto l'Europa, da allora in una prepotente fase di sviluppo e dominio (trovandosi più a nord solo le regioni polari artiche, pressoché deserte ed allora ancora quasi inesplorate).

Il comandante degli Almoravidi Ali ibn Yusuf ibn Tashfin ha mandato il suo ammiraglio Ahmad ibn Umar, meglio conosciuto con il nome di Raqsh al-Auzz, ad attaccare una certa isola nell'Atlantico, ma morì prima di farlo. … Non si sa ciò che esiste al di là di questo oceano di nebbie. Nessuno lo conosce bene, perché è molto difficile attraversarlo. La sua atmosfera è nebbiosa, le sue onde sono molto forti, i suoi pericoli temibili, le sue bestie sono terribili, ed i suoi venti creano continue tempeste. Ci sono molte isole, alcune delle quali sono abitate, altre sono sommerse. … Ed è dalla città di Lisbona che gli avventurieri conosciuti con il nome di Mughamarin, penetrarono il mare di nebbie perché volevano sapere cosa contenesse e dove finiva. … Dopo aver navigato per dodici giorni arrivarono in un'isola che sembrava essere abitata, e c'erano campi coltivati. Hanno navigato in modo da vedere cosa contenesse. Ma presto le loro navi vennero circondate e vennero fatti prigionieri, e trasportati in un misero villaggio situato nella costa. I navigatori hanno visto lì le persone con la pelle rossa; non avevano molti peli sul loro corpo, i capelli del loro capo erano dritti, ed erano di statura alta. Le loro donne erano di una bellezza straordinaria (Muhammad Al Idrisi).

Annotazioni complementari ricordano che, già nell'antichità, l'astronomo Ipparco di Nicea [21] ha ipotizzato l'esistenza dell'America, come un grande continente (esteso da nord a sud), per separare l'Oceano Atlantico dall'Oceano Indiano – Pacifico, dato che le descrizioni delle maree (fatte rispettivamente dai reduci della spedizione di Alessandro Magno e dai pescatori degli attuali Marocco o Portogallo) sono diverse nei due oceani. Invece poco più tardo del testo di Al idrisi, è il viaggio dei fratelli genovesi Ugolino e Vadino Vivaldi, volto alla circumnavigazione dell'Africa e naufragato tra le Canarie (già note come Isole Felici) ed il golfo di Guinea, data l'impossibilità di navigare, lungo costa, con le vele quadre, da nord verso sud, a causa dei venti tempestosi, costantemente contrari.

Infatti la circumnavigazione dell'Africa, ad opera dei navigatori portoghesi Bartolomeu Dias e Dom Vasco da Gama, è quasi contemporanea alla scoperta dell'America e si sviluppa lungo una rotta innovativa (la prima volta dovuta ad una tempesta) che evita il golfo di Guinea e sfrutta i venti alisei meridionali, quasi dalle coste del nord est del Brasile, fino a Capo di Buona Speranza (così come Cristoforo Colombo sfrutta i venti alisei settentrionali, per navigare dalle isole di Capo Verde alle Bahamas). Tutto questo anche per segnalare che la navigazione (come i viaggi in Asia centrale e nell'Estremo Oriente, via terra) contribuisce alle ulteriori scoperte geografiche, estendendo la cartografia allora esistente (seppure scopi bellici e commerciali, di vera e propria rapina, macchiano spesso queste scoperte e conquiste).

Pressoché dello stesso periodo, esteso fino agli albori dell'età moderna, è la redazione di carte di vari paesi immaginari, dalle mitologie religiose, oltre le foreste incantate e le città ideali, fino alla soglia di Utopia (luogo certamente inesistente, ma anche sede della perfezione). Una periodizzazione semplice, anche se piuttosto approssimativa, identifica il basso medioevo con le mitologie religiose (e le loro eresie), il Rinascimento dalle foreste incantate (che guardano nostalgicamente e/o ironicamente al passato) alle città ideali (che sognano un futuro migliore) e l'età moderna con la soglia d'Utopia (dove la Riforma, la scienza nuova ed i primi vagiti della modernità sembrano aprire l'Europa ad un suo sviluppo ed al progresso continuo, anche se il cammino reale è ancora lungo ed irto di contraddizioni e difficoltà).

Una carta del mondo che non includa Utopia non è degna neppure di uno sguardo, perché lascia fuori il solo paese al quale l'umanità è sempre in procinto d'approdare. E quando l'umanità vi approda, guarda avanti e, vedendo un paese migliore, alza le vele (Oscar Wilde, L'anima dell'uomo sotto il socialismo).

[21] La figura di Ipparco di Nicea, astronomo (tolemaico) e geografo, da l'occasione per elencare un certo numero di astronomi del mondo greco ed ellenistico, da Eudosso di Cnido, astronomo (tolemaico) che inventa le sfere omocentriche, per spiegare i moti complessi dei pianeti, rispetto alla terra, a Tomocari di Alessandria, astronomo (con il suo catalogo di oltre un migliaio di stelle) ed Aristarco di Samo, astronomo (copernicano, ante litteram), per poi continuare con Archimede di Siracusa, astronomo (ancora copernicano), oltreché fisico, matematico ed ingegnere, ed Eratostene di Cirene, astronomo (tolemaico), geodeta e cartografo, arrivando così al sopraccitato Ipparco di Nicea ed infine a Claudio Tolomeo, prima geografo e cartografo, e poi astronomo (da cui il nome di un sistema astronomico, detto proprio tolemaico, in auge fino al Rinascimento).

Ciò che ancora manca nelle premesse è determinare le posizioni in longitudine e latitudine delle città importanti in ciascuna provincia per poter calcolare i fenomeni [22] in quelle città. Ma poiché la definizione di tali informazioni riguarda un progetto cartografico separato, le presenteremo così come sono, seguendo le ricerche di coloro che hanno elaborato questa materia nella maniera più completa registrando il numero di gradi di cui ogni città dista dall'equatore lungo il meridiano che passa per esso e di quanti gradi, lungo l'equatore, tale meridiano si trova a oriente o a occidente rispetto al meridiano che passa da Alessandria, perché è stato per quel meridiano che abbiamo stabilito i tempi corrispondenti alle posizioni (Claudio Tolomeo, Geografia [23]).

In seguito, volendo accertare con precisione i dati concordemente riferiti da tutti gli esperti dianzi citati in merito all'indicazione delle lunghezze delle distanze dei paesi e le loro larghezze, si faceva portare una tavola da disegno e si accingeva a controllarli ad uno ad uno con compassi di ferro, consultando nel contempo i testi ricordati e scegliendo la più probabile fra le definizioni dei diversi autori (Muhammad Al Idrisi, Il libro di Ruggero).

Un'osservazione complementare rileva che, nell'Europa occidentale, nel medioevo, fino all'Umanesimo, la conoscenza di altre lingue, oltre al latino ed alle lingue volgari, è una rarità. Così ad esempio:

- Abelardo di Barth traduce opere scientifiche dall'arabo tra cui gli Elementi di Euclide, originariamente in greco (ma la cui memoria è andata perduta, nell'alto medioevo, in Europa Occidentale);
- Willem van Moerbeke (italianizzato in Guglielmo di Moerbeke) traduce Aristotele dal greco (traduzioni poi lette anche da Tomaso d'Aquino);
- Flavio Mitridate (originariamente: Shemuel ben Nissim Abul-Farag e poi Guglielmo di Sicilia) traduce la Qabbaláh dall'ebraico,

mentre solo nel '400, Coluccio Salutati invita a Firenze, da Bisanzio (come allora è chiamata Costantinopoli), l'umanista bizantino Emanuele Crisolora, per insegnare il greco agli umanisti italiani.
In aggiunta, occorre ricordate che, proprio alla metà del quindicesimo secolo, si ha l'invenzione della stampa a caratteri mobili (con la Bibbia di Johannes Gensfleisch zur Laden zum Gutenberg, anche se quattrocento anni prima si ha l'invenzione cinese, allora sconosciuta in occidente). Una frase semiologica di oggi afferma che il mezzo stesso è già il messaggio e, senza forzare i termini, se la stampa favorisce lo studio, delle lingue ed in lingue diverse, l'esigenza di studiare le lingue e leggere in lingue diverse necessita di testi che la stampa può mettere a disposizione. Ovviamente non si ha alcun ingenuo automatismo, ma ancora una volta, un'analisi marxiana riconosce come l'uso definisca l'oggetto ed il modo ed i mezzi di produzione siano un veicolo per la formazione e la diffusione della cultura.
Tutto ciò fa fare un salto culturale anche alla produzione cartografica, ad esempio, con la definizione di carte conformi ed isogoniche, quali vere e proprie rappresentazioni matematiche [24], come:

- nel '600, la proiezione cilindrica diritta di Gerardo Mercatore (nome italianizzato di Gerhard Kremer);
- nel '700, la proiezione conica di Johann Heinrich Lambert;
- nell''800, la proiezione cilindrica traversa di Johann Carl Friedrich Gauss (dove questa, in particolare, data anche la sua rappresentazione in fusi, si allontana parecchio dall'originale proiezione geometrica).

[22] Con la parola: fenomeni, così come, alla fine, con la parole: posizioni, il testo si riferisce ai corpi celesti ed alla loro osservazione.
[23] Nelle prime stampe rinascimentali, il titolo: Geografia, è sostituito dal titolo: Cosmografia.
[24] La prima carta conforme ed isogonica è la proiezione stereografica polare, definita e dimostrata da Ipparco di Nicea (che è ovunque stereografica e, di conseguenza, conforme ed isogonica, nell'ipotesi di una Terra non ellissoidica, ma sferica, come allora ipotizzata).

Un programma cartografico ed i suoi limiti

La storia della famiglia Cassini (astronomi, geodeti e cartografi che, per quattro generazioni, hanno diretto l'Osservatorio di Parigi, occupandosi anche della redazione della carta della Francia) narra chiaramente il progetto e la realizzazione della cosiddetta Carte de Cassini (costituita da 182 fogli, alla scala 1:86.400, pari al numero dei secondi in un giorno), nonché il suo destino finale, strettamente legato a cause storiche (cioè la confisca, nell'epoca del Terrore, e la sua ripresa, sotto Napoleone, da parte degli ingegneri geografi, allora di nuova istituzione). A riguardo, è interessante notare come i primi lavori abbiano subito reazioni localistiche (per ignoranza delle popolazioni coinvolte, ma soprattutto per la paura dell'imposizione fiscale, da parte dei nobili, del clero e della borghesia imprenditoriale e commerciale che, a loro volta, potrebbero essere stati i sobillatori degli strati più umili della popolazione). Un'altra osservazione importante è che la carta adotta una lingua (in questo caso, il francese) e così è un forte strumento di unificazione culturale, sociale e politica di un intero Paese, mentre la carta, se pubblica, è potenziale pericolo per un Paese in guerra (e con la guerra civile, al suo interno) e, per queste ragioni, le informazioni geografiche sono rese segrete. Un ultimo rilievo segnala poi l'accresciuto interesse per la cartografia, non disgiunto da una più forte struttura amministrativa (centralizzata [25]) e da un notevole sviluppo economico, in corso.

Sosteneva gli studi accademici, e lo faceva non solo per la sua naturale inclinazione, ma per corretti motivi politici. Sapeva che le scienze e le arti da sole sono sufficienti a rendere famoso un regno; che diffondono il linguaggio di una nazione forse ancor più di quanto facciano le conquiste; che danno al regno un controllo sulla conoscenza e l'industria che è altrettanto prestigioso e utile; che attraggono nel paese una moltitudine di stranieri che lo arricchiscono con i loro talenti (Bernard le Bovier de Fontanelle, segretario dell'Académie des Sciences, in un giudizio su Jean-Baptiste Colbert).

Facendo poi preciso riferimento alla carta in sé, interessanti ed importanti sono poi le precisazioni, riguardo il rilevamento di un territorio (dall'inquadramento, fino ai dettagli locali), il disegno e la stampa dei singoli fogli della carta, nonché il giudizio sul prodotto finito ed i suoi limiti oggettivi (dovuti non solo al rilevamento ed alla rappresentazione, in se stessi, ma anche alla datazione e conseguentemente all'inevitabile obsolescenza). Ovviamente quanto riportato è scritto all'epoca della famiglia Cassini, ma è ben evidente che, pur cambiando tutto, dal punto di vista delle tecnologie e delle tecniche, oggigiorno in uso, certi metodi e certe metodologie continuano ad operare, con immutate esigenze di accuratezza, precisione ed affidabilità, tanto nelle misure, quanto nei modelli e nel calcolo. In questo modo, la ricognizione preliminare, la progettazione, le misure, il calcolo, gli schizzi, i controlli e la ricognizione conclusiva sono tutte le tappe necessarie di un lungo lavoro, eseguito a regola d'arte (da cui anche le celerità di oggi non possono prescindere, pena la scarsa qualità del lavoro stesso). Notevole è poi l'attenzione e la cura da dedicare alla rappresentazione, propriamente detta, perché nessun rilevamento è mai fine a se stesso, ma serve a produrre un prodotto finale, allora costituito esclusivamente da una carta (mentre ora la carta è solo una delle possibili uscite da un sistema informativo geografico o territoriale che comunque necessita di analoghe attenzione e cura).

Arrivati nella parte più alta del campanile, accompagnati o dal parroco o dal sindaco o da qualche altra persona in grado di dare informazioni sul luogo e di indicare loro i nomi degli oggetti che vedono, debbono passare parte della giornata per familiarizzare a sufficienza con l'area per poterla rappresentare sulla carta, controllando le condizioni dei loro strumenti e il parallelismo dei telescopi, misurando e rimisurando varie volte gli angoli fra i punti principali, controllando che la somma degli angoli calcolati facendo il giro

[25] L'accentramento burocratico (prefettizio) è solo un accidente storico ed una spinta, altrettanto forte, sarebbe invece potuta derivare da una libera organizzazione federale (cantonale).

dell'orizzonte non superi i 360 gradi, una buona dimostrazione della precisione degli angoli che compongono il tour d'horizon quanto l'osservazione del terzo angolo di un triangolo. Il lavoro del giorno deve essere poi seguito dal lavoro di studio: fattasi un'idea della disposizione dell'area, sarà necessario disegnare rapidamente i punti elevati, le valli, la direzione delle strade, il corso dei fiumi, la natura del terreno; disegnare, di fatto, la mappa dell'area mentre sono lì e sono in grado di verificare che sia accurata e di correggerla qualora fosse sbagliata. … Per quanto riguarda il modo di esprimere le varie parti che costituiscono una carta, tutta l'abilità sta nel cogliere l'espressione generale della natura e darne lo spirito a quello che si vuole rappresentare. Dall'altezza di un monte, considera il colore dei diversi oggetti che stanno sulla superficie del terreno circostante: tutti i boschi sembrano stagliarsi in marrone, come cespugli, su uno sfondo che sembra a sua volta un po' marrone … Per quanto riguarda le montagne, a meno che non siano picchi, non sembrano mai delineate chiaramente, ma le loro cime sembrano sempre invece arrotondate, più o meno allungate, e danno sul lato in ombra un colore vellutato senza ruvidità (citato in Monique Pelletier, Le Cartes des Cassini: la science au service de l'état e des regions).

Il giudizio sul prodotto finito e l'analisi dei suoi limiti oggettivi offrono l'occasione per alcune considerazioni di grande interesse. A riguardo, è qui necessario constatare un certo trionfalismo che, se discende dalla sicura consapevolezza dell'importanza dell'impresa effettuata ed ormai pronta al termine (anche se lo stesso non è poi raggiunto, per le note vicende politiche di si è già detto in precedenza), suggerisce comunque un sorriso compiacente (in quanto, ad oltre duecento anni, da queste parole, non tutto il mondo è ancora cartografato alla scala 1:250.000, ben più piccola di quella allora adottato per la carta della Francia). Del resto, proprio la mancata conclusione (a prescindere dalla suddette vicende politiche) si spiega con l'estensione dei tempi ed il crescere dei costi che hanno afflitto l'opera stessa, allorché passa dal suo esordio, interessato al solo inquadramento geodetico, al suo sviluppo, volto al rilevamento di dettaglio dell'intero Paese. Inoltre di grande interesse è poi l'uso del termine: errori grossolani. Infatti tra il '600 (dopo si può giustamente citare addirittura Galileo Galilei) ed il '700 (dove grande è il lavoro dell'abate Ruggiero Giuseppe Boscovich), grandissima è l'attenzione verso gli errori grossolani, con la definizione di una robustezza qualitativa, dedicata allo scopo, argomento che si eclissa, per tutto l'800 e la prima metà del '900 [26], per poi ritornare prepotentemente nella seconda metà del '900, con una rinnovata robustezza matematica.

Il Dépôt de la Guerre, in possesso delle lastre della carta di Cassini, ha avuto ogni opportunità di verificarne l'esattezza. Purtroppo ha identificato errori grossolani: località collocate a una lega di distanza dalla loro vera posizione; l'impossibilità di determinare con precisione le longitudini dai dati e dai calcoli di Cassini ecc. Inoltre, le lastre di Cassini, già incise male in partenza, erano logore; moltissime già ritoccate, molte che dovranno essere incise nuovamente, operazione che non ha senso intraprendere senza effettuare un gran numero di correzioni o, per essere del tutto franchi, una nuova campagna di rilevamenti citato in Monique Pelletier, op. cit.). … Grazie ai molti viaggi compiuti da uomini istruiti in tutto il mondo; grazie ai metodi, facili e rigorosi, dell'astronomia, della geometria e dell'orologeria per determinare la posizione di tutti luoghi, i geografi presto scopriranno di non avere incertezza, né scelta, né bisogno di una facoltà critica per stabilire la posizioni fondamentali delle quattro parti del globo. Il quadro si comporrà da solo pezzo per pezzo al passare del tempo, imitando il procedimento che abbiamo seguito per la produzione della carta generale della Francia (citato in Anne Godlewska, Geography Unboud: French Geographic Science from Cassini to Humboldt).

Infine non presente nei pochi passi qui riportati, ma certamente sottostante a tutti i rilevamenti è il problema delle superfici adottate in geodesia, dei sistemi di riferimento, dei sistemi di coordinate e delle superfici scelte

[26] La scoperta dei minimi quadrati, ad opera di Adrien-Marie Legendre e soprattutto di Johann Carl Friedrich Gauss, con il trionfo della normalità e della linearità, sembra rimuovere il problema della robustezza qualitativa e degli errori grossolani (lasciati all'accortezza di chi esegue il calcolo), ma l'enorme quantità di dati, elaborabili con i moderni calcolatori, con forza, ripropone il problema degli errori grossolani ed impone di riprendere lo studio di una robustezza che, opportunamente approfondita, diventa matematica. Per contro, è importante notare che, fino a tutto il '700, la compensazione degli errori accidentali (punto centrale dei minimi quadrati e suo punto di forza, grazie alla linearità delle stime) è relegata alle sole chiusure empiriche dei triangoli, dei giri di orizzonte e dei poligoni.

per le rappresentazioni cartografiche, perché altrimenti i rilevamenti cessano di essere tali e si riducono a rilievi, privi delle caratteristiche metriche, indispensabili e fondamentali, geometriche, fisiche e metrologiche. Infatti rilievo è anche uno sguardo, come pure una bracciata, ma un semplice rilievo non è un rilevamento, perché manca delle sopraccitate caratteristiche metriche. Rimandando a quanto appena detto, per quanto riguarda la metrologia, importante è invece fare alcune precisazioni sulla geometria e la fisica che devono far riferimento tuttavia alle problematiche dell'epoca. In questo contesto, importante è la disputa fra Newton ed il primo dei Cassini sulla forma dell'ellissoide terrestre, se schiacciato od allungato ai poli, che determina due spedizioni in Lapponia ed in Perù, per misurare latitudini astronomiche e lunghezze di archi di meridiano, così da poter poi effettuare un confronto. A riguardo, particolarmente curioso è il fatto che il promotore delle spedizioni sia proprio il primo dei Cassini e che i risultati ottenuti confermino invece l'ipotesi newtoniana di un ellissoide schiacciato ai poli. Resta poi da segnalare come lo studio di un geoide, ben separato dall'ellissoide soprattutto in altimetria, sia invece un problema emerso solo nel corso dell'800.

Circa i sistemi di riferimento e di coordinate, il Datum è fornito dall'Osservatorio di Parigi, supposto a latitudine 20° est, rispetto all'Isola del Ferro nelle Canarie, e le coordinate sono espresse in coordinate naturali francesi (convertite in coordinate decimali, all'epoca della rivoluzione francese, con l'introduzione del sistema metrico decimale). Resta ancora da segnalare come anche il rilevamento dell'altimetria sia un problema emerso solo nel corso dell''800, con la misura degli angoli zenitali, l'uso della camera lucida, le livellazioni barometriche e le livellazioni geometriche (mentre l'altimetria, per tutto il '700, rimane solo un dato tematico, rappresentato da chiari-scuri ed opportune ombreggiature). Anche le scelte cartografiche sono qui piuttosto limitate alle poche carte conformi, già esistenti a quell'epoca, tenuto conto che la stessa generale condizione di conformità non è ancora stata scoperta. Invece precisi sono gli schemi usati di triangolazione, per maglie triangolari concatenate, collegate ad una o più basi misurate il cui sviluppo le collega ad un lato della triangolazione. D'altra parte, per quanto ingombranti e pesanti, i teodoliti misurano gli angoli, mentre le misura delle distanze, lungo una base, è un'operazione lunga e laboriosa [27], dovendo mettere file di due aste (di diverso materiale, per tener conto dell'allungamento termico) in orizzontale, allineate e di poco separate, tra loro, misurando poi queste parti piccole con un cuneo di vetro graduato.

Ritornando al giudizio sul prodotto finito ed all'analisi dei suoi limiti oggettivi, è immediatamente evidente come parlare di un mondo dei sistemi informativi geografici e territoriali, precedente qualsiasi innovazione non solo informatica, ma anche cartacea (come gli schedari, le tavole censuarie, gli archivi, ecc.), sia una considerazione importantissima. Infatti il sindaco, il parroco od altre persone pratiche dei luoghi (quali i vecchi di un paese) sono subito riconosciuti come i depositari di una conoscenza dei luoghi, nonché degli usi e costumi, tali da permettere la redazione di una carta, geograficamente corretta e significativa da un punto di vista tematico, a partire dall'identificazione dei particolari, per arrivare alla dicitura dei toponimi. Importante è anche il riconoscimento della datazione del rilevamento e delle ricognizioni, preliminare e successiva, fatto che determina l'inevitabile superamento, per obsolescenza di una qualsiasi carta, quando non si tratti più di aggiungere pochi cambiamenti e/o di correggere piccoli errori (due cose che, senza gli adeguati documenti, possono essere scambiate fra loro), ma sia richiesto il rifacimento dell'intera campagna di rilevamento ed il successivo nuovo disegno della rappresentazione cartografica. Anche in questo caso, la totale mancanza delle odierne modalità digitali rende molto più complesso l'intero processo di aggiornamento / rifacimento, ma chiarissima appare invece la comprensione di tutta problematica.

[27] La misura delle distanze diventa agevole solo con l'avvento dei distanziometri, dalla metà del '900, e maggiormente oggi con il GPS.

Jan Vermeer, Suonatrice di liuto (Metropolitan Museum of Art, New York)

Jan Vermeer, Soldato con ragazza sorridente (Frick Collection, New York)

Jan Vermeer (il cui nome completo è Johannes van der Meer) è un pittore olandese del '600, attento alla realtà cartografica del suo Paese (la Repubblica delle Sette Province Unite dei Paesi Bassi) e del mondo ad esse circostante (l'Europa). Infatti in parecchi suoi quadri, parte dello sfondo è costituito da carte geografiche e, nello specifico dei due quadri qui presentati, dall'intera Europa (fino ai confini della Russia e al bacino del Mar Meditterraneo), nel primo caso, e dell'Olanda e della Frisia, nel secondo. Il tempo di Vermeer precede di poco quello del primo dei Cassini, così le carte non sono le stesse, ma queste sono di altrettanto interesse, perché l'Olanda dell'epoca è già una repubblica marinara e mercantile, dove un calvinismo rinnovato inventa una cultura, volta alla ricerca ed alla conquista della ricchezza e del profitto, abbandonando una cultura che si vergogna del possesso delle ricchezze e del consumo, tipica invece dell'originale calvinismo [28] svizzero – ginevrino. Entrando in maggiori dettagli, la prima carta geografica è quella pubblicata da Jodocus Hondius e ripubblicata da Willem Jansz. Blaeu (due cartografi olandesi con propria tipografia ad Amsterdam), mentre la seconda è pubblicata direttamente da Willem Janszoon Blaeu. Ovviamente qui, come poi in Francia ed altrove, la produzione cartografica è non solo uno strumento di innegabile sviluppo e progresso, ma anche un mezzo ben capace di governo, sfruttamento (degli oppressi) e dominio.

[28] Contrariamente ad oggi, l'intera Svizzera è allora un paese agricolo ed il suo sviluppo, industriale e terziario, si avvia solo a fine '700.

Valutazioni geomatiche

Le relazioni generatrici dei numeri pentagonali e quelle delle partizioni dei numeri interi, entrambe scoperte da Eulero, sono cosa di una certa utilità anche nelle discipline del rilevamento e, in particolare, nell'analisi di immagini, mappe e modelli 3D, nonché in Geomatica. Infatti conoscere tutte le possibili partizioni di una data entità, complessa e composta da un certo numero di elementi, stabilisce i limiti oggettivi non solo della sua possibile partizione, ma anche della sua interpretazione e comprensione, fermo restando tutta la soggettività delle scelte da effettuarsi poi, entro questi limiti stabiliti.

- Generazione dei numeri pentagonali: $p(n) = \dfrac{n(3n-1)}{2}$

- primi numeri pentagonali per $n > 0$: $p(1) = 1$ $\quad p(2) = 5$ $\quad p(3) = 12$
  $p(4) = 22$ $\quad p(5) = 35$ $\quad p(6) = 51$
  $p(7) = 70$ $\quad \ldots$

- primi numeri pentagonali per $n < 0$: $p(-1) = 2$ $\quad p(-2) = 7$ $\quad p(-3) = 15$
  $p(-4) = 26$ $\quad p(-5) = 40$ $\quad p(-6) = 57$
  $p(-7) = 77$ $\quad \ldots$

- per convenzione, si ha inoltre: $p(0) = 0$

Dopodiché si possono ottenere i numeri pentagonali generalizzati, unendo le due numerazioni, e così i primi di questi numeri risultano:

$$\pi(i) = \quad 0 \;\; 1 \;\; 2 \;\; 5 \;\; 7 \;\; 12 \;\; 15 \;\; 22 \;\; 26 \;\; 35 \;\; 40 \;\; 51 \;\; 57 \;\; 70 \;\; 77 \;\; \ldots \quad (i = 1 \;\; 2 \;\; \ldots)$$

- Primi esempi di partizioni:

$$1 = 1 \qquad 2 = 2 = 1 + 1$$
$$3 = 3 = 2 + 1 = 1 + 1 + 1$$
$$4 = 4 = 3 + 1 = 2 + 2 = 2 + 1 + 1 = 1 + 1 + 1 + 1 + 1$$
$$5 = 5 = 4 + 1 = 3 + 2 = 3 + 1 + 1 = 2 + 2 + 1 =$$
$$= 2 + 1 + 1 + 1 = 1 + 1 + 1 + 1 + 1$$
$$6 = 6 = 5 + 1 = 4 + 2 = 4 + 1 + 1 = 3 + 3 = 3 + 2 + 1 =$$
$$= 3 + 1 + 1 + 1 = 2 + 2 + 2 = 2 + 2 + 1 + 1 =$$
$$= 2 + 1 + 1 + 1 + 1 = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1$$
$$7 = 7 = 6 + 1 = 5 + 2 = 5 + 1 + 1 = 4 + 3 = 4 + 2 + 1 =$$
$$= 4 + 1 + 1 + 1 = 3 + 3 + 1 = 3 + 2 + 2 = 3 + 2 + 1 + 1 =$$
$$= 3 + 1 + 1 + 1 + 1 = 2 + 2 + 2 + 1 = 2 + 2 + 1 + 1 + 1 =$$

$$= 2+1+1+1+1+1 = 1+1+1+1+1+1+1 \qquad \ldots$$

- generazione dei numeri delle partizioni: $P(n) = \sum_{i=1}^{K} (-1)^{i+1} \left(P(n - \pi(2i)) + P(n - \pi(2i+1)) \right) =$

  $con\ \ K\ \ tale\ \ che\ \ n - \pi(k) \geq 0$

  $$= P(n-1) + P(n-2) - P(n-5) +$$
  $$- P(n-7) + \ldots + \ldots - \ldots - \ldots + \ldots$$

  alternando i segni $(+\ e\ -)$ *a due a due finché l' argomento* $n-k$ *risulta positivo o nullo, dove tutti i valori k sono presi nell' ordine dall' elenco ordinato* $\pi(i)$ *partendo dal 2°*

- primi numeri delle partizioni: $P(1) = P(1-1) = P(0) = 1$ con: $P(0) = 1$

  $$P(2) = P(2-1) + P(2-2) = P(1) + P(0) = 1 + 1 = 2$$
  $$P(3) = P(3-1) + P(3-2) = P(2) + P(1) = 2 + 1 = 3$$
  $$P(4) = P(4-1) + P(4-2) = P(3) + P(2) = 3 + 2 = 5$$
  $$P(5) = P(5-1) + P(5-2) - P(5-5) = P(4) + P(3) +$$
  $$- P(0) = 5 + 3 - 1 = 7$$
  $$P(6) = P(6-1) + P(6-2) - P(6-5) = P(5) + P(4) +$$
  $$- P(1) = 7 + 5 - 1 = 11$$
  $$P(7) = P(7-1) + P(7-2) - P(7-5) - P(7-7) =$$
  $$= P(6) + P(5) - P(2) - P(0) = 11 + 7 - 2 - 1 = 15$$
  $$\ldots$$

Il calcolo euleriano del numero delle partizioni è frutto di una procedura, mentre una formula algoritmica è trovata, agli inizi del ‘900, da Srinivasa Aiyangar Ramanujan (originalissimo matematico indiano) e, solo di recente, perfezionata da altri matematici. Tuttavia entrambe le espressioni, piuttosto complesse, sono rispettivamente una formula asintotica ed una serie convergente che, non aggiungendo nulla al calcolo dei primi numeri delle partizioni, sono ritenute estranee agli scopi di questo lavoro (in quanto relative a questioni di pura teoria dei numeri e non di Geomatica e di Geomatica Applicata).

In questo contesto, importantissima è invece la capacità di riconoscere le partizioni possibili di determinate entità, complesse e composite, a partire dal raggruppamento (*clustering* o *clumping*) delle loro componenti elementari. Infatti tanto nell’analisi di immagini, mappe e modelli 3D, quanto nella strutturazione di geodati qualsiasi (a referenza spaziale e, se variabili nel tempo, dinamici), raggruppare significa classificare ed una classificazione deve sempre precedere l’interpretazione e la comprensione, affinché queste siano razionali e controllabili (e non ideologiche ed indiscutibili).

Protesto contro l'uso del modulo infinito come se fosse un'entità finita, poiché la matematica lo proibisce categoricamente. L'infinito non è che un modo di dire, là dove il reale è un limite cui determinati rapporti si avvicinano indefinitamente mentre altri possono crescere senza restrizione alcuna (Carl Friedrich Gauss):

I numeri delle partizioni, così come due algoritmi, basati sui grafi, presentati nell'immediato prosieguo, e riguardanti la determinazione di cammini minimi e l'individuazione di aree di competenza, appartengono a quella branca della matematica, nota come Matematica discreta che, di sicuro, ha un suo campo d'elezione in certe analisi spaziali e, in particolare, in analisi territoriali ed ambientali, dove la referenza spaziale (spesso accanto alla dinamica temporale) è rilevante. A riguardo, occorre precisare che gli algoritmi presentati sono solo due esempi e, per quanto significativi, non hanno alcuna pretesa di completezza, sull'argomento.

Algoritmo_di_Dijkstra

Dato un grafo con n nodi, numerati progressivamente, dove 1 è il nodo di partenza e N quello d'arrivo, si vuole trovare il cammino minimo che li congiunga, attraverso un numero opportuno di nodi intermedi. Detto $p(j,k,)$ il peso del lato dal nodo j al nodo k, due etichette informano: sul peso progressivo dal nodo origine ad un qualsiasi nodo intermedio (ed a quello d'arrivo) e sul nodo appena precedente un qualsiasi nodo intermedio (oltreché quello d'arrivo). Per una migliore gestione dei dati del problema, un insieme S contiene i nodi con le etichette già assegnate, mentre un insieme T tutti gli altri nodi.

- Inizializzazione:
  - si pone: $S = \{1\}$ $T = \{2,3,...,N\}$ nonché $f(1) = 0$ $g(1) = 0$
  - si pone poi: $f(i) = p(1,i)$ $g(i) = 1$ $\forall\ nodo\ adiacente\ ad\ 1$
  - si pone infine: $f(i) = \infty$ $\forall\ altro\ nodo$

- Assegnazione delle etichette permanenti:
  - se: $f(i) = \infty$ $\forall\ nodo \in T$ $stop$
  - altrimenti si trova: $j \in T \Rightarrow f(j) = min\ f(i)$ $\forall\ nodo \in T$
  - si rimuove: j da T e si pone: j in S
  - se infine: $T = \emptyset$ $stop$

- Assegnazione delle etichette provvisorie:
  - si pone: $f(i) = f(i) + p(j,i)$ $\forall\ nodo\ adiacente\ a\ j$
    e $\Rightarrow$ $f(i) > f(i) + p(j,i)$
  - si pone poi: $g(i) = j$
  - si ritorna: all'assegnazione delle etichette permanenti.

Poligoni di Thiessen

I poligoni di Thiessen sono particolari diagrammi di Voronoi, applicati in analisi territoriali ed ambientali, dove la referenza spaziale è rilevante, avente lo scopo di individuare (e di formare, in output) aree di competenza, attorno a determinati punti di aggregazione (dati in input). Per la dualità che intercorre tra punti e regioni che si possono scambiare, fra loro, costituendo le zone ed i nodi duali, mentre i lati originari rimangono tali, negli archi duali, la formazione di questi diagrammi si esegue formando dapprima una triangolazione di Delaunay [29] e successivamente costruendo gli assi dei lati di tutti i triangoli, interrotti nelle loro intersezioni.

Il contorno, definito da questi assi, dalle mezzerie dei lati fino alle loro intersezioni, racchiude poligoni chiusi che formano un diagramma di Voronoi e, nello specifico, i poligoni di Thiessen. Per quanto riguarda infine, la triangolazione di Delaunay si ricorda che questa triangolazione è tale da non contenere punti all'interno del cerchio circoscritto ai tre vertici di ciascun triangolo e che una buona triangolazione è costituita da triangoli il più possibile equilateri o quasi (in modo che, dati quattro punti, il quadrilatero formato abbia massimi l'angolo e/o la diagonale minimi, come pure, abbia minimi l'angolo e/o la diagonale massimi).

L'enorme utilità della matematica nelle scienze naturali è qualcosa che rasenta il mistero (Eugene Wigner).

il metodo più potente attualmente ipotizzabile per andare avanti consiste nell'impiegare tutte le risorse offerte dalla matematica … nel tentativo di perfezionare e generalizzare il formalismo matematico …, e nel cercare, …, di interpretare le nuove proprietà matematiche in termini di entità fisiche (Paul Dirac).

In teoria, la teoria e la pratica coincidono, in pratica no (Albert Einstein).

L'aforisma einsteiniano individua bene una situazione generale, nella scienza e nella tecnica, valido anche per le scienze geodetiche e cartografiche, collegate con le discipline del rilevamento, pressoché in tutte le epoche, dove principi teorici, con i loro modelli, danno indicazioni per le misure ed il calcolo, anche se tante operazioni sembrano andare per strade diverse. D'altra parte, le considerazioni di Wigner (un cosmologo contemporaneo) e di Dirac (un padre della fisica quantistica) confermano le potenzialità della matematica, pur in assenza di una spiegazione razionale del fatto.

Infatti seppure la lunga storia delle scienze geodetiche e cartografiche non sia mai solita a tanta orgogliosa sicurezza, mostrata da altre branche della fisica (come dalla cosmologia, ad esempio), è innegabile notare che le discipline del rilevamento, dall'antica agrimensura fin alla modernissima Geomatica, siano soprattutto discipline del calcolo, rinomate per la loro accuratezza, precisione ed affidabilità. Di conseguenza, è evidente il valore di un invito, caldo e pressante, a non disperdere il portato di una bella storia, lunga e nobile, nella diaspora di una Geomatica Applicata, qualora questa perda i suoi riferimenti essenziali.

Un semplice esempio illustra chiaramente la situazione ed i pericoli. I gruppi S_n ed A_n sono rispettivamente i gruppi che caratterizzano le sostituzioni e le rotazioni a n dimensioni (dove per la nota referenza spaziale, le dimensioni privilegiate sono 2 e 3). Farne uso prezioso, nei casi d'interesse rispettivamente topologici e geometrici, significa fare scienza cui far seguire una tecnica, guidata e suggeritrice, a sua volta. Al contrario, prescinderne riduce a bricolage una tecnica, avulsa dal suo naturale contesto scientifico, disperdendola in tanti rivoli e rendendola anche incapace di innovazione futura.

[29] Per la formazione di una triangolazione di Delaunay, si veda, ad esempio, Mussio L.: Modellazione di oggetti. Nel sito del DICA del Politecbino di Milano: http://intranet.dica.polimi.it/uploads/media/4_modellazione_oggetti.pdf.

Trattamento delle osservazioni

Il trattamento delle osservazioni svolge certamente un ruolo centrale nelle discipline del rilevamento, ha contribuito a fondare parte della statistica e del calcolo numerico, nel campo, più ampio, della matematica applicata, ma si specializza e si estende anche per rispondere alle nuove sfide, presentate dalle innovazioni scientifiche e tecnologiche. In particolare, uno dei problemi recentemente emersi consiste nel trattamento di un'enorme quantità di dati e, più in generale, di informazioni, tra loro correlati/e, cosa relativamente nuova, rispetto al passato, soprattutto per la sua notevole rilevanza.

Infatti anche nel passato, correlati sono i punti di emanazione di una rete di infittimento o locale, come pure i punti di appoggio per la triangolazione aerea o prese fotogrammetriche terrestri, ma pochi altri esempi sono da citare, a riguardo, e soprattutto le informazioni correlate coinvolgono solo pochi dati che è facile trattare, in modo separato. Oggigiorno invece l'automazione ed il mondo digitale offrono un'enormità di dati, quasi tutti correlati tra loro, come le serie GPS [30], tutte le immagini digitali (ottiche ed a microonde), i modelli digitali (di superfici ed oggetti), le mappe (cartografiche) ed i modelli 3D [31].

Allora al tradizionale modello di una matrice normale, con pesi (P) diagonali: $A^T PA$, è necessario sostituire un modello generalizzato di matrice normale, così da tener conto della matrice inversa (C_{yy}^{-1}) della matrice di covarianza delle osservazioni (correlate tra loro): $A^T C_{yy}^{-1} A$. Tutto ciò determina innegabilmente inevitabili problemi computazionali che è necessario affrontare con le dovute cautele, del caso, per evitare di cadere in quei problemi insolubili, in quanto non praticamente computabili (dove l'avverbi: praticamente, si riferisce al tempo di calcolo, con gli strumenti di calcolo attuale). Pertanto:

- posto: $A^T C_{yy}^{-1} A = A^T B$ con: $B = C_{yy}^{-1} A$
- ovvero: $C_{yy}^{-1} a = b \quad \forall\, colonna$ con: $a = col\ A \quad \forall\, colonna$

  $b = col\ B$

in successione, si risolvono tanti sistemi, quante le colonne del problema (invece di eseguire un prodotto matriciale, righe per colonne, oltretutto dopo aver dovuto invertire una matrice):

- cioè: $C_{yy} b = a \quad \forall\, colonna$
- in analogia a: $C\ x = T^T Tx = y$

che rappresenta la classica soluzione di un sistema lineare (con matrice quadrata, simmetrica e definita positiva), così come quella di un sistema normale, per un problema minimi quadrati. A tal fine, in entrambi i

[30] Senza entrare troppo in dettagli (che esulano certamente dall'argomento trattato, in questo paragrafo e dal tema generale del lavoro), la situazione potrebbe essere differente per diversi ricevitori e, in ogni caso, sarebbe necessaria una disamina sperimentale su questi ultimi. Comunque secondo l'esperienza diretta di persone esperte, le osservazioni appaiono correlate, se acquisite a frequenza medio – alta (cioè maggiore od uguale a $0.1\,Hz$), e sono certamente significative ad alta frequenza (cioè maggiore od uguale ad $1\,Hz$).

[31] Anche per tutti questi casi, senza entrare troppo nei dettagli (per le stesse motivazioni), si osserva come l'avvento del digitale abbia completamento cambiato l'impiego dell'informazione contenuta, facendo di punti, linee, regioni (e volumi, se del caso), caratterizzati da toni di grigio e/o da scale di colore, una preziosa fonte di informazioni, anche con caratteristiche metriche, altrimenti confinate invece nei tematismi (utilizzati per riempiere, quasi esclusivamente, gli spazi vuoti). Di conseguenza, informazioni dense risultano, quasi sempre, correlate positivamente, tra loro, in tutte le zone omogenee, ed invece correlate negativamente, in più rare zone di passaggio. In ogni caso, la notevole abbondanza di informazioni richiede comunque di tener conto delle correlazioni, onde evitare false ridondanze.

casi, è richiesta l'effettuazione preliminare della fattorizzazione di Cholesky della corrispondente matrice. D'altra parte, le due operazioni (ovvero la fattorizzazione e la soluzione del sistema) sono vantaggiose, per quanto riguarda il tempo di calcolo e, nel caso di matrici sparse, l'occupazione di memoria, rispetto al calcolo di una matrice inversa [32], da eseguire comunque dopo una fattorizzazione.

Infine per quanto riguarda, la soluzione del sistema, se la fattorizzazione di Cholesky ($C = T^T T$) è troppo onerosa, in quanto troppo invasiva per l'occupazione di memoria (in particolare, con grandi matrici sparse e molto disperse, ad esempio, derivate dall'uso di funzioni di covarianza finite), si può procedere con soluzioni iterative. In questo caso, il metodo del gradiente coniugato, eventualmente precondizionato (grazie ad una fattorizzazione incompleta di Cholesky, tenendo oltretutto presente che non è qui richiesto il calcolo di alcuna matrice inversa, come noto, punto debole dei metodi iterativi), risponde positivamente alla bisogna [33].

Piccolissimo è quello spirito che non è capace o è difficile al dubbio (Giacomo leopardi, Zibaldone).

Un altro problema, di crescente interesse per il trattamento delle osservazioni, in particolare, in Geomatica (e soprattutto in Geomatica Applicata), riguarda la classificazione, perché questa permette di decidere, tra dati dubbi, discriminando ipotesi diverse e districandosi tra i rischi possibili di accettare ipotesi errare e rifiutare ipotesi corrette. Infatti l'obiettivo principale di questa tecnica è stabilire un'etichetta da attribuire a ciascun dato osservato, cosicché tutti i dati siano classificati in differenti categorie, secondo criteri basati su attributi osservati. A tal fine, due metodi di classificazione sono possibili la classificazione supervisionata e quella non supervisionata, dove la distinzione consiste essenzialmente nella conoscenza (o non conoscenza) della corretta appartenenza dei dati alle diverse categorie. Infatti:

- nella classificazione supervisionata si dispone di un campione completo che, per ogni dato, fornisce la corretta classe di appartenenza;
- nella classificazione non supervisionata sono generalmente noti solo alcuni attributi caratteristici dei dati, ma non le etichette di appartenenza specifica.

Per eseguire una classificazione supervisionata, occorre disporre di un campione completo, con le etichette tutte già assegnate, e sapere il numero di gruppi in cui suddividere i dati osservati ed il modello di ripartizione dei dati nelle differenti popolazioni. Dopodiché per una buona classificazione, occorre che le distribuzioni siano diverse, cosicché si possano imporre vincoli di positività, per le singole probabilità elementari (con il vincolo aggiuntivo che la loro somma sia uguale ad uno), data la probabilità, a priori, che un dato osservato sia attribuibile ad una popolazione assegnata. Il passo successivo consiste nell'introduzione di un parametro

[32] Il tempo di calcolo di una matrice inversa è circa doppio del tempo di calcolo di una fattorizzazione, comunque sia la memorizzazione della matrice, rispettivamente piena, oppure a banda od a profilo. In questi ultimi due casi, il calcolo della matrice inversa è limitato al calcolo dei soli elementi contenuti nella banda o nel profilo, della matrice in esame.

[33] Un'analisi attenta, sui metodi iterativi ed il precondizionamento, rileva innanzitutto come non sia possibile dare una risposta generale, circa l'esistenza di un'unica via, da seguire. Infatti il metodo del gradiente coniugato (senza precondizionamento) è adatto, solo se la matrice del sistema (o la matrice normale) ha spettro buono, ovvero quando la distribuzione degli autovalori non è troppo sparpagliata. Se invece questa matrice ha uno spettro cattivo (ovvero quando la distribuzione degli autovalori è troppo sparpagliata), il metodo del gradiente coniugato da solo non funziona bene (perché converge teoricamente, ma è lentissimo e potrebbe altresì non essere stabile). In questo caso, il precondizionamento è proprio necessario ed il precondizionamento, con la fattorizzazione incompleta di Cholesky, è sicuramente buono con matrici cosiddette di tipo "enne", cioè con termini fuori diagonale solo negativi o nulli (ovvero con termini della corrispondente matrice inversa solo positivi o nulli, ad esempio, come in tutti i problemi alle differenze prime). Al contrario, gli stessi risultati non sono sempre garantiti in tutti gli altri casi (per quanto esistano comunque trucchi capaci di migliorare numericamente il calcolo). Per contro, nella letteratura specialistica, sono poi noti altri metodi di precondizionamento che possono variamente contribuire ad ottenere i risultati richiesti.

(a sua volta, vincolato ad essere positivo), detto costo di misclassificazione, per indicare quanto pesino, sulla classificazione finale, gli errori di assegnazione.
Infatti tanto più grave è l'assegnazione di un dato osservato ad una classe errata (cioè l'attribuzione, ad una certa popolazione, di un dato osservato, appartenente invece ad un'altra popolazione), quanto più rilevante è il costo di misclassificazione. In questo modo, l'algoritmo di classificazione si comporta come una funzione che stabilisce, per ogni dato osservato, con determinati attributi, un'etichetta di appartenenza, ad una certa popolazione. Allora la classificazione si effettua costruendo una ripartizione, dell'insieme dei dati osservati, in due o più sottoinsiemi misurabili, e pertanto, ottenuta la partizione dell'intero insieme di partenza, un dato osservato appartiene ad una certa classe, solo se i suoi attributi lo qualificano come proveniente da quella corrispondente popolazione.
Nel seguito, prendendo in considerazione solo il caso di due popolazioni, si calcola la probabilità di avere la misclassificazione di un'unità, scegliendo come miglior classificatore è il criterio di minimizzare il costo atteso di misclassificazione. Di conseguenza, se tutti i dati osservati distribuiti seguono leggi normali ed i costi di misclassificazione sono tutti uguali ad una costante, per minimizzare il costo atteso di misclassificazione, si identificano le regioni di appartenenza dei vari dati osservati. In questo modo, il risultato è dato da funzioni discriminanti quadratiche che disegnano le curve delimitanti tutte le regioni di appartenenza e che diventano funzioni discriminanti lineari, con l'ulteriore ipotesi che covarianze, fra i dati osservati, siano tutte uguali tra loro.
Completata l'analisi discriminante ed ottenuta la ripartizione dell'intero insieme di partenza, a ciascun dato osservato è attribuita l'etichetta corrispondente alla regione cui questo dato appartiene. Infine la valutazione della correttezza della classificazione è misurata da un indice apposito, detto APER, che quantifica i risultati forniti dall'algoritmo di classificazione, in base al numero di dati osservati misclassificati. Infatti registrando, in un tabella, il risultato della classificazione, si osserva che, nella cella in alto a sinistra, sono contati i dati (correttamente classificati) appartenenti alla classe 0 e, nella cella in basso a destra, sono contati altri dati (correttamente classificati) appartenenti alla classe 1. Invece nelle due celle, in alto a destra ed in basso a sinistra, sono contati i dati misclassificati (cioè attribuiti ad una classe diversa da quella di appartenenza).

	classe allocata	
classe vera	0	1
0	…	…
1	…	…

APER misura la bontà della classificazione, calcolando il quoziente:

- fra il numero di dati classificati correttamente
- ed il numero totale dei dati osservati [34].

Come noto tuttavia, l'indice APER sopravvaluta la bontà del modello, essendo solo auto-consistente (cioè prendendo in considerazione solo i dati su cui è costruito l'algoritmo di classificazione). Pertanto quando si dispone di molti dati osservati, si costruisce l'algoritmo di classificazione solo su una porzione di questi, tenendo altri dati da parte, per validare poi il modello proposto, a posteriori, ed eseguirne così la cross-validazione. In questo modo, l'algoritmo di classificazione tralascia, ogni volta, un solo dato osservato cui, in seguito, si assegna l'etichetta, secondo la regola data dall'algoritmo di classificazione. Allora il criterio di valutazione, dell'algoritmo adottato, conta quante volte l'etichetta, di quel dato non utilizzato, è assegnata correttamente, durante tutta la costruzione dell'algoritmo di classificazione.

[34] Test ordinari sulle frequenze permettono poi la validazione statistica dello stesso.

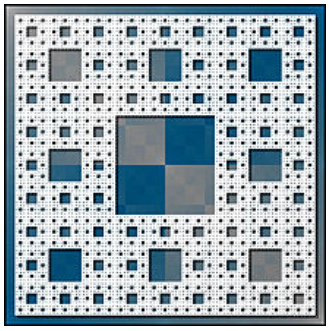
Un problema particolare, sempre legato alla classificazione, è assegnare una misura frattale ad insiemi mal definiti, nelle loro vere dimensioni, lungo una linea (ove questa possa essere mappata su una retta) o su una superficie (ancora ove questa possa essere mappata su un piano), oppure nello spazio 3D. Infatti opportuni insiemi frattali, quali la polvere di Cantor, il tappeto di Sierpinski e la spugna di Meger sono alcuni oggetti geometrici, capaci di rappresentare queste realtà, fornendo quantomeno una loro descrizione geometrica, pur in assenza di più precisi modelli deterministici (algebrici od analitici), oppure stocastici.

A riguardo, la polvere di Cantor è costruita su un insieme unitario, continuo e chiuso, rimuovendo dapprima un aperto centrale, dopo averlo diviso in tre parti, e successivamente i due aperti centrali, nel primo terzo e nell'ultimo terzo restanti, dopo averli divisi in tre parti, a loro volta, e così via, sempre dividendo in tre parti (le parti rimanenti) e rimuovendo poi i loro aperti centrali. Ripetendo l'operazione un numero infinito di volte [35], l'insieme rimanente ha misura nulla secondo Lebesgue, ma ha anche la cardinalità del continuo, cosicché la sua misura più interessante è la sua dimensione frattale, data dalla misura di Hausdorff H e pari a:

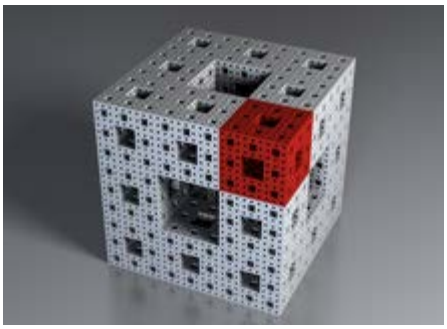
$$H = ln\,2/ln\,3 = 0.630930$$

Il tappeto di Sierpinski è costruito su un quadrato unitario, continuo e chiuso, dove si toglie prima un aperto quadrato centrale, dopo averlo diviso in nove parti, e poi gli otto aperti quadrati centrali, negli otto quadrati restanti, dopo averli ancora divisi in nove parti e così via, dividendo prima in nove parti (i quadrati rimanenti) e togliendo poi i loro aperti quadrati centrali. Ripetendo tale operazione un numero infinito di volte, l'insieme rimasto ha misura nulla secondo Lebesgue (una dimensione topologica pari ad uno, quando è invece nulla quella della polvere di Cantor) ed una dimensione frattale data dalla misura di Hausdorff H.

Infine la spugna di Menger è costruita su un cubo unitario, continuo e chiuso, rimovendo dapprima un aperto cubico centrale, dopo averlo diviso in ventisette parti, e successivamente i ventisei aperti cubici centrali, nei ventisei cubi restanti, dopo averli divisi in ventisette parti, a loro volta, e così via, sempre dividendo prima in ventisette parti (tutti i cubi rimanenti) e rimuovendo poi i loro aperti cubici centrali. Ripetendo l'operazione un numero infinito di volte, l'insieme rimanente ha misura nulla secondo Lebesgue (una dimensione topologica pari ancora ad uno) ed una dimensione frattale sempre data dalla misura di Hausdorff H.



$$H = ln\,8/ln\,3 = 1.892789$$



$$H = ln\,20/ln\,3 = 2.726833$$

[35] In pratica, nell'analisi di dati reali (come quelli forniti dalla galassia delle immagini o come i dati raster dei sistemi informativi geografici o territoriali), il numero di passi, da effettuarsi per la loro identificazione con gli insiemi modello (quali la polvere di Cantor, il tappeto di Sierpinski e la spugna di Menger) è solo un numero finito, per quanto opportunamente grande, così da poter calcolare la stima empirica della loro dimensione frattale, confrontando poi statisticamente questa con il valore della dimensione frattale degli insiemi modello.

Un sapere condiviso

E' cosa arcinota la feroce controversia tra Leibniz e Newton, per la primazia nella scoperta delle derivate, a lungo rimasta nella storia matematica, rispettivamente tedesca ed inglese. A riguardo, una serena disamina riconosce invece come questa scoperta risponda perfettamente alle accresciute esigenze, di un più ricco bagaglio matematico, tra la fine del '600 e l'inizio del '700. Infatti tanto lo sviluppo della scienza dalla fine del '500 e per tutto il '600, quanto i ritrovati della tecnica che poi, in pieno '700, in Inghilterra, dà vita alla prima rivoluzione industriale sono un forte incentivo per una ricerca mirata, in questa direzione.

D'altra parte, se non è facile conoscere e descrivere un sapere largamente condiviso, è buona cosa citare gli esempi positivi a riguardo. Tra questi e con specifico riferimento alla scoperta delle derivate, importantissima è la traduzione in francese delle opere di Leibniz e Newton da parte della studiosa di matematica Émilie du Châtelet [36] che, per prima, riconosce il loro comune contributo. Altrettanto importante è anche il trattato di matematica, scritto dalla matematica italiana Maria Gaetana Agnesi che raccoglie tutta la matematica, allora nota, fino ad Eulero.

Émilie du Châtelet

Maria Gaetana Agnesi

Amalie Emmy Noether

Forse non è un caso che si debbano citare due donne, sconosciute ai più, per trovare una traccia precisa di un sapere condiviso. Infatti occorre riconoscere che la conflittualità femminile, seppure presente, è di gran lunga inferiore e meno cruenta di quella maschile (bastando contare, a riguardo, il differente numero delle persone carcerate dei due sessi). Inoltre a riprova di quanto si sia spesso occultata la presenza femminile, basti ricordare che, già nel '900, la grandissima matematica tedesca Amalie Emmy Noether abbia potuto tenere le sue lezioni universitarie solo sotto il nome di Hilbert.

Infine ritornando al titolo di questo paragrafo è necessario ribadire che la costruzione di un sapere condiviso è un passaggio importantissimo per la mitigazione dei conflitti e la civilizzazione delle lotte, nonché per poter compiere passi concreti verso forme di sincretismo, di politeismo culturale e di meticciato, dove il rispetto e la tolleranza, per l'altro e gli altri, sono condizioni indispensabili e fondamentali. Tutto questo è particolarmente rilevante, in questi tempi attuali, così difficili e travagliati, dove inattese rinascite oscurantiste mettono in serio dubbio la possibilità della coesistenza pacifica e della convivenza civile.

Infatti se la rivoluzione informatica e l'automazione hanno favorito la globalizzazione e questa ha poi assunto gli aspetti particolarmente selvaggi, con la finanza d'assalto, il ritorno della rendita ed il turbo-capitalismo, la

deindustrializzazione, la perdita complessiva di posti di lavoro (pur con la formazione di nuove professioni) e la delocalizzazione stanno disegnando un mondo completamente nuovo [37]. Purtroppo con l'arretramento dei diritti dei cittadini e dei lavoratori, nei paesi ricchi, e di fronte a vere e proprie catastrofi ambientali, umanitarie ed economiche in quelli poveri, in questi stessi paesi, si assiste ad oscuri ritorni.

In questo modo, al prevalere del tecnologico ed al cadere delle speranze di un'evoluzione liberaldemocratica e/o socialdemocratica (o laburista), nei paesi ricchi, un'alternativa (seppur meno vantaggiosa e problematica) sarebbe potuta essere rivoluzioni, nei paesi poveri. Tuttavia queste, oltretutto con grandi migrazioni di popoli, non avvengono progressivamente sotto le bandiere del comunismo (nonostante tutti i suoi noti limiti), ma regressivamente sotto le insegne della rinascita delle correnti più oscurantiste delle religioni tradizionali (dal fondamentalismo islamico all'induismo castale e dalle moltissime sette protestanti all'integralismo cattolico).

Personalmente, … non vedo un attacco ai fondamenti della democrazia, né un esempio di scontro di civiltà. Gli stessi attentatori hanno spiegato il loro gesto come vendetta per le caricature del Profeta e gli interventi militari occidentali. Ciò che è in aperta contraddizione con i principi democratici non sono le convinzioni all'origine di quegli atti, quanto la fredda esecuzione di diciassette persone. Sono quindi simili ai passati atti di terrorismo … La democrazia liberale non è un regime fondato su valori universali. Tale definizione vale per le teocrazie. Oppure per i sistemi totalitari che pretendono di realizzare un progetto legittimato dalla scienza (la biologia delle razze, il materialismo storico). Le democrazie non invocano valori assoluti, la loro azione nasce dal compromesso tra principi complementari, ad esempio tra eguaglianza e libertà, che possono coesistere ma anche confliggere, oppure tra potere del popolo e libertà degli individui. La libertà d'espressione non è un valore inalienabile, intangibile o non negoziabile. Lo stato democratico è espressione della volontà popolare e contemporaneamente protezione delle libertà individuali, che deve difendere insieme a una pluralità di valori, come la sicurezza, la giustizia, l'eguale dignità di tutti. Tali valori tendono a limitarsi l'un l'altro. E la politica di uno stato è sempre un compromesso tra valori diversi. Limitare la libertà d'espressione non significa introdurre una censura oscurantista ma assumersi le proprie responsabilità politiche. Anche la libertà di stampa è un potere. E in democrazia, come diceva Montesquieu, un potere senza limiti non è legittimo. Non dimentichiamo che, nel XIX secolo, il giornale dell'antisemita Edouard Drumont si chiamava *La libre parole*: per lui libertà era denigrare gli ebrei. Ora in Europa i partiti xenofobi invocano la libertà di stampa per poter dire impunemente tutto il male dei musulmani. Quando difende la libertà di stampa, bisognerebbe sempre interrogarsi sul rapporto di potere tra chi l'esercita e chi la subisce. (Una cosa è) … attaccare una minoranza – gli ebrei – già discriminata, beneficiando dell'appoggio della maggioranza. (Un'altra è) svelare le derive illegali dei servizi americani ... Dobbiamo condannare la prima e difendere la seconda. Le nostre società non sono mai state completamente omogenee. Sono sempre state costituite da popolazioni portatrici di molteplici differenze: regionali, professionali, di classe, di sesso o di età. Per gestirle, si è fatto ricorso a due principi complementari: quello della legalità comune (una stessa legge per tutti) e quello della tolleranza (per tutte le pratiche non coperte dalla legge). Di fronte a cittadini di diverse religioni o senza religione, la laicità è una necessità, a condizione che lo stato sia neutrale nei confronti delle diverse fedi, senza pretendere la scomparsa dallo spazio pubblico di ogni segno di appartenenza religiosa, … Le appartenenze culturali fanno parte delle persone. Più che della democrazia, gli assassini … sono i figli della società mondializzata. Cercano informazioni su Internet, uno spazio virtuale che nessuno controlla e nel quale è ormai impossibile distinguere tra fatti e affabulazioni. Alla ricerca di una causa sacra che dia un senso alla loro vita, sono facile preda di abili predicatori. La difficoltà consiste nell'articolare due proposizioni entrambe vere: gli atti terroristici non dipendono dalla religione musulmana eppure i loro autori si richiamano all'islam. Più che nel Corano, che come tutti i libri sacri contiene affermazioni contraddittorie, occorre cercare la spiegazione nella storia dei paesi musulmani, dove le correnti d'interpretazione fondamentaliste hanno impedito un'evoluzione della dottrina. Occorre riconoscere che l'Islam è ormai una religione praticata nel mondo occidentale, di conseguenza è possibile domandare ai suoi fedeli di rispettare le leggi comuni. Al contempo occorre evitare l'islamofobia. Inoltre gli interventi militari nei paesi musulmani hanno prodotto risultati assai negativi, hanno favorito l'identificazione dell'Occidente con il ruolo dei dominatori, il che evidentemente ha accresciuto il risentimento nei suoi confronti. Purtroppo, le scelte dei nostri governi non sono sempre coerenti (Tzvetan Todorov, La libertà di espressione va difesa sempre per i deboli).

---

[36] Il nome completo è Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil, marchesa du Châtelet.

[37] Una certa analogia può essere tracciata con il prevalere del militare, al tramonto del mondo antico (in particolare, tra il tramonto ed il crollo dell'impero romano d'occidente).

L'universo (che altri chiama la Biblioteca) si compone d'un numero indefinito, e forse infinito, di gallerie esagonali, … Il numero dei simboli ortografici è di venticinque [38]. Questa constatazione permise, …, di formulare una teoria generale della Biblioteca e di risolvere soddisfacentemente il problema che nessuna congettura aveva permesso di decifrare: la natura informe e caotica di quasi tutti i libri. … Questi esempi permisero a un bibliotecario di genio di scoprire la legge fondamentale della Biblioteca. Questo pensatore osservò che tutti i libri, per diversi che fossero, constavano di elementi uguali: lo spazio, il punto, la virgola, le ventidue lettere dell'alfabeto. Stabilì, inoltre, un fatto che tutti i viaggiatori hanno confermato: non vi sono, nella vasta Biblioteca, due soli libri identici. Da queste premesse incontrovertibili dedusse che la Biblioteca è totale, e che i suoi scaffali registrano tutte le possibili combinazioni dei venticinque simboli ortografici (numero, anche se vastissimo, non infinito) cioè tutto ciò ch'è dato di esprimere, in tutte le lingue. Tutto: la storia minuziosa dell'avvenire, …, il catalogo fedele della Biblioteca, migliaia e migliaia di cataloghi falsi, la dimostrazione della falsità di questi cataloghi, la dimostrazione del catalogo falso, …, la traduzione di ogni libro in tutte le lingue, le interpolazioni di ogni libro in tutti i libri. … In un certo scaffale d'un certo esagono (ragionarono gli uomini) deve esistere un libro che sia la chiave e il compendio perfetto di tutti gli altri: un bibliotecario l'ha letto, ed è simile a un dio. Nel linguaggio di questa zona si conservano alcune tracce del culto di quel funzionario remoto. Molti peregrinarono in cerca di Lui, si spinsero invano nelle più lontane gallerie. Come localizzare il venerando esagono segreto che l'ospitava? Qualcuno propose un metodo regressivo: per localizzare il libro A, consultare previamente il libro B; per localizzare il libro B, consultare previamente il libro C; e così all'infinito ... (Jorge Luis Borges: La Biblioteca di Babele [39]).

Medardo Rosso, Uomo che legge (Museo Medardo Rosso, Barzio)

Un sapere condiviso non può essere universale e deve ammettere gradi diversi di conoscenza e significative differenziazioni. Tutto questo determina la grande ricchezza delle diverse lingue e delle varie culture, dove ogni incontro ed ogni scambio è conoscenza reciproca, attuata su un piano di parità e di reciproco rispetto. A tal fine, la lettura è un input fondamentale, perché nessuno può dare quello che non ha, ma poi l'ascolto è la risposta giusta ad un output indispensabile, fatto dalla parola che sola mette davvero in comunicazione con gli altri e dà piena ragione a tutti esempi, veramente vissuti.

[38] Il manoscritto originale non contiene cifre né maiuscole. La punteggiatura è limitata alla virgola e al punto. Questi due segni, lo spazio, e le ventidue lettere d'alfabeto, sono i venticinque simboli sufficienti che enumera lo sconosciuto [N.d.E.].
[39] http://www.orsocurioso.com/Biblioteca/Borges%20-%20La%20Biblioteca%20di%20Babele.htm

Un esempio avanzato di Geomatica Applicata [40]

La pratica fotogrammetrica è tutt'ora fortemente influenzata dalla sua origine situata nella fotogrammetria analogica, dove l'uso di strumenti fotogrammetrici complessi e laboriosi, e le potenzialità di calcolo ridotte al minimo hanno sempre consigliato di ridurre fortemente il numero di immagini e il numero di punti immagine (di legame e di appoggio). L'avvento consolidato della fotogrammetria digitale fa scomparire gli strumenti fotogrammetrici, a vantaggio di stazioni fotogrammetriche e cartografiche costituite da potenti computer (ormai largamente diffusi) i quali, a loro volta, rendono agevole lo sviluppo dei calcoli.

In questo modo, perseguire un accrescimento dell'accuratezza e della precisione delle stime effettuate (in particolare, delle coordinate dei punti di legame e di appoggio), dell'affidabilità dello schema di misura delle osservazioni fotogrammetriche e di quelle geotopografiche ausiliarie, e del condizionamento del sistema che permette la compensazione congiunta di tutte le osservazioni della triangolazione aerea (TA) è cosa assai raccomandabile e praticamente fattibile.

Allo scopo, preso in considerazione un blocco triangolato, eseguito per la formazione del CTR della regione Calabria (Blocco Calabria), lo stesso blocco è stato sottoposto ad una procedura asseverata di simulazione ed ottimizzazione, con l'obbiettivo principale di garantire alta affidabilità di tutte le osservazioni e quello secondario di migliorare la precisione delle stime delle coordinate dei punti di legame e di appoggio, ove possibile.

- Un primo passo della simulazione consiste nel raddoppio completo delle strisciate, così da avere sempre un ricoprimento trasversale pari al 60%, contro il 20% del blocco originale. Questo fatto dà, già di per se stesso, un notevole irrigidimento del blocco fotogrammetrico e conseguentemente un miglior condizionamento del sistema da risolvere. Infatti un ricoprimento trasversale al 20% fa "cerniera" fra le strisciate adiacenti, mentre un ricoprimento trasversale al 60% "incastra" la strisciata intermedia fra la precedente e la successiva.
- Un secondo passo della simulazione, avendo suddiviso ogni fotogramma con una maglia regolare 3×3, conta quanti punti immagine sono visibili in ciascuna di queste partizioni ed accresce il numero dei punti individuati, in modo tale che nessuna partizione abbia meno di tre punti (e per porre un limite alla numerosità dei punti selezionati, nelle varie parti di ciascuna immagine, che questa non superi dieci, nel contempo).

Infatti avere triplette di punti, vicini tra loro, permette facilmente di isolare punti eventualmente affetti da errori grossolani, senza distorcere fortemente le coordinate degli altri punti e l'assetto delle immagini. Ovviamente procedure robuste di compensazione sono certamente utili per facilitare la ricerca di errori grossolani, ma altresì noto che una bassa (od addirittura nulla) affidabilità delle osservazioni non permette di individuare alcun errore. Per quanto riguarda invece la limitazione a dieci punti fotografici, questa è semplicemente dettata dal buon senso e dal rendere la successiva compensazione della triangolazione aerea praticamente computabile.

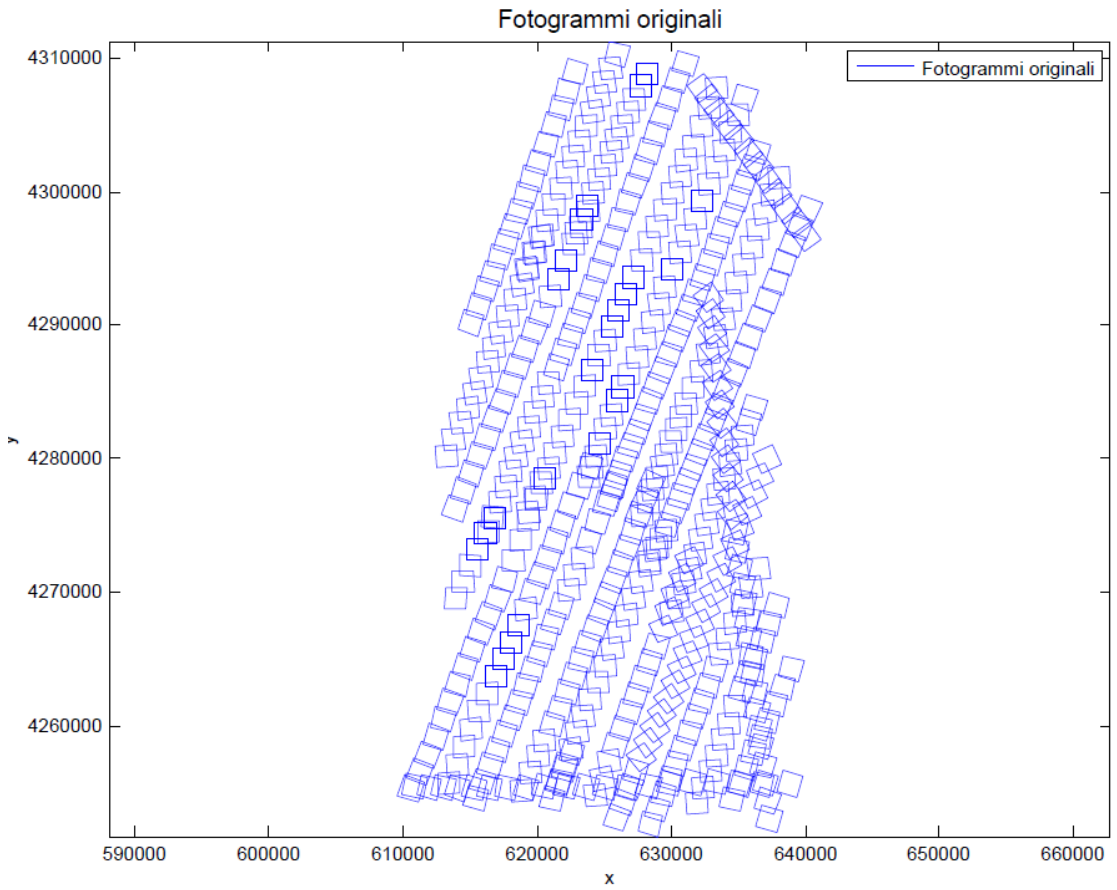
[40] La simulazione del progetto di un blocco fotogrammetrico di una parte della Regione Calabria è presentata, di seguito, cui fa seguito la compensazione congiunta della triangolazione aerea e della rete planimetrica di appoggio (costituita da basi GPS). Infatti i risultati eccezionali (in termini di precisione ed affidabilità), raggiunti nel calcolo della simulazione/compensazione e probabilmente raggiungibili anche nella pratica fotogrammetrica, permetterebbero di costruire un campo molto denso di geodati (debitamente monografati), tutti di origine fotogrammetrica, con poco lavoro di rilevamento in campagna che, proprio per la sua notevole onerosità, è il vero limite all'ottenimento dell'elevata densità di questi campi. Invece un sentito ringraziamento va all'ing. Davide Leta che ha effettuato la suddetta simulazione, con pazienza e cura, per la stesura della sua Tesi di Laurea Specialistica in Ingegneria Civile, al Politecnico di Milano.

- Un terzo passo della simulazione è pressoché automaticamente ottenuto, contando per ogni punto oggetto (di legame o di appoggio) in quante immagini questo punto è osservato. Infatti prescindendo per semplicità dal calcolo effettivo della compensazione della triangolazione aerea, la sola restituzione di un punto oggetto ha gli sqm delle sue coordinate approssimativamente divisi per la radice quadrata del numero di immagini nel quale lo stesso punto è osservato. In questo modo, se il numero di immagini è solo due o tre il denominatore del quoziente è ancora circa pari ad uno, mentre se il numero di immagini è prossimo a dieci il denominatore dello stesso quoziente supera tre.

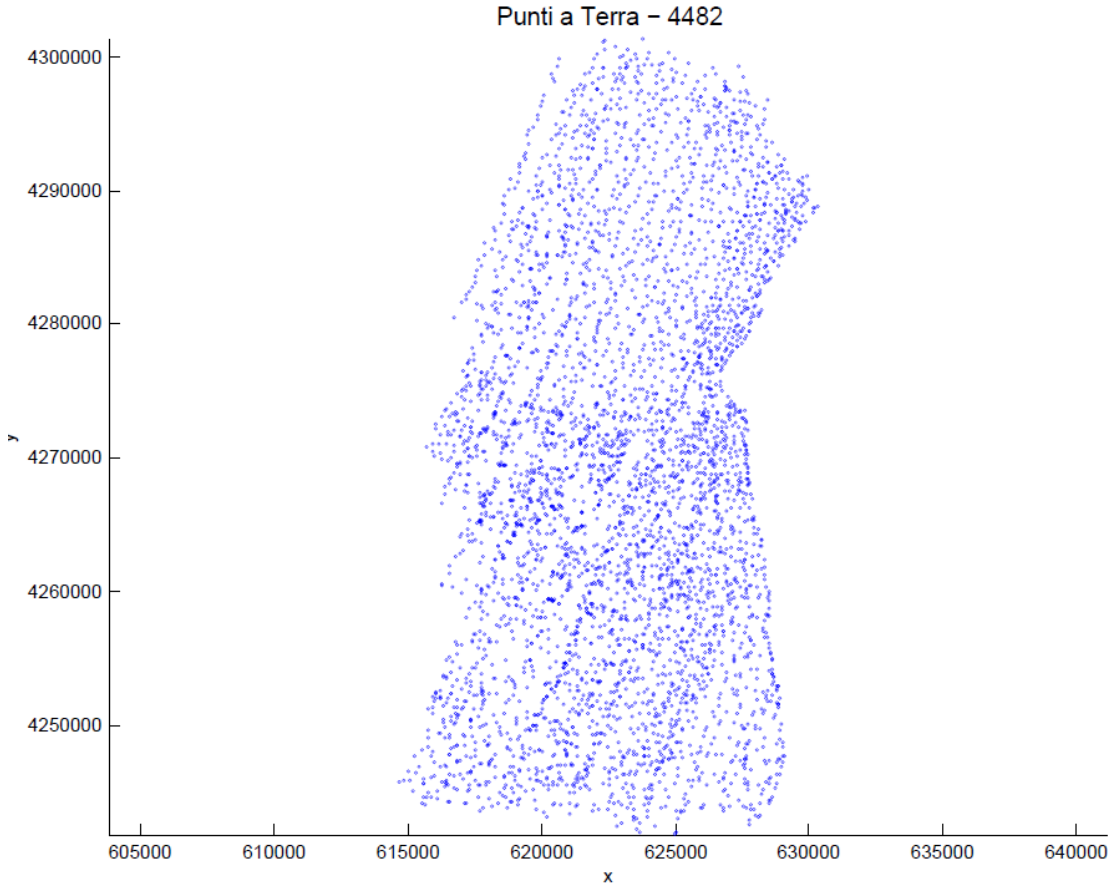
D'altra parte, i numeri due/tre e dieci non sono detti a caso: due/tre è un caso classico, per immagini con scarso ricoprimento, mentre nove (numero prossimo a dieci) deriva da tre immagini che si ricoprono lungo una strisciata, a loro volta, ricoperte da tre più tre immagini, appartenenti alla strisciata precedente ed alla strisciata successiva.
Queste osservazioni rinviano alle considerazioni (conclusive di questo paragrafo), per una critica dialettica del Trattamento delle Osservazioni, pur dovendo riconoscere come non sia facile, né banale presentare un esempio reale di Geomatica Applicata, a loro sostegno.

Blocco Calabria

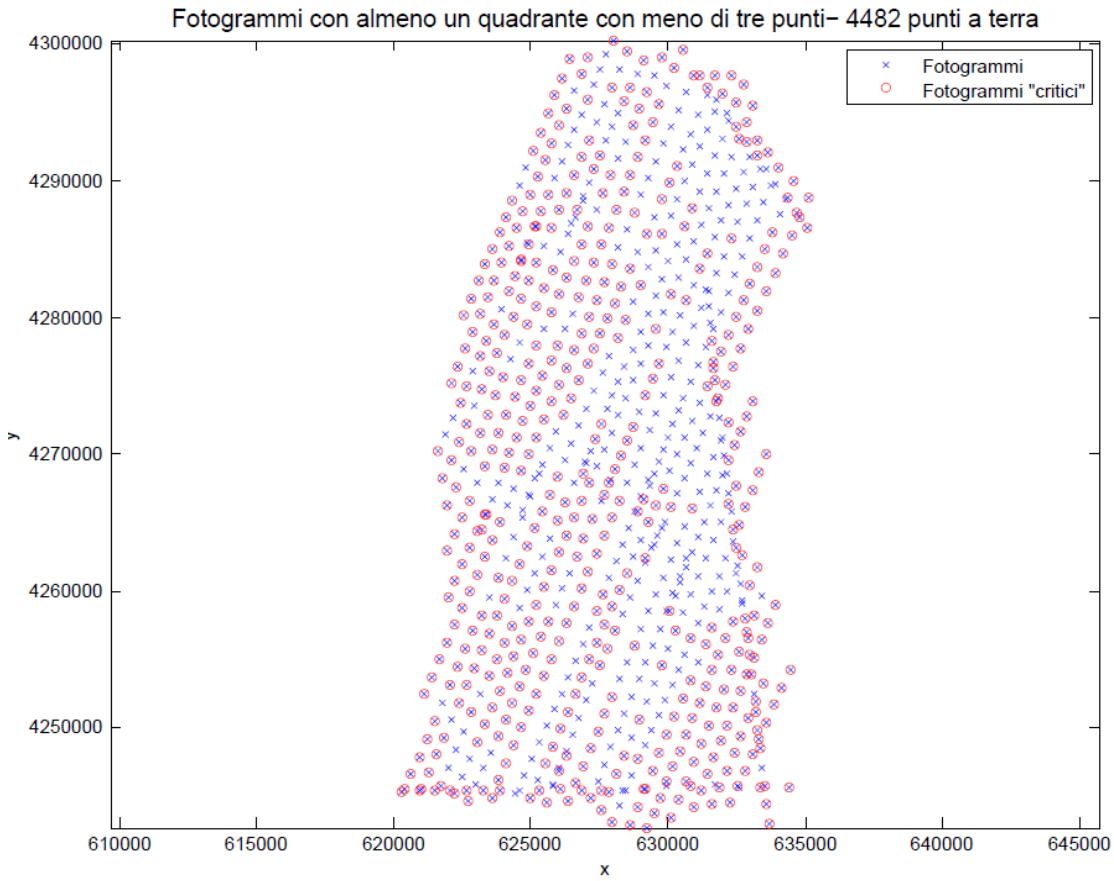
Le due figure sottostanti illustrano lo schema delle strisciate acquisite per la formazione del Blocco Calabria, con un ricoprimento trasversale del solo 20% e la disposizione dei punti oggetto (a riguardo, una figura di servizio, appena successiva, mostra l'insufficienza di punti in un numero affatto trascurabile d'immagini).



Schema delle strisciate



Disposizione dei punti oggetto



Cerchiati in rosso i fotogrammi con almeno una porzione con meno di 3 punti

La prima tabella allegata riporta il numero totale di immagini, il numero totale di punti immagine, il numero totale di punti oggetto, suddivisi in punti di legame e punti di appoggio, nonché il numero totale di equazioni ed il numero totale di incognite del sistema per la compensazione della TA. In questo schema, si sono considerati noti i punti di presa ed i punti di appoggio perché entrambi determinati tramite misure GPS (la cui compensazione è precedente alla compensazione della TA). Le successive tre tabelle riportano, nell'ordine, i valori quadratici medi e i valori massimi di tutte le stime:

- coordinate dei punti oggetto;
- coordinate dei punti di presa e parametri d'assetto delle immagini;
- scarti residui delle equazioni sui punti immagine.

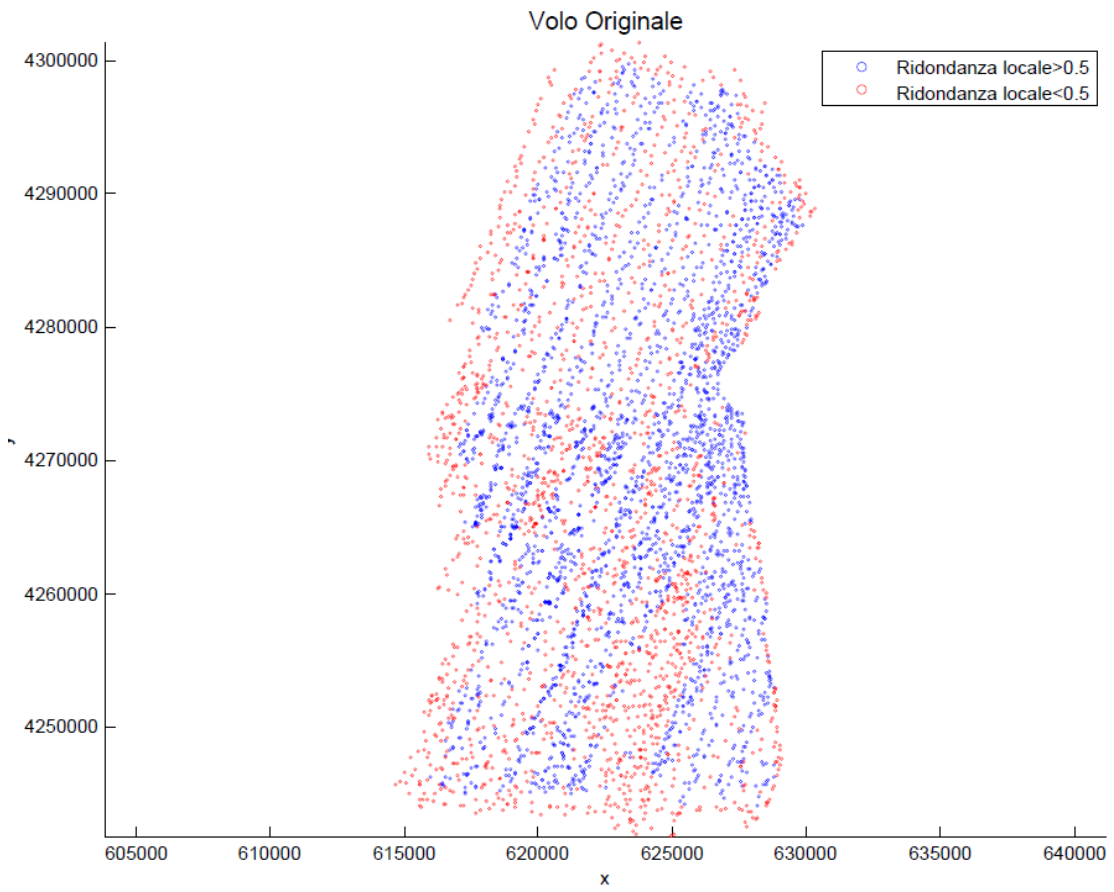
Totale immagini	Totale punti immagine	Totale punti oggetto	Totale equazioni	Totale incognite
487	25475	4482 124 di appoggio 4358 di legame	52305	16338

	RMS (mm)	**MAX (mm)**
COORDINATA X TERRENO	554.0	777.8
COORDINATA Y TERRENO	547.9	788.6
COORDINATA Z TERRENO	750.69	1163.67

	RMS (mm; cc)	**MAX (mm; cc)**
COORDINATA X PUNTO PRESA	581.4	702.7
COORDINATA Y PUNTO PRESA	563.9	696.9
COORDINATA Z PUNTO PRESA	722.37	884.85
ANGOLO ASSETTO OMEGA	37.8	73.1
ANGOLO ASSETTO PHI	52.4	106.3
ANGOLO ASSETTO KAPPA	22.1	84.9

	RMS (micron)	**MAX (micron)**
COORD. X FOTOGRAMMA	8.2	9.8
COORD. Y FOTOGRAMMA	8.4	9.9

La prossima figura mostra, a livello di punti oggetto, le ridondanze locali, relative ai punti immagine, secondo la convenzione: la coordinata peggiore dell'immagine peggiore (a riguardo, si noti che ogni punto immagine ha due coordinate e lo stesso punto è ripetuto per tutte le immagini nelle quali è osservato). Per quanto riguarda invece il significato di peggiore, nel caso in esame, si considera poco affidabile un'osservazione con ridondanza locale inferiore a 0.5, variando le ridondanze locali tra 0 e 1 (dove è uguale a zero, la ridondanza locale segnala un'osservazione indispensabile e completamente inaffidabile, mentre uguale a uno la ridondanza locale evidenzia un'osservazione praticamente superflua e completamente controllabile.



Ridondanze locali

Sigma zero di ciascuna compensazione [41] è fissato, a priori, pari a 10 micron (valore metrologicamente ragionevole, nella pratica fotogrammetrica), cosi da rendere tutte le compensazioni indipendenti dalle misure realmente effettuate. Questa precauzione è indispensabile per trattare correttamente le simulazioni effettuate nelle quali valori arbitrari di sqm delle misure potrebbero far si che i risultati appaiano ingiustamente eccezionali o, al contrario, piuttosto scadenti. Le due figure successive illustrano:

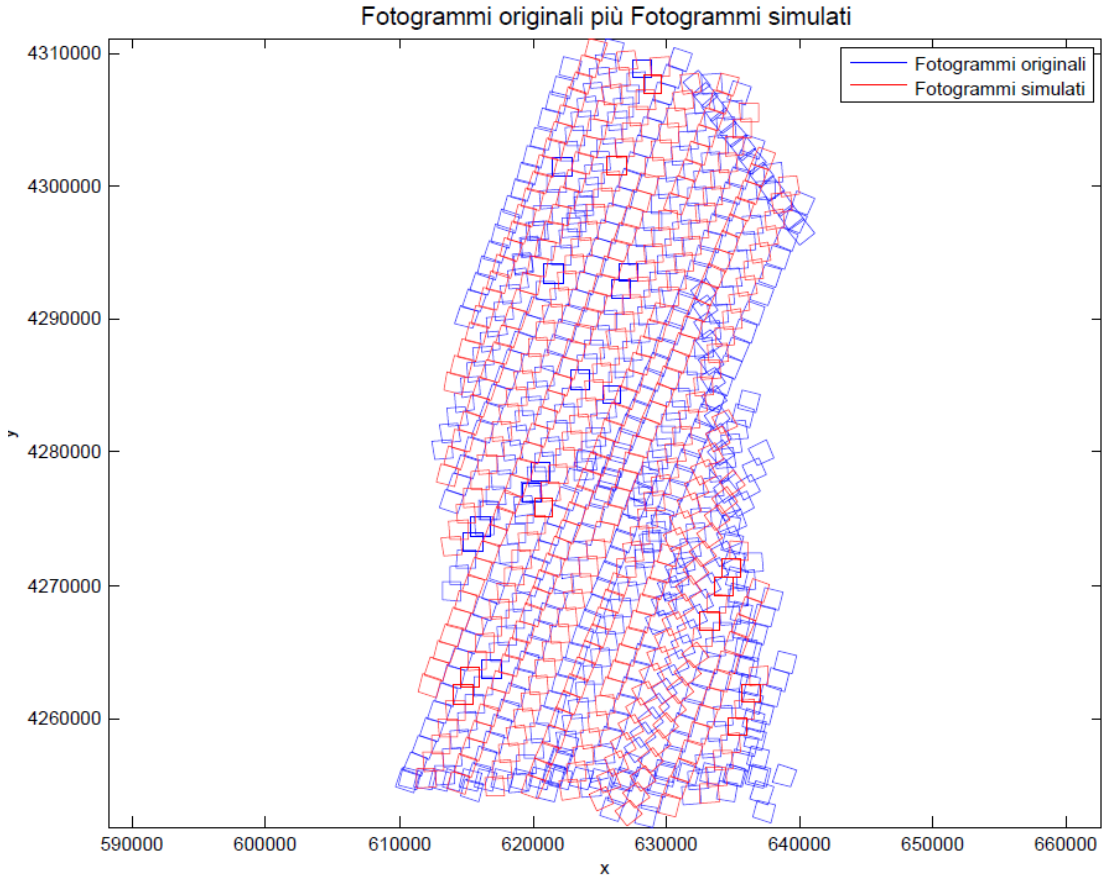
- lo schema di tutte le strisciate simulate, per l'ottimizzazione del Blocco Calabria, con un ricoprimento trasversale 60%;
- la disposizione dei punti oggetto.

Come nel caso precedente, la tabella allegata riporta il numero totale di immagini, il numero totale di punti immagine, il numero totale di punti oggetto suddivisi in punti di legame e punti di appoggio, il numero totale di basi GPS, distinte in [42]:

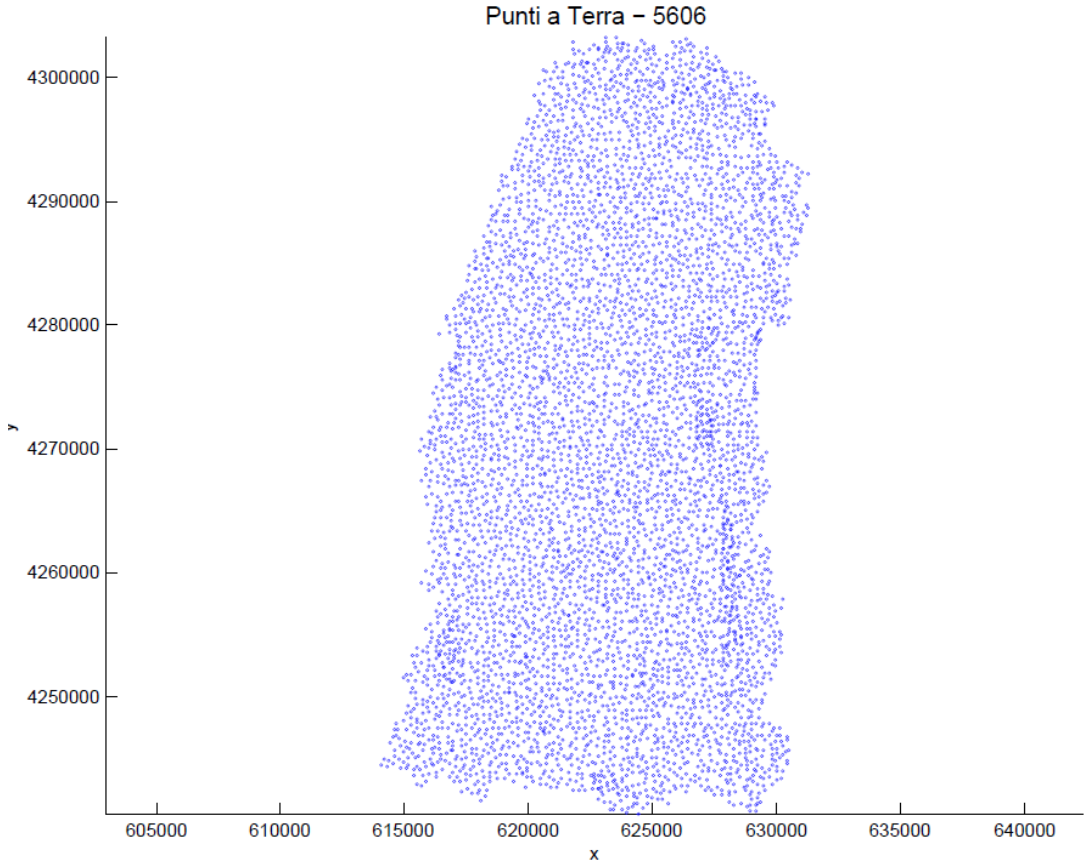
- basi GPS fra i punti di presa, lungo ciascuna strisciata;
- basi GPS di una fitta rete di poligonali plano-altimetriche intrecciate,

ed il numero totale di equazioni ed il numero totale di incognite del sistema per la compensazione della TA.

[41] Si noti come l'aver dovuto effettuare diversi passi di simulazione, anche più volte ripetuti per ricercare un miglior risultato, corrisponda al calcolo di più compensazioni, qui omesse per motivi di brevità.
[42] Altre due figure mostrano gli schemi corrispondenti ai due casi sotto-elencati.



Schema delle strisciate



Disposizione dei punti oggetto

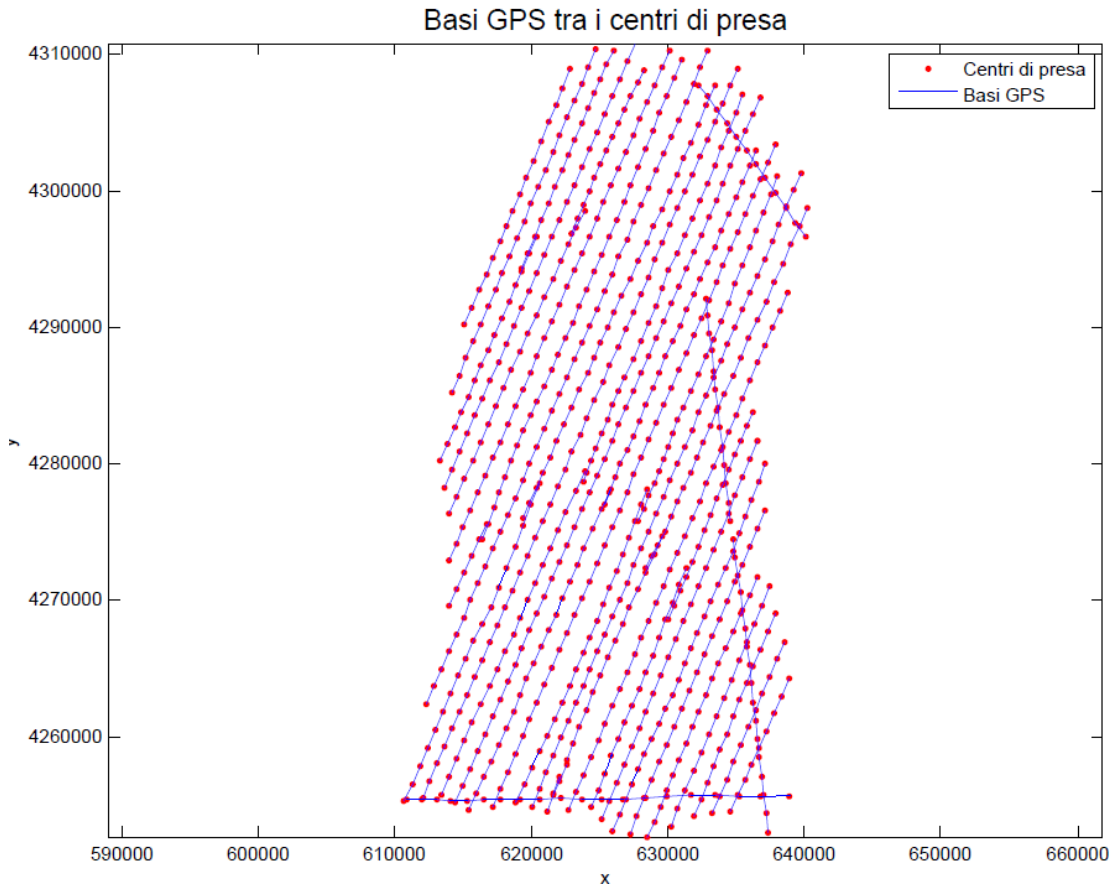
La rete di poligonali intrecciate è formata da maglie di quadrilateri trilaterati e corre lungo tutto il bordo del blocco fotogrammetrico, spingendosi all'interno fintanto che i punti oggetto sono osservabili solo in non più di quattro immagini (come mostra una nuova figura di servizio). Di fatto, questa rete coinvolge i punti oggetto relativi a tutte le strisciate esterne ed alla prima e all'ultima immagine di ogni strisciata interna. D'altra parte, come ovvio, il primo non ammette un precedente e l'ultimo non ammette un successivo: allora le ripetizioni per immagine non possono essere troppo elevate; pertanto le ridondanze locali risultano sempre piuttosto basse, cosicché solo un adeguato appoggio sana un difetto di affidabilità, altrimenti insanabile.
Si noti poi come l'utilizzo delle basi GPS, al posto dei punti di presa e dei punti di appoggio, porti ad una compensazione congiunta del blocco fotogrammetrico e delle misure geotopografiche ausiliarie, con una modellazione più adeguata dell'insieme delle osservazioni. Infatti oggigiorno la precisione ottenibile da misure fotogrammetriche di alta precisione non è così lontana dalla precisione delle misure geotopografiche ed il trattamento congiunto equalizza gli errori, senza privilegiarne alcuno e senza indurre conseguenti effetti distorcenti. Le successive tre tabelle riportano, ancor una volta, i valori quadratici medi e i valori massimi di tutte le stime:

- coordinate dei punti oggetto;
- coordinate dei punti di presa e parametri d'assetto delle immagini;
- scarti residui delle equazioni sui punti immagine;
- scarti residui delle equazioni per le basi GPS relative ai punti di presa ed alla rete di poligonali.

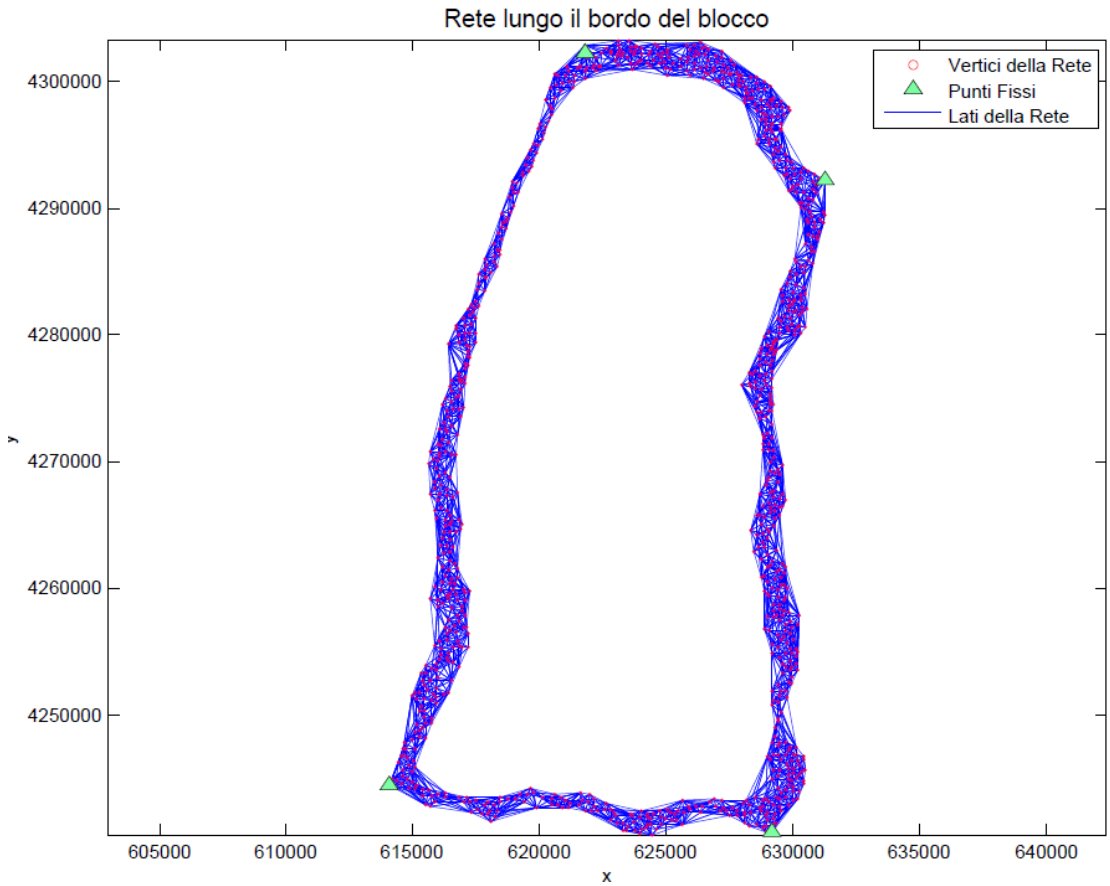
Totale immagini	Totale punti immagine	Totale punti oggetto	Basi GPS	Totale equazioni	Totale Incognite
864	48321	5606 4 di appoggio 5602 di legame	9758 814 sui centri di presa 8944 sulla rete di poligonali	125912	22002

	RMS (mm)	**MAX (mm)**
COORDINATA X TERRENO	59.4	160.5
COORDINATA Y TERRENO	58.6	224.2
COORDINATA Z TERRENO	127.18	331.79

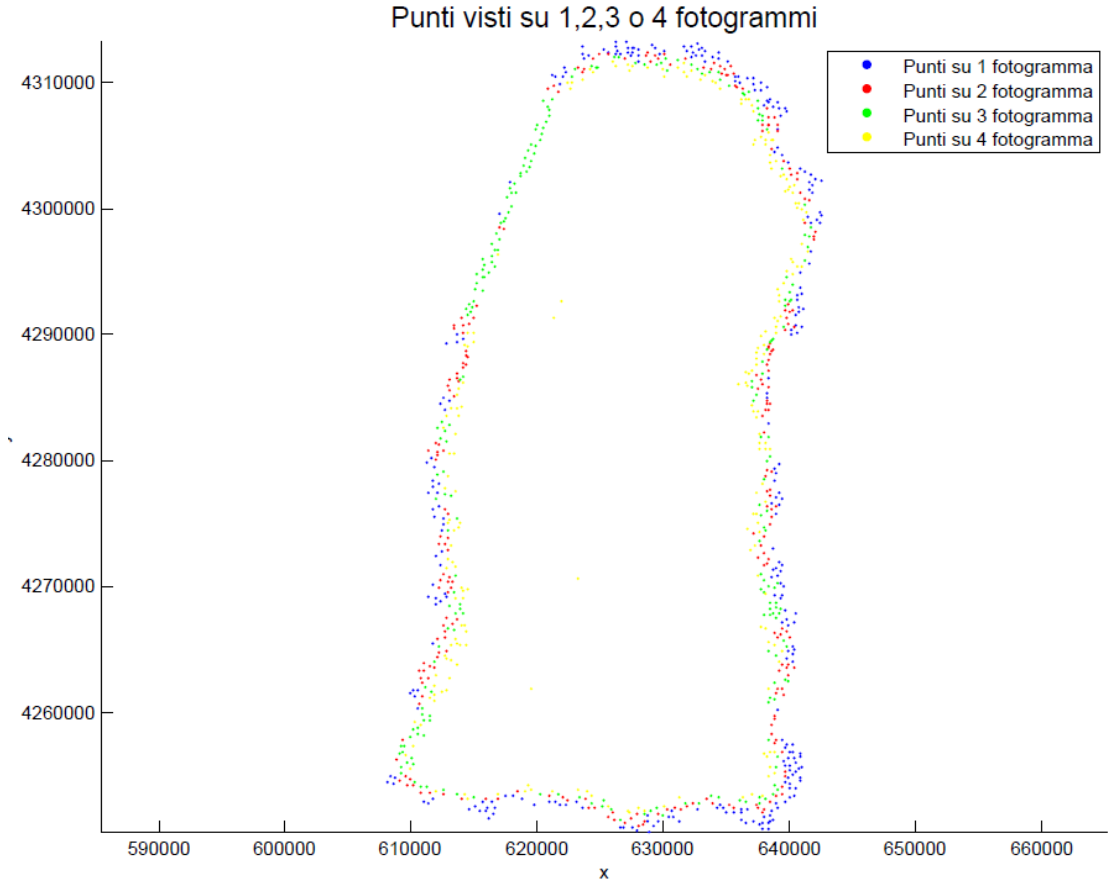
	RMS (mm; cc)	**MAX (mm; cc)**
COORDINATA X PUNTO PRESA	118.3	144.1
COORDINATA Y PUNTO PRESA	110.9	143.3
COORDINATA Z PUNTO PRESA	94.63	133.88
ANGOLO ASSETTO OMEGA	23.0	33.9
ANGOLO ASSETTO PHI	24.7	34.9
ANGOLO ASSETTO KAPPA	10.3	13.8



Basi GPS tra i centri di presa



Basi GPS di una fitta rete di poligonali intrecciate



Punti visti solo su 1,2,3 o 4 fotogrammi

	RMS (micron)	MAX (micron)
COORD. X FOTOGRAMMA	9.0	10
COORD. Y FOTOGRAMMA	9.0	10

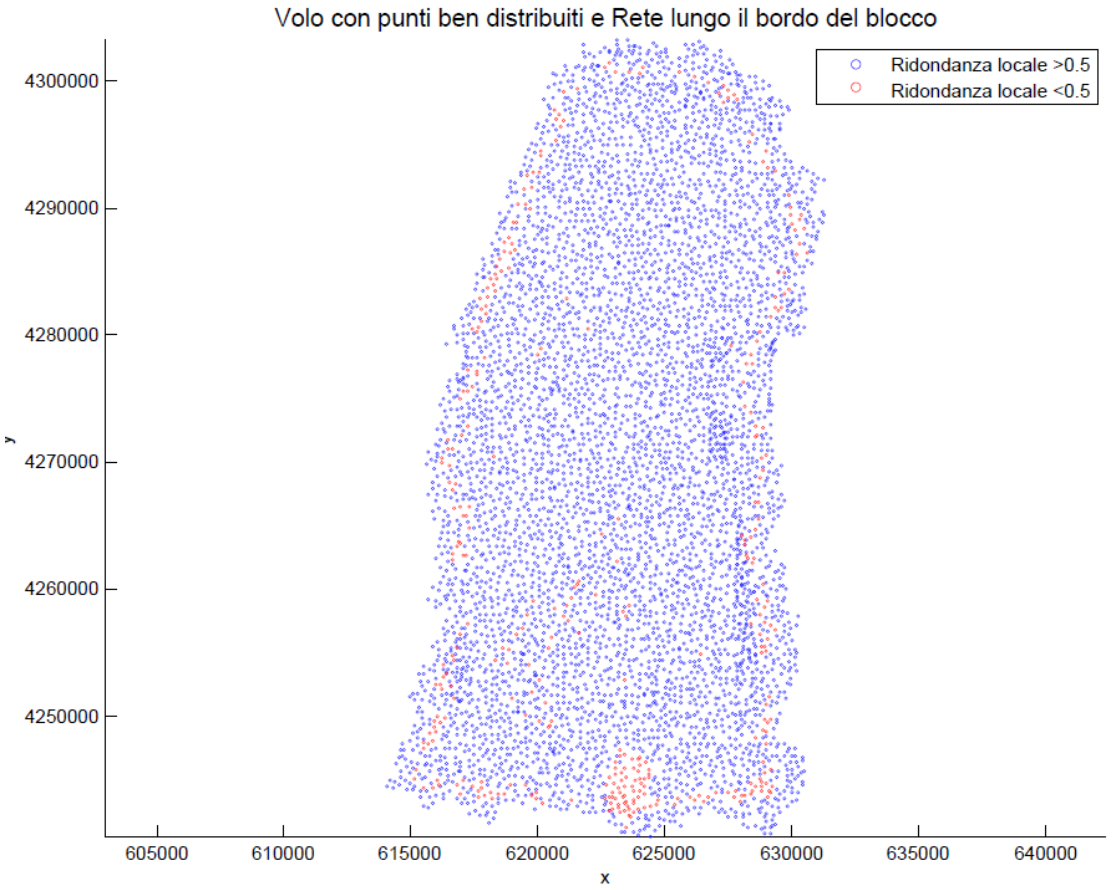
	RMS (mm)	MAX (mm)
DX	157.4	197.8
DY	155.9	195.3
DZ	190.66	198.48

L'ultima figura, di questa quarta parte, mostra le ridondanze locali, a livello di punti oggetto, relative ai punti immagine, secondo la convenzione già enunciata in precedenza. Un confronto immediato fra la figura della sola TA su blocco fotogrammetrico originale e questa figura mostra la pressoché totale sparizione delle osservazioni considerate inaffidabili, cosa che, unita al forte guadagno in precisione, in particolare, sulle coordinate dei punti oggetto, attesta la bontà delle scelte effettuate e testimonia come una buona pratica fotogrammetrica attuale sia preferibile al retaggio di una pratica fotogrammetrica ormai passata.

A riguardo, di certo, massimo è il rispetto per gli sforzi ed i risultati notevoli dei fotogrammetri delle passate generazioni che hanno operato con mezzi tecnici di gran lunga inferiori, ma tentazioni passatiste sono, alla luce dei risultati ottenuti, e di altri che potranno essere conseguiti in futuro, del tutto inadeguate.

Una considerazione conclusiva riguarda possibili miglioramenti e, in particolare, la precisione delle quote stimate pari a circa la metà di quella ottenuta nelle coordinate planimetriche. Questo fatto è dovuto alla

particolare geometria della presa, dove gli angoli acuti sotto cui sono viste le quote sono molto più piccoli degli angoli ottusi sotto cui sono viste le coordinate planimetriche. Angoli retti peggiorerebbero solo di poco le coordinate planimetriche, ma migliorerebbero notevolmente le quote; a tal fine prese convergenti, scattate contemporaneamente a prese nadirali, una in avanti e l'altra indietro, determinerebbero angoli pressoché retti e, di conseguenza, una precisione delle quote comparabile a quella delle coordinate planimetriche.



Ridondanze locali

L'esempio proposto intende sostenere una critica dialettica del Trattamento delle Osservazioni, muovendosi nel vastissimo campo della matematica applicata. Per queste ragioni, in linea di principio non ha un proprio specifico campo di elezione, per le sue applicazioni; tuttavia nessuna scienza e maggiormente nessuna scienza applicata va oltre solo vuoti auspici, se non sa attuarsi in esempi concreti. Allora lo specifico settore scientifico disciplinare degli autori (ovvero tutte le discipline del rilevamento, dalla scienza geodetica alla pratica geomatica) suggeriscono esempi particolari, tratti da questo contesto e, ad esempio, dalla pratica fotogrammetrica.

Infatti questa scelta si dimostra particolarmente felice, in quanto la suddetta disciplina non abbisogna di un grande bagaglio fisico-teorico, al di là della conoscenza della geometria dello spazio 3D (e della meccanica razionale, limitatamente alle rotazioni nello spazio). Invece la stessa disciplina fa largo uso della teoria della stima, per quanto riguarda tanto il metodo dei minimi quadrati, quanto le procedure robuste, dell'inferenza statistica, estesa alla validazione dei dati e dei modelli, e della statistica computazionale, con specifico riferimento agli algoritmi ed alle procedure di algebra lineare, nonché agli algoritmi ed alle procedure della matematica discreta (con particolare riferimento alla teoria dei grafi).

Appendice A – Il senso del limite ed il rispetto per la comunità [43]

> Or tutta la terra parlava la stessa lingua e usava le stesse parole. E avvenne che, mentre si spostavano verso sud, essi trovarono una pianura nel paese di Scinar, e vi si stabilirono. E si dissero l'un l'altro: "Orsù, facciamo dei mattoni e cuociamo*li* col fuoco!". E usarono mattoni invece di pietre e bitume invece di malta. E dissero: "Orsù, costruiamoci una città e una torre la cui cima giunga fino al cielo, e facciamoci un nome, per non essere dispersi sulla faccia di tutta la terra". Ma l'Eterno discese per vedere la città e la torre che i figli degli uomini stavano costruendo. E l'Eterno disse: "Ecco, essi *sono* un solo popolo e hanno tutti la medesima lingua; e questo è quanto essi hanno cominciato a fare; ora nulla impedirà loro di condurre a termine ciò che intendono fare. Orsù, scendiamo laggiù e confondiamo la loro lingua, affinché l'uno non comprenda più il parlare dell'altro". Così l'Eterno li disperse di là sulla faccia di tutta la terra, ed essi cessarono di costruire la città. Perciò a questa fu dato il nome di Babele, perché l'Eterno colà confuse la lingua di tutta la terra, e di là l'Eterno li disperse sulla faccia di tutta la terra (Genesi 11, 1 – 9).

Il passo riportato è tratto dalla Bibbia di Giovani Diodati (titolo completo La Bibbia, cioè i libri del vecchio e del nuovo testamento, nuovamente traslati in lingua italiana, da Giovanni Diodati, di nation lucchese), edita a Ginevra, nel 1607, da un riformato lucchese, in esilio. Questa è una delle prime in lingua italiana ed è tratta dai testi originali, per il Vecchio Testamento, e nella versione di Erasmo da Rotterdam, per il Nuovo.
Più volte rivista, fino all'attuale Nuova Diodati, appartiene alla tradizione delle Chiese Riformate (altrimenti dette protestanti dalla Controriforma) ed anticipa, di alcuni secoli, l'accesso alla lingua italiana per l'edizione della Bibbia cattolica. Del resto, solo dopo il Concilio Vaticano II, la Chiesa Cattolica ha partecipato ad una nuova traduzione interconfessionale.

Gustave Doré, Confusione delle lingue

Questo mito (sulla Torre di Babele simbolo eterno dell'antipolitica) non racconta solo la superbia dell'uomo nei confronti di Dio. Ma anche, come hanno spiegato Benjamin e Derrida, la nostra intolleranza: il progetto di un edificio che ospita persone che parlano la stessa lingua nega infatti ogni diversità. E cancella l'antica arte del compromesso, che ci costringe di ascoltare l'Altro.

[43] Articolo dello psicanalista Massimo Recalcati, La torre di Babele simbolo eterno dell'antipolitica, per la collana "I tabù del mondo" (La Repubblica, domenica 12 giugno 2016).

Ho sempre trovato a suo modo struggente un aneddoto che riguarda gli ultimi anni della vita di Freud riportato dal suo biografo Ernst Jones. Invitato in una prestigiosa università americana a tenere una conferenza in presenza delle maggiori autorità accademiche, mentre stava tenendo il proprio discorso il padre della psicoanalisi veniva costantemente disturbato da una persona tra il pubblico che non tratteneva il proprio dissenso.
A nulla servirono gli interventi del direttore dell'università per calmarlo, al punto che si dovette prendere la misura estrema di allontanare il facinoroso dall'aula. Ma anche fuori dall'aula l'uomo continuava a strepitare disturbando lo svolgimento della conferenza e costringendo il direttore a comunicare a Freud la sua decisione di chiamare la polizia per ristabilire l'ordine. A quel punto Freud stesso intervenne chiedendo al direttore di non procedere in quella direzione, ma di fare rientrare in aula il "dissidente" offrendogli la possibilità di parlare apertamente.
In questo aneddoto troviamo riassunta efficacemente non solo l'etica della psicoanalisi – dare la parola, includere, ascoltare l'Altro che disturba – ma anche una lezione di democrazia politica più ampia: dare la parola e ascoltare l'Altro che disturba significa praticare una faticosa politica di inclusione che non cade nella tentazione del rigetto violento del dissenso.
L'immagine biblica della torre di Babele racconta, tra le altre cose, proprio l'origine della politica come arte della traduzione delle lingue. Nella sua vicenda non è in gioco solo il rapporto tra la superbia degli uomini e l'esigenza di Dio di ribadire contro di essa la sua sterminata potenza. In primo piano, come è stato notato da molti commentatori – da Benjamin sino a Derrida – è il grande tema della lingua e del nome proprio.
Quale è il peccato più grande commesso dai babelici? E' quello di voler realizzare la propria impresa escludendo la possibilità di lingue differenti. Essi, infatti, si radunano attorno a un principio forte di identità: "un solo popolo" e "una sola lingua". Gli uomini della Torre vogliono assaltare il cielo sfidando Dio non solo perché esibiscono la loro ambizione in una spinta ascendente che vorrebbe escludere l'esperienza del limite, ma perché in questo slancio fallico-narcisistico essi vogliono farsi un nome da se stessi.
I babelici sono animati da un desiderio autogenerativo: un solo popolo, una sola lingua, una sola Torre. L'opera incessante di edificazione sembra consegnarsi al culto idealizzato dell'immagine del proprio Io. Costruire la Torre è un modo per generarsi da sé inseguendo un miraggio di autosufficienza. Si tratta di una hybris che viola ogni processo di filiazione. L'esistenza di un solo popolo e di una sola lingua esclude la lingua dell'Altro: l'architettura della Torre esige la compattezza uniforme di una sola lingua e l'idolatria del Nome che si fa da sé. Non è questa una delle cifre più evidenti del nostro tempo? Non viviamo immersi nello sforzo incessante di edificazione del nostro nome proprio? Farsi un nome non è l'imperativo egemone nella concezione occidentale della vita?
Il peccato dei babelici è non aver considerato che l'esistenza di una sola lingua sopprime altre possibilità linguistiche, ovvero altri possibili modi di essere. L'auto-nominazione dei babelici vorrebbe invertire l'atto della creazione attraverso il quale Dio genera gli esseri viventi ciascuno nella propria differenza. La loro spinta alla comunione vorrebbe cancellare il disturbo dell'Altro, il disturbo dell'Altra lingua, del dissenso dell'Altro come, invece, emerge bene dal racconto freudiano.
E quando Dio discende per osservare più da vicino l'opera dei babelici, non può non notare che la loro impresa punta proprio a sopprimere l'esperienza della differenza sulla quale si fonda la Creazione. Per questo egli utilizza lo strumento della pluralità delle lingue confondendo gli uomini della Torre, correggendo la loro illusione della lingua unica. In questo modo costringe gli uomini, come si esprime Benjamin in Angelus Novus, alla "necessità della traduzione", al lutto per una "sola lingua" e un "solo popolo".
Non si tratta di un semplice castigo ma di un riorientamento: la vita dell'uomo cresce e diviene generativa, capace di democrazia, solo se rinuncia al sogno colonialista di una lingua unica, solo se rispetta il pluralismo delle lingue e la fatica della traduzione.
In primo piano non è il Dio geloso preoccupato nel preservare la sua onnipotenza di fronte all'assalto della superbia dell'uomo, ma l'indicazione preziosa che la vita insieme esclude la comunione, l'immedesimazione, la massificazione, perché "il comune" è sempre costituito da differenze irriducibili. Una comunità non può abolire, diversamente dalla illusione nefasta della comunione, le differenze tra le lingue e tra i nomi propri, non può tendere all'assimilazione uniforme, alla massificazione anonima. E' una indicazione che ritroviamo anche nell'aneddoto di Freud: solo nell'ascolto della lingua dissidente si dà la possibilità di una comunità umana.

Vanità delle vanità, dice il Predicatore; Vanità delle vanità; tutto è vanità (Ecclesiaste 1, 2 – 3).

Forse il dipinto di Magritte illustra il vero punto d'arrivo della costruzione della Torre di Babele, dopo la Confusione delle lingue. Esso è un castello (più confortevole di una sola torre), costruito su solidissima roccia, ma problematicamente in volo, forse grazie a motori speciali (comunque mai trovati e di cui solo si parla e/o si spera), sopra un oceano in tempesta.

René François Ghislain Magritte, Le Château des Pyrénées (Israel Museum, Gerusalemme)

Se è vero che dobbiamo sapere cos'è la libertà per poter stabilire quali … hanno combattuto per essa, non meno vero che dobbiamo saper il (loro) carattere … per stabilire cos'è la libertà. La risposta sta nelle concrete caratteristiche delle epoche storiche. La definizione della libertà è la teoria della storia e viceversa (Max Horkheimer, Eclisse della ragione – Critica della ragione strumentale).

La lotta, che si estende a scala mondiale tra i grandi gruppi di potere economico, è condotta a prezzo dell'atrofia di valori umani, a prezzo della somministrazione di bugie all'interno e all'esterno, a prezzo del dilagare di un odio smisurato. L'umanità è diventata così ricca durante il periodo borghese, dispone di tali mezzi naturali d umani, che potrebbe vivere nella concordia e nel perseguimento di fini degni di essa. La necessità di mascherare questo fatto d'importanza decisiva determina tutta una sfera d'ipocrisia, che non solo si estende ai rapporti internazionali, ma invade anche i rapporti più privati; determina una diminuzione delle aspirazioni culturali inclusa la scienza, un abbrutimento della vita pubblica e provata, così che alla miseria materiale si associa quella intellettuale. Mai la povertà dell'uomo è stata in tanto stridente contrasto con la sua possibile ricchezza come al presente, mai tutte le energie sono state cos' miseramente incatenate come in questa generazione, nella quale i bimbi soffrono la fame e le mani dei padri maneggiano bombe. Il mondo sembra decisamente andare verso il disastro o già in esso trovarsi, disastro che, sul metro della storia che conosciamo, è paragonabile solo al tramonto dell'antichità. L'assenza del senso nel destino dell'individuo, la quale già prima era determinata dall'assenza della ragione, dalla pura naturalità del processo di produzione, nella fase attuale si è tramutata in un segno caratteristico dell'esistenza. Ciascuno è abbandonato al suo cieco caso (Max Horkheimer, Nostalgia del totalmente Altro).

Horkheimer è un sociologo e filosofo politico, con Theodor Ludwig Wiesengrund-Adorno, condirettore della Scuola di Francoforte. Entrambi agnostici, ma provenienti da famiglie ebree, il primo, nell'intervista (da cui è tratto il passo citato) sottolinea la lontananza dell'ebraismo (soprattutto quello mosaico e della diaspora) da una fede rivelata e l'adesione, sempre di questo ebraismo, ai precetti rigorosi di una legge altra.

Appendice B – Notizie storiche sui "macchinisti" di alcune specole italiane [44]

Alcune notizie storiche sui "macchinisti" di alcune importanti specole italiane sono il contenuto principale di questa appendice, interessando un lungo periodo che va dalla fine dalla fine del '700 fino alla prima metà del '900. Infatti questi "artisti", come spesso sono chiamati, coadiuvano gli astronomi nel loro lavoro, presso gli Osservatori astronomici, si occupano della manutenzione degli strumenti e curano anche officine, capaci di produrre piccoli strumenti, al servizio dell'attività di osservazione e ricerca di quegli stessi Osservatori. Per delimitare giustamente il campo d'analisi, le specole qui prese in considerazione sono quella di Brera, a Milano (mentre esula, da questo contesto, la nuova sede a Merate di cui si parla solo dopo il 1922), e quella patavina (cioè di Padova, anche con la sua nuova sede di Asiago), con pochi cenni a quelle di Torino (sita a Pino Torinese) e di Arcetri (presso Firenze), nonché a quella del Collegio Romano.

L'Astronomia è una scienza antichissima che, strettamente collegata con la Geodesia e la Cartografia, è tanta parte delle stessa Matematica, a partire dalla Geometria, per giungere all'Analisi Matematica. Come ovvio anche l'Astronomia non è esente da errori, dalla contaminazione con l'Astrologia (del resto, come la Chimica con l'Alchimia, la Medicina con la Magia nera, ecc.) all'adozione di un errato sistema geocentrico (tolemaico), contro un corretto sistema eliocentrico (copernicano). Eppure l'Astronomia, scienza della misura con la modellazione ed il calcolo, anche nel lontano passato, trova vie corrette, seppure minoritarie, come l'ipotesi eliocentrica di Aristarco di Samo (attestata da Plutarco e perfezionata astronomicamente da Seleuco di Seleucia), forse già presente nel fuoco di Pitagora e comunque chiaramente sostenuta da Archimede di Siracusa, come spiega bene il passo riportato, di seguito.

Le ipotesi di Aristarco sono che le stelle fisse e il Sole non si muovono. Che la Terra gira attorno al Sole su una circonferenza in cui il Sole sta al centro (Archimede di Siracusa, L'Arenario).

Non stupisca, per contro, una certa confusione tra l'Astronomia e l'Astrologia che arriva fino a Galileo ed a Newton, perché tutta la scienza parte da condizioni di oscurità, per districarsi poi, passo dopo passo, verso la chiarificazione dei modelli, anche in base alle misure ed al calcolo. D'altra parte, è ben noto che nessuna osservazione può confermare una teoria [45], ma solo confutarla con contro-esempi corretti, e tutto ciò rende lungo e difficile il cammino. Ben più grave invece è l'assurdo attaccamento ad una teoria errata (cioè quella tolemaica), per di più, in piena età moderna, quando questa scelta, totalmente errata, dipende solo da una lettura fondamentalista dei testi religiosi (in questo caso specifico, il Libro di Giosuè, della Bibbia, 10, 12-13: Sole, fermati in Gàbaon! e tu, luna, sulla valle di Aialon! Il sole si fermò, la luna restò immobile) da parte della teologia cattolica [46] ed ortodossa, nonché inizialmente anche da quella riformata.

Io qui direi quello che intesi da persona ecclesiastica costituito in eminentissimo grado cioè l'intenzione dello Spirito Santo essere di insegnarci come si vadia al cielo, e non come vadia il Cielo. (Galileo Galilei, dalla lettera Alla Granduchessa madre Cristina di Lorena).

---

[44] Questa appendice è tratta da: Notizie storiche sui "macchinisti" di alcune specole italiane di Pietro Broglia e Luigi Mussio (in: Memorial "Giovanna Togliatti", a cura di Luigi Mussio, Federica Migliaccio, Franco Guzzetti e Livio Pinto, Politecnico di Milano / ASITA, Lecco, 2015).

[45] La moderna filosofia della scienza, rigettando infatti un indimostrato principio d'induzione costruttivista, oltre al metodo delle congetture e delle confutazioni, riconosce solo che ogni osservazione valida può dare una certa corroborazione ad una teoria, aumentando così il suo potere esplicativo.

[46] A rigore inizialmente, la teologia cattolica addirittura non è contraria, proprio come si articola in due parti, distinte e diverse, il Concilio di Trento, passando da un timido tentativo di apertura, al dialogo, ad una chiusura oscurantista (anche verso la modernità e la scienza):

- 1542 – 1549 riforma cattolica
- 1562 – 1564 controriforma.

Le origini

Nelle pubblicazioni che illustrano le antiche vicende della Specola milanese si parla solo marginalmente degli "artisti" o "macchinisti" o "meccanici" della Specola, come sono via, via chiamati, a partire dal '700. La cosa appare piuttosto singolare, se si pensa all'importanza fondamentale che la meccanica e l'ottica hanno anche nello sviluppo dell'Astronomia e della Geodesia, ed al fatto che, fino al primo ottocento, molti problemi di strumentazione sono risolti direttamente dal macchinista della Specola, in stretta collaborazione con gli astronomi.

Il primo strumento utilizzato dai P.P. gesuiti Pasquale Bovio e Domenico Gerra, per misurare le posizioni della cometa da loro scoperta, nel 1760, osservando dal Palazzo di Brera, è opera di un artigiano milanese. Purtroppo tuttavia questo strumento, anche se costruito sotto la guida del Gerra, persona dotata di talento per la meccanica pratica, non corrisponde alle aspettative. Infatti nella seconda metà del settecento, non si trovano a Milano laboratori in grado di costruire strumenti di qualità e dimensioni adatte alle misure delle posizioni degli astri. D'altronde, è noto che lo stimolo a sviluppare strumenti per misurare angoli e pertanto dotati di cerchi graduati adatti, nasce per soddisfare, in buona parte. proprio le necessità dell'Astronomia e della Geodesia.

Questa primo infruttuoso tentativo e il nascente interesse per l'Astronomia, mostra al Rettore del Collegio di Brera l'opportunità che, nell'allora nascente Specola, sia presente un abile tecnologo ed un astronomo "professionista". è questi il P. Louis La Grange, dal 1762, a Brera e prima all'Osservatorio astronomico di Marsiglia. Più facile è invece per Bovio e Gerra dotarsi di un orologio a pendolo che, a loro giudizio, è assai buono [EM 1777, p. 142]. Non si conosce tuttavia il nome del suo costruttore, né si hanno dati sulla qualità dello strumento.

Con la presenza di La Grange, abile osservatore e buon conoscitore di strumenti, si sente vieppiù la mancanza nella Specola di un adeguato supporto tecnologico. Quando poi, due anni dopo, Ruggero Giuseppe Boscovich arriva a Brera, con l'intento di riformare l'Astronomia pratica, inizia un esame critico degli strumenti, con nuovi metodi da lui inventati, e la presenza di un macchinista diventa essenziale. Questa carenza è colmata, nel 1772, con il trasferimento dall'Osservatorio di Vienna del Fratello gesuita Joseph Megele (1740 – 1816).

L'anno successivo, con la soppressione dell'ordine dei Gesuiti, la Specola passa sotto la diretta Amministrazione austriaca. Nel quadro delle riforme nel Lombardo – Veneto, l'imperatrice Maria Teresa istituisce, nel 1776, la prima accademia scientifica, la Società Patriottica "per promuovere l'agricoltura, le buone arti e la manifattura". Da essa deriva l'attuale Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti, e nell'elenco dei "Soci Sedenti" della Società (ossia residenti in Milano), accanto ai nomi di "Giuseppe Parini professore di Eloquenza", di "Pietro Moscati professore di Chimica e Ostetricia", di "Paolo Frisi, professore di Matematica" si legge il nome di "Megele, Macchinista alla I.R. Specola".

A prima vista, la cosa può apparire singolare; occorre tuttavia tener presente che, in quegli anni, la presenza di un macchinista, in un istituto anche di livello universitario, non è prassi usuale. Infatti il macchinista è un costruttore di macchine, nel senso più ampio della parola, perché assomma, in sé, capacità sia inventive che di progettazione e realizzazione.Per questa ragione, nel 1774, l'ammontare dello stipendio di Megele è superiore a quello del primo astronomo direttore [AOB, C41, 154], a riprova della considerazione in cui è tenuto il suo ruolo. Infatti di Megele. così scrive l'astronomo Angelo Giovanni De Cesaris (Cesaris) il quale, assieme ai suoi colleghi di Brera, lo ha quale prezioso collaboratore:

"cuius cum opera intuemur, non admodum Gallos et Britannos artifices desideramus".

Una situazione simile si riscontra, anni dopo, alla Scuola militare di Modena, istituita da Napoleone Bonaparte, dove è macchinista Annibale Beccaria, fratello del celebre Cesare. In quegli anni i due Beccaria, assieme al milanese P. Paolo Frisi, studiano la riforma dei pesi e delle misure dello Stato di Milano. Pure Annibale Beccaria, come Megele, percepisce uno stipendio superiore a quello dei suoi colleghi professori [Giornale di Fisica 29, 97; 1998]. L'opera di maggior prestigio che impegna i primi costruttori di strumenti geodetici ed idrometrici è legata alla realizzazione del Catasto teresiano la cui formulazione teorica è opera di Giacomo Marinoni, matematico e direttore dell'Accademia militare di Vienna.
Più dettagliate informazioni sui macchinisti braidensi si ricavano invece dai documenti conservati all'Archivio storico dell'Osservatorio.

Compiti specifici del "macchinista" della Specola di Brera

Il Piano della Specola [Acta Excerpta; 1772] contiene una prima indicazione di tali compiti: "… aggiustare e mettere alla perfezione tutti gli orologi della specola" e, nel Regolamento, elaborato dall'Amministrazione austriaca, qualche anno dopo, quando l'Osservatorio di Brera è associato all'Università di Pavia, questi doveri sono meglio precisati:

"Il macchinista ha cura degli orologi e degli altri strumenti e ne fa la pulitura e le riparazioni necessarie ogni volta che ne è avvisato da uno degli astronomi. Tiene degli allievi che istruisce nelle cognizioni e nella fabbrica delle macchine astronomiche e geografiche".

La giusta preoccupazione che non vadano perse le acquisizioni tecniche e la sua esperienza, e che anzi sia creata una scuola di meccanica nella quale siano istruiti gli allievi, al fine di assicurare una continuità nelle funzioni svolte all'Istituto, è pienamente recepita in queste norme. In effetti, Megele fonda a Brera una scuola e, nei decenni seguenti, la trasmissione delle conoscenze tecniche avviene poi da padre a figlio o comunque in ambito familiare.
Infatti a Carlo Grindel, discepolo di Megele, subentra il figlio Francesco; ed a Giuseppe Kohlschitter succede Leonardo Milani, suo allievo e poi genero; dopodiché al Milani segue il figlio Carlo: tutte queste persone gestiscono l'officina di Brera, per oltre un secolo e mezzo, con risultati che si possono dire, a ragione, di vera e propria eccellenza.
Fino alla prima metà dell'ottocento, il macchinista lavora solo in parte per la Specola, perché attento allo sviluppo tecnologico, è sensibile alle istanze, in rapido aumento, del mondo manifatturiero milanese. A tutte queste istanze, nella seconda metà dell'ottocento, risponde infatti il macchinista di Brera Carlo Dell'Acqua il quale, dotato di qualità manageriali, diventa un personaggio di primo piano nella allora nascente industria ottico-meccanica milanese.
In questo modo, fino al primo ottocento, l'officina della specola di Brera è un punto di riferimento in Milano, per la meccanica di precisione e, in particolare, per l'orologeria. In quegli anni, oltre a Megele ed a Grindel, in Lombardia, sono attivi Luigi Consonni, Pasquale Cittelli, Luigi Longoni, Radice e Saluggia; alcuni di loro, per la loro abilità, si avvicinano a Trougton ed a Reichenbach, i più famosi artefici del tempo [Bibl. It. 21, 313; 1821].

Giuseppe Megele

Giuseppe Megele è nato nel 1740 [AOB, C81] ed esercita l'arte dell'orologeria, prima di farsi gesuita laico, presso la Specola di Vienna, diretta dal gesuita P. Giuseppe Liesganig, matematico, astronomo, ottico e cartografo [AOB, C73; 15.08.1772]. Chiamato a Milano nel 1772, quando è creata l'officina della Specola, salvo un'interruzione di due anni, lavora alla stessa per oltre quarant'anni fino al 1816, anno della sua morte, [AOB, C22, 101 e C376].

Sulle circostanze relative alla sua assunzione alla Specola di Brera si hanno precise informazioni. Infatti il rettore del Collegio di Brera, sin dal 1762, si rivolge al suo confratello Liesganig, per aver consigli, riguardo all'istituzione della Specola. Solo qualche anno dopo, il Liesganig propone l'assunzione, nell'appena sorto osservatorio milanese, di un abilissimo artefice, come si legge nel "Piano della Specola compilato sulle diverse Memorie avute e segnatamente su una del celebre Boscovich", nella trascrizione del bibliotecario Luraschi [AOB, AAV 1, n.16]:

"Il Padre Liesganig in Vienna ha allevato due Fratelli Laici Gesuiti, che sotto la di lui direzione hanno eseguito a spese del Collegio medesimo stromenti fini, per uso tanto della sua Specola, assai bene corredata, quanto delle diverse inconbenze ed operazioni geodetiche, nelle quali per ordine della Corte viene adoperato. I detti Laici hanno fatto moltissime opere, ed anzi il più giovane di essi, ed il più capace, che si chiama Megele, per mancanza di lavori era stato destinato ad altre incombenze. Se i Gesuiti di Milano volessero procurarne il trasporto, cosa che forse facilmente potrebbero ottenere, esso sarebbe in grado, senza una spesa sensibile, di rimettere tutti gli strumenti e servire alla costruzione esatta di altri nuovi. Potrebbe di più allevare qualche altro Religioso, purché fosse orologiaio di professione, come il Megele, e conoscesse già bene la natura de' lavori da fare. Attualmente i Gesuiti di questa provincia d'Austria nel Noviziato hanno un altro orologiaio, recentemente da essi vestito".

E più oltre, riferendosi sempre al Megele:

"Travaglia benissimo i micrometri, possiede il secreto delle vernici inglesi, che ha dato agli stromenti dell'Osservatorio del Collegio. … Conviene riflettere che detto Fratello conosce la sola lingua tedesca, onde vi vorrà qualche Religioso che conosce l'Astronomia di questi di Vienna, al principio per servire d'interprete" [AOB, AAV 1, n. 29].

Nel 1773, è stipulata una convenzione, per stabilire sia le prestazioni di Megele a favore della Specola di Brera, sia quelle in favore dei Gabinetti di Fisica dei Licei milanesi e dell'Università di Pavia. La sua opera è subito apprezzata dagli astronomi; infatti l'anno dopo, il direttore La Grange scrive: "son habilité que nous avons eu tout le tems de conno\^itre depuis deux ans qu'il travaille pour nous, jointe à la bont èdesouvrages qu'il nous a faits, meritoit bien qu'on lui rendît cette justice. Sur la fin de l'année prochaine 1775, il aura achevé la plu part des pièces que nous attendons de lui pour compléter l'ameublement de cet Observatoire. On pourra alors s'adresser à lui pour toutes sortes d'instruments d'Astronomie, de mecanique et surtout pour les horloges à pendule et autres. Nous ne doutons point qu'on n'ait lieu d'être content de ses services autant que nous le sommes nous mêmes, sans-compter la satisfaction qu'on aura d'ailleurs en voyant qu'il ne les fait pas payer trop cher" [E.M. per il 1775, p. 158].

Nell'elenco degli strumenti serviti alla misura della base geodetica di Nossate – Somma su cui si appoggia la Carta della Lombardia, operazione eseguita nell'estate del 1788, si legge: "Tutti questi strumenti sono predisposti o realizzati dall'artista dell'osservatorio Giuseppe Megele, il quale per più precise operazioni geodetiche – astronomiche realizzerà un quadrante azimutale di due piedi di raggio".

Già nel 1784, Megele costruisce un quadrante portatile di un piede e mezzo di raggio, con il treppiede di supporto in legno, utilizzato in quelle operazioni. Preziosa è poi l'assistenza da lui prestata agli astronomi; infatti in una lettera si legge: “Il Governo concede a Megele 24 zecchini per la sua partecipazione alle misure per la Carta della Lombardia, durante la quale, oltre alle misure per la base, ha aiutato un astronomo nelle triangolazioni” (AOB, AAV; 23.06.1792).

Scrive Giovanni Virginio Schiaparelli che la misura della base è una "operazione geodetica da riguardarsi come prodigio di esattezza per quei tempi". Infatti un controllo, eseguito con il metodo satellitare GPS, ha fornito un valore che si discosta dall'antico di soli 37 cm, differenza in buona parte dovuta ai successivi raccordi tra le antiche unità di misura e le nuove [G. Bezoari, A. Selvini: Controllo con metodo satellitare della storica base di Somma, Rivista del Dipartimento del Territorio n.2, 1995].

Tuttavia con il passar degli anni, sorge un certo attrito con gli astronomi i quali si ritengono trascurati a causa dei troppi impegni esterni di Megele, tanto più che l'attrezzatura d'officina è di proprietà della Specola. Probabilmente per questo motivo, Megele torna a Vienna, nel febbraio 1792, ove è nominato macchinista aulico, con uno stipendio annuo di 800 fiorini [AOB, C10; 1792]. Nella sua assenza, a Brera, lo supplisce Cristoforo Scalvini.

Megele torna a Milano nell'ottobre del '93, con uno stipendio di L. 2250 / anno (quello di Barnaba Oriani è di L. 2700), al quale si aggiunge la pensione di ex gesuita laico [AOB, C84]. Il Governo non ritiene necessario assumere stabilmente Cristoforo Scalvini, mentre acconsente che Megele, come già in passato, si serva saltuariamente dell'aiuto di un macchinista esterno.

La Relazione del 1798 degli astronomi al Governo descrive in dettaglio i lavori svolti nell'officina in favore della Specola: "Megele sta costruendo un pendolo a compensazione, giusta una nuova costruzione dell'Arnold. Poi costruirà un circolo ripetitore di Borda simile a quello che già esiste nella Specola. Il tempo stimato per questi lavori è rispettivamente di tre mesi e di un anno. Dovrà poi curare il trasporto e la messa in funzione degli strumenti del Cagnoli". Questi strumenti erano stati assegnati all'osservatorio milanese, dopo la soppressione della specola, in Verona, del matematico ed astronomo Andrea Cagnoli [AOB, C10 f.24].

Al Concorso annuale dei premi d'industria, da poco istituito da Napoleone, e che tiene le sue sedute, per qualche tempo, ad anni alterni, a Milano presso l'Istituto Lombardo ed a Venezia, Megele presenta alcuni apparecchi, costruiti nella sua officina [Atti della premiazione, vol. I, p. 11; 1805]:

- una tavola pretoriana, con bussola da calamita;
- un traguardo a cannocchiale;
- un livello, a bolla d'aria;
- un livello, a cannocchiale, da applicarsi allo stesso piede;
- un mezzo metro, diviso in 500 parti;
- una scala logaritmica;
- un compasso grande, a punte rimesse;
- un compasso, a punte fisse.

Già settantacinquenne, Megele presenta poi al concorso due grafometri, due misuratori d'angoli ed un orologio a pendolo, ed è premiato con medaglia d'argento per un secondo orologio con la seguente motivazione, a riconoscimento del ruolo da lui avuto nello sviluppo della orologeria: "Il macchinista del Cesareo Regio Osservatorio di Milano, signor Megele, presentò un orologio a compensazione, che segnava il tempo medio ed il tempo vero, i giorni ed i mesi, non trascurando neppure ogni quarto anno il giorno intercalare. L'Istituto ammirò la finezza di quest'opera, né esitò ad assegnare il premio all'autore a riguardo ancora de' suoi meriti antichi ed abbastanza conosciuti, come promotore in Milano dell'arte di lavorare perfetti orologi ed altre macchine ad uso dell'Astronomia" [Atti della premiazione vol. II, p. 19 e 37, 1815 e vol. II, p. 83; 1816].
Alla fine del settecento i grandi quadranti murali (come quelli di Canivet e di Ramsden in dotazione a Brera) sono ormai superati dagli strumenti a cerchio completo la cui superiore qualità è dovuta, in buona parte, alla precisione delle gradazioni. In quegli anni, si afferma, per la sua affidabilità, la macchina per la divisione interamente meccanica dei cerchi, inventata da J. Ramsden, [C. Singer: Il Rinascimento e l'incontro di scienza e tecnica, p. 646]. Alla fine del settecento, Megele utilizza due di queste macchine, per incidere scale lineari e circolari, di modeste dimensioni, da lui costruite.
Avvertendosi tuttavia la necessità di avere una macchina per dividere cerchi di dimensioni maggiori, il senatore Moscati, direttore generale della P.I. del Regno d'Italia, nel 1804, incarica Megele di studiare la costruzione di una macchina a dividere di Ramsden per cerchi di raggio fino ad un metro. Questa macchina è sufficiente anche per strumenti astronomici di grandi dimensioni e, per costruirla, nel 1805, Moscati stanzia ben 2000 lire [AOB, C3; 20.02.1805]. E nella Relazione al Governo, per il 1805, Cesaris scrive:

"Il macchinista Megele si è occupato principalmente della celebre macchina di divisione del Ramsden, eseguita esattamente in legno nelle sue vere dimensioni. Se si potesse ottenerla in metallo, la Specola avrebbe una delle macchine più utili per la costruzione di tutti gli strumenti astronomici. Ma ci tiene indecisi sull'ordinargliene l'esecuzione il riflettere alla spesa che sola richiederebbe la dotazione di un biennio" [AOB, AAV 11, f. 25; 1805].

Due anni dopo Moscati concede un ulteriore finanziamento di 1500 lire, poiché a tale data il lavoro sembra già ben avviato [AOB, C 73; 11.04.1807] ed infatti Cesaris, nell'annuale Relazione, scrive:

"Il macchinista si è occupato principalmente della macchina di divisione. Ha assistito alla fusione dei tre grandi pezzi che V.E. (Moscati) ha veduto riusciti assai bene. Ha disposto un ampio e robusto tornio per lavorarli e siamo desiderosi che dall'opera ora solo sgrossata si passi alla parte più fina" [AOB, AAV 11, f. 25; 1807].

Sembra tuttavia che questo strumento sia rimasto incompiuto. Infatti due anni dopo, all'Istituto Lombardo è premiato, con medaglia d'oro, il cremonese A. Ravizza, per la costruzione di una macchina di Ramsden, "presentata per la prima volta al concorso", più piccola di quella in lavorazione a Brera, per cerchi fino a due piedi di diametro.
La commissione giudicatrice dei premi che comprende Moscati, Oriani e Cesaris, propone poi al Governo di finanziare il perfezionamento di questo strumento "cotanto necessario" [Atti della premiazione, vol. I, p. 106;

1810]. Qualche anno dopo, l'I. R. Istituto assegna egual premio al milanese Cittelli, per una macchina a dividere adatta per "circoli astronomici pari in grandezza a quelli che si costruiscono dai più celebri artisti di Londra e di Monaco" [Atti della premiazione, vol. II, p. 49; 1816].
Inoltre per il gabinetto di fisica dell'Università di Pavia, Megele costruisce una parallattica portatile, modificata dal suo allievo Carlo Grindel, anni dopo [Bibl. Ital. Tomo LXXIV, 456; 1834].
Infine per quanto riguarda i suoi apprendisti o collaboratori esterni, negli Atti dell'Osservatorio, si legge:

"Il Governo ordina agli artisti Megele e Giusti la costruzione di un orologio" [AOB, C73; 13.5.1786].

In particolare, Scalvini è aiuto macchinista di Megele, dal 1787, e lo supplisce nel 1792 – 93, quando Megele è macchinista all'Università di Vienna [AOB, C376], continuando a collaborare con Megele, dopo il suo rientro, da Vienna. Probabilmente in quegli anni, formatosi alla scuola del Megele, lo Scalvini costruisce un pendolo, a lungo usato nella Specola.

Strumenti tuttora esistenti

L'officina della Specola, già in alcuni locali, nel Palazzo di Brera, siti probabilmente nel cortile dove ora (1996) sorge la centrale termica, non esiste più. All'Osservatorio milanese sono invece conservati:

- uno strumento dei passaggi;
- due montature di cannocchiale, con ottica di Dollond;
- un quadrante mobile, di 49 cm di raggio, con armatura in ferro, lembo graduato in ottone ed un treppiede in legno, impiegato nelle misure topografiche per la Carta della Lombardia;
- un quadrante, di due piedi di raggio, con piedi di ferro a viti calanti che serve nelle operazioni di raccordo, alla base geodetica del Ticino, dei vertici dei triangoli principali,
- le aste per la misura della suddetta base;
- il pendolo costruito da Megele, sul modello del pendolo principale della Specola, opera dell'inglese Arnold (purtroppo andato disperso circa quaranta anni fa).

anche se questi apparecchi sono parzialmente incompleti.
Al Collegio barnabita di Lodi, già Collegio degli Angeli di Monza, si conservano poi:

- la macchina a dividere lineare;
- la macchina a dividere circolare, costruiti attorno al 1790.

Un piccolo strumento geodetico, su treppiede, alto 32 cm, datato 1779, è conservato al Liceo Volta di Como.

Carlo Grindel

Carlo Grindel è nato il 28.01.1779, a Frankenstein, vicino a Breslavia [AOB, C25, 133], e viene a Milano, nel 1806, per perfezionarsi nell'arte meccanica, sotto la guida di Megele [AOB, C41]. Nel 1808, alla morte del portiere Piantanida [AOB, C376], è nominato portiere od inserviente al Palazzo di Brera [AOB, C18, 64] e, nel 1816, succede a Megele, come macchinista (nel ruolo di portiere subentra Bordogna [AOB, C22, 101]).

Purtroppo per una operazione alla cataratta, mal riuscita, fin dal 1847, Grindel è quasi cieco, ma continua a dirigere l'officina di Brera fino alla sua morte, avvenuta all'inizio del 1854, all'età di 75 anni [AOB, C46; 5.01.1854 e AOB, C376].

In una Relazione annuale al Governo, Cesaris scrive che Grindel, già dalla sua venuta a Milano, partecipa alla vita della Specola, curando la strumentazione e costruendo apparecchi. Nel 1809, si reca a Monaco di Baviera, all'officina di Reichenbach, per ritirare alcuni strumenti, per conto dell'Osservatorio; nel 1810 assiste Oriani, a Roma, in una spedizione geodetica. La sua operosità, come costruttore di strumenti, è ampiamente documentata negli "Atti della distribuzione dei premi d'industria".

Nel 1813, Grindel è premiato, con la medaglia d'oro, per le innovazioni apportate al teodolite. La relazione allegata descrive accuratamente lo strumento; certamente essa è stesa da uno dei due astronomi, presenti nella Commissione giudicatrice, Oriani e Cesaris, i quali hanno una solida conoscenza, a riguardo, in particolare, acquisita durante le campagne geodetiche, [Atti, vol. I, p. 177; 1813]. Negli Atti, sono elencati poi alcuni strumenti del Grindel:

- un eliostata [Atti, 1815, vol. II, p. 37];
- un comparatore di misure lineari, utilizzato poi da Francesco Carlini, nelle esperienze gravimetriche, per misurare la lunghezza del pendolo gravimetrico;
- un teodolite con due circoli interi, uno orizzontale e l'altro verticale [Atti, vol. II, p. 82; 1816];
- un teodolite moltiplicatore, con circoli orizzontale e verticale;
- un teodolite ed un equatoriale [Atti, vol. II, p. 222, 1818].
- livelli a bolla d'aria smerigliati ed un eliostata [Atti, vol. III, p. 53, 1820].
- una macchina astronomica che unisce i sistemi, riflessorio e moltiplicatore, costruita sul disegno dato dal signor Ottaviano Fabrizio Mossotti (con giudizio sospeso per il premio) [Atti, vol. III, p. 172, 1822];
- un sestante ed un circolo a riflessione;
- un cannocchiale acromatico col micrometro di Rochon;
- un cannocchiale da notte;
- un microscopio a lampada;
- un pirometro, strumento che serve a misurare la dilatazione dei metalli;
- un macchina funicolare che serve, nelle scuole di fisica, a dimostrare la composizione delle forze;
- barometri, termometri ed altri piccoli strumenti [Atti, vol. III, p. 291; 1824];
- un orologio astronomico a pendolo, con contatore a secondi [Atti, vol. IV, p. 102; 1826];
- cilindri di cristallo, per uso delle macchine pneumatiche;
- un circolo meridiano portatile;
- macchine ed istrumenti diversi.

In seguito, Grindel riceve una medaglia d'argento: "per macchine pneumatiche migliorate in cui impiega cristalli nostrali. In esse egli ha per primo messo in pratica un'utile modifica suggerita dal prof. Giuseppe Belli di Pavia, mediante la quale può in questa macchina portarsi il vuoto ad un grado molto maggiore che non nelle comuni" [Atti, vol. V, p.197 e 216, 1830]. Inoltre Grindel costruisce:

- un teodolite moltiplicatore, con circolo verticale [Atti, vol. VII, pag. 100; 1841];

- una macchina pneumatica, con barometro interno, per esperienze sulla gravità dell'aria [Atti, vol. VI, p. 117; 1834];
- una macchina per osservare le posizioni delle stelle cadenti, giusta la descrizione di C. L. Littrow, astronomo di Vienna [Atti, vol. VI, p. 451; 1839].

Come previsto, nel già citato Piano della Specola, i macchinisti prestano la loro opera non solo per l'Osservatorio, ma anche a favore di altre istituzioni. Essi sono ben consapevoli delle loro capacità e del ruolo che ricoprono, nello sviluppo proto-industriale della regione, come mostra, ad esempio, un commento di Carlo Brioschi, astronomo a Brera e, in seguito, direttore dell'Osservatorio di Napoli. Infatti nel 1816, Brioschi progetta e fa costruire da Grindel una macchina a vapore e, presentandola all'Istituto Lombardo, così si lamenta di Grindel con Carlini: "Egli presuntuoso ed orgoglioso come la maggior parte dei macchinisti tutto si è voluto attribuire" [AOB, C73; 15.02.1816].

L'interesse di Grindel, nell'investigare le possibilità offerte da queste macchine è viva anche negli anni seguenti. Infatti una breve nota d'archivio accenna ad un episodio curioso: durante un esperimento, scoppia una caldaia, destando giustificate preoccupazioni, tra i presenti nel palazzo di Brera, sicché Grindel, i suoi famigliari (tre suoi figli sono meccanici) ed i suoi lavoranti sono ammoniti dall'autorità, ad una maggior prudenza, nei loro esperimenti [AOB, C41; 6.04.1838].

Giuseppe Bianchi, che ha frequentato Brera, prima di istituire la Specola di Modena, parla di un orologio, costruito da Grindel, per il suo Istituto [AOB, C110; 15.12.1819] ed in una lettera del 1820, scrive che "Grindel prepara il barometro e l'igrometro pel nuovo Osservatorio" [Giornale di Fisica 29, 231; 1988].

Nel 1826, al Grindel si deve un pendolo, con asta a compensazione, in acciaio e zinco, anni dopo, ceduto da Carlini al Liceo di Brescia, per 450 lire [AOB, C39; 1834]. In seguito, egli costruisce un barometro, di sua invenzione. In quegli anni, l'accresciuto interesse, sorto per questi strumenti, è dovuto al fatto che con lo sviluppo delle vie di comunicazione sta aumentando il numero delle livellazioni barometriche. E' questo un tema caro anche all'astronomo Carlini il quale sovente esegue tali operazioni, in particolare, nel corso del tracciamento della strada ferrata ferdinandea, nella zona del lago di Garda.

Il Gabinetto fisico dell'Università di Pavia acquisisce il Circolo meridiano portatile, costruito da Grindel, già utilizzato nelle campagne geodetico – astronomiche, nella Savoia e sul Giura, ed anche la summenzionata parallattica di Megele, perfezionata da Grindel, con nuovi cerchi graduati ed un moto, ad orologeria, per seguire gli astri. Su progetto del prof. Belli, Grindel costruisce una macchina pneumatica che raggiunge un vuoto di 1 mm di Hg [Bibl. Ital. Tomo LXXIV, 456; 1834].

Nel 1836, Grindel costruisce gli apparecchi per la misura del magnetismo terrestre, sul modello di quelli portati a Brera dagli allievi di Gauss. Gli strumenti sono poi acquisiti dall'Istituto di fisica di Pavia, con altri strumenti di sua mano, e tuttora ivi conservati [AA.VV. Guida alla mostra del Museo, Pavia, 1990].

Nel diario di Carlini, si legge poi che, nel 1849, Grindel termina un pendolo, da collocarsi nella torre del grande telescopio, il riflettore di Amici [AOB, C229, 3]. Probabilmente questo strumento è proprio il pendolo tuttora conservato nell'Esposizione di Brera, mentre un altro suo pendolo, con asta a griglia bimetallica, si trova alla Biblioteca Braidense.

Infine certamente dal suo laboratorio, nel 1852, esce la “macchinetta” analogica, ideata dal Carlini, per ottenere una soluzione approssimata dell'equazione di Keplero [F. Carlini, Giornale Ist. Lombardo, Tomo V, 1852].

Molti anni dopo, il prof. G. Gelcich, direttore dell'I.R. Accademia Nautica di Trieste, accingendosi a redigere una breve storia del suo Istituto, chiede a Giovanni Celoria informazioni su Grindel, poiché alcuni strumenti dell'Accademia triestina portano la firma: "C. Grindel, Macchinista dell'Osservatorio astronomico in Milano". Poiché la Scuola nautica è fondata da P. Francesco Saverio Orlando il quale, secondo Gelcich, "dovrebbe aver avuto i primi consigli da Milano, e forse anche ne frequentò l'Osservatorio", Gelcich chiede, se si hanno, a Brera, notizie a riguardo [AOB, C180; marzo 1904].
Nel registro in cui sono annotati le persone, frequentatrici della Specola, non compare tuttavia il nome di Orlando e neppure è registrato nei due libri che riportano gli estremi della corrispondenza degli astronomi di Brera. Acclusa alla lettera di Gelcich, è invece un elenco di strumenti, verosimilmente tratto da un inventario o da un registro dell'officina di Brera, scritto alla metà dell'ottocento. In esso, si citano:

- cinque pendoli;
- due sestanti, posti sopra tripodi e colonne di ottone;
- un grande comparatore, per lunghe misure, posto sopra cavalletto di legno;
- un barometro campione, costruito da Grindel, sotto la direzione di Carlini e del fisico Angelo Bellani;
- due barometri galleggianti.

Celoria così postilla l'elenco delle realizzazioni di Grindel: "lavorò molto; in tutti i Gabinetti di Fisica ci sono suoi lavori".
Carte d'archivio mostrano come sono, cordiali e familiari, i rapporti tra i macchinisti braidensi e gli astronomi, e forniscono anche altre informazioni sulla loro attività. Le "suppliche al governo", fatte dai direttori di Brera, per ottenere premi per i collaboratori tecnici, prima per Carlo Grindel e, anni dopo, per Carlo Bordogna, riflettono sia la preoccupazione di compensare la disparità tra le funzioni, da loro effettivamente esplicate, ed il loro stipendio, sia il timore di perdere dei valenti collaboratori. A riguardo, eloquente è la tabella degli stipendi, riportata più [AOB, C41, 154].
Il direttore Cesaris nello "Stato del personale", compilato nel 1826, annota che Grindel ha nove piccoli figlioli [AOB, C25, 133] e pare che Grindel, tutto preso dal suo lavoro, lasci alla moglie la cura del bilancio della numerosa famiglia (si spiega anche così la supplica, presentata al Governo, dalla signora Grindel, perché sia aumentato il soldo al marito).
Carlini, su invito del Governo, a fornire maggior informazioni al riguardo, invia uno scritto interessante, oltre che per le notizie sulle attività dell'officina, anche perché coglie l'occasione per proporre il ripristino della Scuola d'ottica, un tempo esistente alla Specola. Infatti si legge che il figlio maggiore di Grindel, Francesco di 22 anni, dopo aver fatti i studi filosofici:

"… ha da qualche tempo spiegato genio particolare pei lavori d'ottica; egli ha già costrutte diverse lenti acromatiche e ultimamente ha fuso da se solo e lavorato uno specchio metallico per un telescopio di 4 piedi di fuoco e 5 pollici di apertura. Sarebbe perciò cosa degna della generosità del Governo l'accordare per ora a questo industrioso giovane un assegno annuo di due o trecento fiorini coll'obbligo di somministrare all'osservatorio le lenti e gli altri oggetti di ottica che gli possono abbisognare, e di occuparsi inoltre della costruzione d'un gran rifrattore per sistema del Plossl di Vienna, e dell'apertura d'un piede. Con questo assegnamento verrebbe a ripristinarsi l'impiego di I.R. Ottico che esisteva anticamente presso questo

osservatorio per provvida istituzione dell'Augusta Imperatrice Maria Teresa, siccome ebbi già l'onore di far presente colla mia nota del di' 4 Marzo 1838, stesa a richiesta di codesto I.R. Governo. Lo stipendio poi, come già si è accennato nella nota stessa, pare che senza aggravio del pubblico erario potrebb'essere desunto dalle lire 4500 che la Direzione del legato Oriani doveva in avvenire pagare annualmente all'erario stesso in rimborso dello stipendio del secondo astronomo. Non solo l'osservatorio, ma in genere il paese trarrebbe un gran profitto da una fondazione tendente a promuovere in Milano i lavori di ottica, mentre attualmente per le opere più fini non abbiamo altro artefice che il valente Consonni, il quale disgraziatamente è giunto ormai ad una età troppo avanzata" [AOB, C41,154; 4.01.1839].

Tuttavia già nel 1826, il Governo dispone che, quando verrà a mancare il macchinista di Brera, lo stipendio relativo a tale funzione sia ridotto [AOB, C5, 10 e C25, 133].

I figli di Grindel

Con l'attuazione dell'ordine alla morte di Carlo Grindel, Carlini fa presente al Governo che, poiché a Milano l'industria è in rapida espansione, un meccanico che lavori in proprio ha lauti guadagni. In questo modo, riducendo fortemente lo stipendio, si corre il rischio che, al nuovo concorso, partecipino meccanici di scarsa abilità. Pertanto Carlini propone di limitare la proposta riduzione di stipendio, ma l'emolumento annuo passa comunque da 2366 lire a 2068 lire [AOB, C46; 12.2.1854].

Come già accennato, oltre al primogenito di Grindel Francesco, anche i fratelli Ernesto e Pietro sono meccanici nell'officina paterna dove, a giudicare dalla copiosa produzione, è verosimile che lavorino anche altre persone. Certamente l'officina è abbastanza ampia, occupa parecchi locali, nel Palazzo di Brera, e questa situazione resta immutata, per alcuni decenni, fino alla nomina a macchinista di Carlo Dell'Acqua. Francesco Grindel (1816 – 1859), figlio di Carlo, nel 1847, è ufficialmente nominato supplente al padre che ha seri problemi di vista e ne conserva l'alloggio nel Palazzo e lo stipendio. Alla morte del padre (5.01.1854) gli è rinnovata la nomina a macchinista supplente fino all'espletamento del concorso di macchinista che vince nel 1855.

Interessante è il verbale, redatto da Carlini, del concorso per titoli al posto di macchinista espletato nel 1855, un anno dopo la morte di Carlo Grindel. Lo scritto mostra il livello culturale e la preparazione tecnica degli aspiranti alla posizione di macchinista di Brera. Inoltre questo verbale offre informazioni sugli apparecchi realizzati nelle loro officine, sul mercato cui si rivolgono e, in generale, sull'ambiente dei meccanici, a Milano, all'inizio della seconda metà dell'ottocento [AOB, C47]. Infatti in quegli anni, in città, si sta sviluppando l'industria meccanica di precisione ed un personaggio di primo piano, in questo processo, è un aspirante macchinista di Brera: Carlo Dell'Acqua.

Sempre nel verbale dell'esame, riguardo Francesco Grindel, classificato primo al concorso cui partecipano anche Dell'Acqua e Bordogna, si legge:

"Ha fatto gli studi ginnasiali e quelli liceali per un semestre. Ha cognizioni pratiche del tedesco e del francese. Ha imparato l'arte meccanica nell'officina del padre presso la Specola, indi per due anni in altre officine di Vienna e Praga, congiungendo ai lavori meccanici quelli di ottica e di orologeria. La sua attività è certificata dal segretario dell'Istituto Lombardo e dal direttore dell'Ufficio Centrale di meteorologia e magnetismo in Vienna" (ovvero Carlo Kreil, astronomo a Brera, anni prima) [AOB, C47, n. 2269 e n. 2272].

Lavori eseguiti per la Specola:

- un barometro a comparatore, con pozzetto mobile e traguardi a cannocchiale;
- altri barometri, di diversi tipi, termometri ed igrometri;
- ricostruzione di uno Strumento dei passaggi e rifacimento del suo circolo con divisioni;
- nuovo montaggio dell'equatoriale di Sisson;
- rilavorazione di specchi telescopici e lenti per cannocchiali;
- costruzione di pendoli semplici, di apparati e modelli per spiegazioni di Astronomia e di un comparatore a microscopi;
- costruzione di due macchine orarie meteorologiche.

Lavori per altri Stabilimenti:

- varie macchine meteorologiche per la Specola dell'Università di Praga;
- una grande macchina, equatoriale ed azimutale, con cannocchiale acromatico, per il Liceo Bagatta di Desenzano, commissionata dal prof. Zugliani;
- una macchina parallattica, con circoli di due piedi, per il Collegio dei Convittori di Monza (probabilmente ordinata dal fisico P. Giovanni Maria Cavalleri);
- altra macchina simile per il S. Alessandro di Milano;
- teodoliti vari, fatti per le livellazioni della strada ferrata ferdinandea;
- macchine pneumatiche, elettriche e magnetiche, per uso di vari Gabinetti liceali di Milano ed altrove.

Si è già accennato alle precoci attitudini, per i lavori di ottica, di Grindel che, non ancora diciottenne, presenta al Concors,o per i premi d'industria, un "microscopio a riflessione con lenti obbiettive acromatiche" [Atti, 1834, vol. VI, p. 117]. Qualche anno dopo, è premiato con una medaglia d'argento, con la seguente motivazione:

"Un giovane dedicatosi con tutto fervore all'ottica pratica corse l'aringo pei premj d'industria con un cannocchiale acromatico dialittico di 4 piedi di fuoco e 47 linee d'apertura da lui costrutto giusta i moderni metodi di Littrow e Rogers. Per la pulitura delle lenti e la distruzione dei colori questo acromatico regge al confronto de' migliori di Londra e di Monaco, rimanendo però il desiderio di maggior perfezione nel distinguimento, difetto per altro non irreparabile, ed al quale l'artefice potrebbe di leggieri andare incontro. Non senza pregio riuscendo il cannocchiale di Francesco Grindel, a premio ed a titolo d'incoraggiamento gli fu statuita la medaglia d'argento".

Nel discorso inaugurale della premiazione, Carlini, presidente della Commissione, afferma che questo cannocchiale era il primo acromatico dialittico costruito in Italia [Atti, 1839, vol VI, p. 387 e 419]. Nello stesso anno, Grindel espone anche un livello con alcune migliorie [Atti, 1834, vol. VI, p. 451].
Inoltre Grindel si interessa alla nascente tecnica telegrafica; infatti tra gli strumenti presentati al Concorso del 1845, figura un apparato per la telegrafia elettromagnetica, operante con un sol filo, progettato dal prof. Luigi Magrini, in Milano, ed eseguito dal macchinista Grindel [Atti, 1845, vol. VII, p.354].

Due anni dopo, riceve la medaglia d'argento, per una macchina oraria meteorologica che segna l'altezza del termometro e del barometro, e la direzione del vento [Atti, 1847, vol. VII, p. 423].
Nel 1855, Carlini propone all'Istituto Lombardo che Grindel sia premiato per un teodolite costruito sul modello di quello di Reichenbach, sito nella Specola, e per una macchina a dividere, per cerchi, fino a tre piedi di diametro, in corso di realizzazione. Nello stesso periodo, Grindel sta pure rilavorando uno specchio dell'ottico modenese Gualtieri, di proprietà della Specola [AOB, C231,7].
Sempre nel 1855, Carlini è contattato dal liquidatore dell'officina di Ignazio Porro che sta trasferendo la sua attività da Torino a Parigi, per sapere se uno dei figli di Carlo Grindel vuole acquisire la sezione strumenti scientifici dell'officina, dimostrando che a perizia, nell'arte meccanica dei Grindel, è ben nota anche al di fuori della Lombardia.
Carlini risponde che il figlio maggiore Francesco supplisce il padre nella Specola.
Il secondo figlio Ernesto costruisce macchine per la ferrovia (da tener presente che Carlini è, per qualche tempo, nel Comitato direttivo della Società per la costruzione della ferrovia ferdinandea) e potrebbe essere interessato alla gestione dell'officina torinese, ma non ha i capitali necessari per l'acquisto [AOB, C136; 23.07.1847].
Il terzo figlio Pietro sta per essere assunto come custode (con funzioni di meccanico) nel Gabinetto di Fisica dell'Università di Pavia [AOB, C46; 27.10.54]. Dalla lettera di presentazione per Pavia del Carlini, si apprende che Pietro si forma professionalmente nell'officina paterna, supplendolo nelle osservazioni meteorologiche. Francesco Grindel muore nell'aprile '59, dopo una lunga malattia, durante la quale lo supplisce il suo aiuto Domenico Rusconi che il direttore Carlini propone di pagare con i fondi residui del legato Oriani [AOB, C50, n. 2600].

Carlo Dell’Acqua

Carlo Dell'Acqua, nato nel 1805, è nominato macchinista supplente il 15.5.1859, alla morte di Francesco Grindel [AOB, C229, 4]. Al momento della nomina, presta la sua opera alla Scuola di Fisica, presso il Ginnasio superiore di S. Alessandro [AOB, C74; 30.04.1859]. Nello stesso anno, Dell'Acqua vince il concorso per Brera e conserva la posizione di "macchinista", sino a quando passa a riposo, il 25.02.1870. Nel verbale del concorso del '55 si legge:

"Carlo Dell'Acqua, vedovo con tre figli. Ha fatto gli studi ginnasiali. Conosce il francese. Macchinista al Gabinetto di Fisica del Ginnasio liceale di S. Alessandro è favorevolmente conosciuto come fabbricatore di macchine fisiche. Presenta una lettera molto onorevole della Direzione di questo Istituto”.

Su invito di Carlini a produrre una documentazione attestante la sua attività, Dell'Acqua cita come referenze i professori Belli, Magrini e Cavalleri, ed aggiunge un suo commento:

"nel ramo strumenti geodetici, che da moltissimi anni vanno sempre più producendosi nella mia officina, forniti ben anco di dilicate divisioni con suddivisioni del grado e con nonii, ebbi la compiacenza di vederli costantemente ben accetti dai sig. Ingegneri che me li hanno commessi".

L’intestazione di due sue lettere a Carlini, datate 1855, riporta:

"Carlo Dell'Acqua fisico-macchinista. Premiato più volte con medaglie d'argento e d'oro, fabbricatore di ogni sorta di macchine ed apparati riguardanti la Fisica, la Telegrafia, l'Astronomia, la Matematica, la Geodesia, ecc. S'incarica della posizione di Parafulmini, loro restauro e manutenzione anche sulle Chiese e Palazzi delle Province e dell'estero. Tiene la sua Officina presso il Liceo di Sant'Alessandro, Piazza s. Gio. alla Conca in Milano".

Dell'Acqua afferma poi d'aver costruito pluviometri, anemoscopi, anemometri, sismografi e fotometri per i Municipi di Como, Vercelli e Parma, inoltre su invito del prof. Veladini, apparecchi geodetici per gli ingegneri e strumenti di alta Geodesia, per la Casa Confalonieri. Ad un'ulteriore richiesta di Carlini, se abbia costruito anche lenti di cannocchiali o microscopi e fino a che dimensioni può costruire dei cerchi graduati, Dell'Acqua risponde che dispone di una macchina a dividere per cerchi fino ad un metro di diametro.
Dell'Acqua acquista le lenti per gli apparecchi che costruisce a Vienna od a Monaco di Baviera, oppure a Parigi, ma anche da un ottico milanese (un certo Consonni padre), non trovando tornaconto ad eseguirle in proprio, perché troppo scarsa è la domanda. Tuttavia aggiunge che, se necessario, si sente in grado di intraprendere questo lavoro e che comunque ha già costruito strumenti di ottica e, in particolare, alcuni per la polarizzazione della luce, grazie anche agli insegnamenti del P. Cavalleri. Ben fiducioso nelle sue capacità, Dell'Acqua continua così:

"Infatti quali difficoltà si presentano ad un macchinista che conosca l'arte sua, che non possano con mezzi, perseveranza ed attenzione essere superate? Non sono io stesso un allievo del celebre Cittelli, che lavorava solamente strumenti astronomici e geodetici? Sopraggiunsero i telegrafi, strumenti dilicatissimi e non alla portata di tutti, pure superai tale difficoltà in maniera di aver commissioni da tutti i Governi d'Italia e qualcuno anche fuori".

Secondo quanto scrive Angelo Salmoiraghi, la Casa Cittelli, a Milano, è la sola che, nel periodo 1830-50, costruisce strumenti per l'ingegneria, pur dovendo ricorrere a Parigi per le loro parti ottiche [Atti della prima manifestazione nazionale ottica, Padova 1927]. Dell'Acqua, risultato secondo nel concorso a Brera, espletato nel '55, è poi vincitore nel concorso, espletato nel '59, sempre presieduto da Carlini, dove partecipano altre due persone. Infatti nella relazione di Carlini, sul concorso [AOB, C51;26], si legge:

- Carlo Dell'Acqua, "sulla sua abilità nella costruzione di macchine di alta Geodesia non ho potuto togliermi ogni dubbio giacché il prof. Veladini (allora docente di fisica al S. Alessandro) mi ha riferito che lo strumento costrutto per la Casa Confalonieri è un semplice grafometro e non un teodolite. Il concorrente però ci assicura che presentandosi i committenti egli saprebbe costruire istrumenti anche di specie diversa da quelli da lui finora lavorati".

- "Antonio Bordogna, di anni 45, ha fatto studi ginnasiali, di ornato e di Architettura, è inserviente meccanico al Ginnasio liceale di Porta Nuova. Ha collaborato con la Specola nelle osservazioni meteorologiche e magnetiche. Imparò l'arte meccanica a Milano sotto il Longoni ed a Torino sotto il Barbanti. Ora col padre costruisce compassi ed altri arnesi per disegno. Egli potrebbe essere terzo fra i proposti quando però non vi fosse la circostanza della parentela col Portiere" (del Palazzo di Brera).

- “Antonio Tacchinì, di anni 33, di Pavia, ha fatto le scuole elementari e di disegno. Conosce la sola lingua italiana. Sembra distinguersi tra i tornitori per molto ingegno, come comprovano gli attestati di cinque professori dell'I.R. Università di Pavia, onde potrebbe avere l'attitudine a divenire un abile costruttore di macchine astronomiche. Costruisce strumenti di fisica”.

Gli Atti dei Concorsi ai premi d'industria forniscono altre notizie sulla attività di Dell'Acqua ed illustrano la molteplicità degli interessi tecnologici da lui coltivati. La ditta Stefano Ceruti e Carlo Dell'Acqua è premiata, con medaglia d'oro, per un mannequin, introdotto dalla Francia in Lombardia, migliorandone la fabbricazione [Atti, 1828, vol. V, p. 51]. Ceruti e Dell'Acqua espongono anche un trapano, ad uso degli scultori, per forare i marmi [id., p. 92].

Dell'Acqua riceve menzioni onorevoli per una calamita, destinata alla produzione delle correnti e delle scintille elettriche [Atti, 1834, vol. VI, p. 58], per processi di doratura sull'argento e di incrostatura di rame sui fili di ferro ad uso di parafulmini con il metodo di Jacobi e di De la Rive [Atti, 1841, vol. VII, p. 58]. Altre menzioni, per un nuovo tipo di valvole meccaniche, applicabile alle macchine pneumatiche, per un termometro di Breguet, da introdursi nel circolo voltaico, e per un coltello microtomo [Atti, 1845, vol. VII, p. 283].

Inoltre Dell’Acqua che, nel frattempo, è divenuto macchinista al Liceo S. Alessandro, "per migliorate condizioni delle valvole meccaniche applicate agli stantuffi delle macchine pneumatiche" [Atti, 1847, vol. VII, p. 412], è premiato, con una medaglia d'argento, "per semplificazione delle macchine pneumatiche e per applicazione di valvole meccaniche ad uno degli stantuffi”, perché si raggiunge un vuoto di 2.5 mm, con questo perfezionamento [Atti, 1851, vol. VII, pag. 497].

Infine Dell'Acqua incomincia ad interessarsi anche di telegrafia e, nel 1851, dona al Gabinetto tecnologico dell'I. R. Istituto Lombardo un telegrafo elettro-magnetico di Morse.

Altre notizie sulla successiva attività del dinamicissimo Dell'Acqua informano che, nel 1861, è nominato Membro della Giunta metrica per la Provincia di Milano, e ha l'incarico di attuare l'introduzione, in questa provincia, del sistema metrico decimale. Presidente della Giunta è Schiaparelli [AOB, C140; 20.11.1861 e 29.12.1861], continuando così e concludendo un compito tradizionale per la Specola. Infatti circa mezzo secolo prima, durante il Regno Lombardo – Veneto, la Commissione, istituita per gestire lo stesso compito, è presieduta da Carlini e, prima ancora, in età napoleonica, da Oriani.

In seguito, Dell'Acqua è nominato socio in alcune Accademie Scientifiche d'Italia, Francia ed Inghilterra, e cavaliere dell'ordine dei SS. Maurizio e Lazzaro, nel 1865 [AOB, C376]. Dalla relazione sulla sua attività per il 1862, richiesta da Schiaparelli al personale della Specola, appare evidente che le sue prestazioni, per la Specola, sono una parte minima del lavoro da lui svolto [AOB, C140;17.9.1863].

Da quel documento, si apprende anche che Dell'Acqua partecipa alla missione degli industriali, inviati in Inghilterra, dal Consiglio Provinciale di Milano, in occasione della Mostra universale di Londra, nel 1862, come rappresentante degli operai e dei capi fabbrica. Ricopre poi, per quattro anni consecutivi, la carica di presidente dell'Associazione generale degli Operai di Milano, comprendente oltre 6.000 operai, appartenenti a tutte le arti ed i mestieri.

Per conto della Prefettura, di Tribunali e Preture, svolge poi incarichi di perito per disturbati privilegi, per visite di macchine, di opifici, per la Giunta metrica, ecc. Inoltre presenta, all'Ateneo, alcune memorie, per nuovi apparati elettromotori, altre riguardanti le case d'affitto ed ammortizzabili degli operai, ecc.

Nell'ambito della sua attività alla Specola, nel 1863, Dell'Acqua aiuta Curzio Buzzetti, nelle misure magnetiche assolute, fatte in alcune stazioni sussidiarie, allestite in Milano [E.M. 1865, appendice] ed apporta anche qualche modifica al magnetometro di Gauss, proteggendo con un tubo di vetro il filo di torsione dello strumento (attualmente conservato a Brera). In questo stesso ambito, riduce a centesimali le scale degli strumenti meteorologici, prima espresse in pollici francesi od inglesi, esegue poi una pulitura generale del circolo, del teodolite di Reichenbach, dei vari orologi e cura la trasmissione, via telegrafo, del segnale di mezzodì, dall'Osservatorio al Municipio ed al Duomo.
Dopo l'Unità, su ordine del R. Ministero dell'Istruzione pubblica, Dell'Acqua fornisce strumenti di fisica e di meccanica ai Licei di Modena, Faenza, Cesena e Fermo; forniture minori sono fatte anche ai Licei e alle Scuole tecniche di Ancona e Bologna, Scuola nautica di Genova, ecc.
All'Istituto di Fisica di Pavia, Dell'Acqua, come i Grindel, fornisce apparecchi; infatti nel Museo dell'Università, si conservano [G. Bellodi, P. Brenni, M.T. De Luca: Guida alla Mostra "Strumenti di misura elettrici del Museo per la Storia dell'Università di Pavia. Atti del Convegno su G. Belli, Pavia 1991]:

- tre bussole galvanoscopiche (da lui firmate);
- un galvanometro, costruito nel terzo quarto del diciannovesimo secolo e firmato: "Tecnomasio Milano Longoni e Dell'Acqua";
- il motore magneto-elettrico del Belli;
- il duplicatore di Belli;
- altri apparecchi,

tutti strumenti che, in base alla tecnica di costruzione, sono riconducibili a Dell’Acqua.
L'edizione del 1863, del Catalogo, riporta circa 800 voci degli apparecchi scientifici, da lui prodotti e commercializzati. In quegli anni, la sua officina, almeno in parte, è sita a Brera. Nella dettagliata intestazione di una lettera in cui si qualifica ingegnere-meccanico del R. Osservatorio di Milano, oltre alle varie onorificenze assegnategli, alle affiliazioni accademiche, ad un cenno sulle apparecchiature costruite ed ai servizi forniti, sta anche scritto: "Tiene la propria Officina nel Palazzo di Brera, seconda corte a sinistra entrando dalla Porta maggiore".
Anni dopo, su incarico di Schiaparelli, Dell'Acqua (che, già dal 1862, con Longoni ha fondato il Tecnomasio italiano), si interessa per collegare Brera con la rete telegrafica, in vista delle imminenti operazioni di longitudine con Roma. Infatti addentro ai problemi della nuova tecnica e conoscendo la situazione generale italiana, scrive a Schiaparelli, invitandolo a consigliare P. Pietro Angelo Secchi (gesuita e professore di astronomia e di geodesia al Collegio Romano), perché solleciti il Governo pontificio, a far restaurare le linee telegrafiche di quello Stato. Nella stessa lettera, si offre di migliorare gli apparecchi automatici meteorologici della Specola ed anzi propone di azionare gli strumenti con pile vecchie, già utilizzate nella sua Ditta, "trattandosi della nostra Specola" [12.06.1868].
Gli apparecchi costruiti nel Tecnomasio riguardano i più svariate campi, dalla didattica alla elettroterapia. Tale attività cessa nel 1883, quando il Tecnomasio passa alla costruzione di macchine elettromeccaniche. Come mostra l’intestazione della lettera citata, verso la fine degli anni sessanta, l'officina si trova presso Porta Vittoria ed i depositi al Tecnomasio, nonché presso il "Socio Carlo Dell'Acqua, Ingegnere Meccanico dell'Osservatorio Astronomico di Brera".

Evidentemente l'attività industriale di Dell'Acqua si sta sviluppando rapidamente e lo spazio, offerto dai locali siti nel cortile di Brera, è insufficiente. A Brera, lo lega ormai solo un solo vincolo d'affetto, poiché un'attività, così multiforme, può consentire a Dell'Acqua una presenza alla Specola molto saltuaria.

Giuseppe Kohlschitter, Leonardo e Carlo Milani

Giuseppe Kohlschitter nasce in Boemia il 21.04.1814 [AOB, C376], non frequenta alcuna scuola professionale, ma impara l'arte dell'orologiaio in un laboratorio di Praga [AOB, C154]. Dopo tre anni di apprendistato, anziché cinque come era di regola allora tra gli orologiai di Praga, dietro esame è dichiarato lavorante orologiaio. Kohlschitter presta la sua opera prima a Vienna, poi a Venezia e, dal 1837, a Milano. Al concorso per i Premi d'industria del 1853, la commissione dell'I.L. lo premia con medaglia d'argento: "per orologio con nuovo scappamento libero a forza costante e con meccanismo per la correzione della compensazione del pendolo .... e riserva al concorrente un maggior premio ove il suo orologio risponda alle esigenze degli astronomi" [Atti I. L., vol. VIII, p. 18].

Lo scappamento, già nella raccolta di apparecchi, è un tempo custodito nel Gabinetto tecnologico dell'I. R. Istituto Lombardo. Carlini parla anche di altri oggetti, presentati da Kohlschitter, al concorso:

- un cronometro;
- un regolatore per il tempo medio, per il grande orologio della Torre di Piazza dei Mercanti,

alla cui costruzione sovrintendono Carlini e Giovanni Veladini, professore al San Alessandro. L'orologio, a partire dal 1859, è collegato, via telegrafo, con il pendolo principale di Brera [AOB, C74; 1856 e 1858]. Nel 1861, Carlini propone all'Istituto Lombardo il massimo premio, per un regolatore con scappamento a forza costante [AOB, C154, C270, 8 e C280, 8]. Nella relazione allegata, si loda anche il costante aggiornamento, sui progressi dell'orologeria, che Kohlschitter cura, raccogliendo le pubblicazioni edite in Europa su quest'arte [Atti I. L., vol. II, 362, 1861].

Nel 1869, Kohlschitter è nominato orologiaio della R. Marina e, su proposta di Schiaparelli, il 5.03.1870, diviene macchinista dell'Osservatorio, succedendo a Dell'Acqua. Nel 1871, riceve una medaglia d'argento per un Cronometro di Marina, d lui costruito. A lui è dovuto anche un interruttore, accoppiato al pendolo principale della Specola, per registrare, sul cronografo di Hipp, la scala di tempo, accanto ai segnali forniti dallo strumento dei passaggi. L'apparecchio è usato nella prima operazione di longitudine europea, cioè il collegamento con Neuchatel e con il Sempione, eseguito da Schiaparelli e Celoria, nel 1870.

In questo modo, per la prima volta, in Italia, il confronto dei tempi locali è fatto via telegrafo [Pubbl. Brera VIII, 1875].

Nel 1874, Kohlschitter monta il Merz 8" e trasforma poi ad apparati registratori un anemometro, un anemoscopio ed un pluviometro. Dopodiché nel 1877, come riconoscimento dei suoi meriti, in alcuni lavori eseguiti per la R. Marina è nominato Cavaliere della Corona d'Italia. Infine nell'esposizione nazionale del 1881, gli è conferita una medaglia d'oro, per due regolatori astronomici ed un trasmettitore, per rilevare la differenza di tempi, fino al centesimo di secondo, per uso dell'Ufficio Idrografico della R. Marina [AOB, C154].

Kohlschitter rimane a Brera sino alla sua morte, il 17.01.1882 [AOB, C 376]; tuttavia negli ultimi anni, per motivi di salute, opera solo come consulente [AOB, C58 e C154; 17.01.1882].

Leonardo Milani è allievo e collaboratore di Kohlschitter alla Specola, a partire dal 1875, e gli succede in ruolo il 26.02.1882 [AOB, C58]. Nel 1885, sotto la guida di Schiaparelli, in sei giorni, monta il Merz-Repsold 18" [AQB, C374]. Nell'Esposizione di Brera, si conserva un suo cronografo registratore, datato 1912. Collocato a riposo nel 1915, muore poi il 28.01.1918 [L. Pippa, articolo nella rivista Hora].
Così lo ricorda l'astronomo Luigi Gabba:

"Per l'onestà, lo zelo, l'intelligenza coi quali tenne sempre il governo degli strumenti dell'Osservatorio riuscì in ogni contingenza di efficace aiuto agli astronomi; alcuni apparecchi da lui costruiti attestano della sua non comune perizia" [L. Gabba: Il R. Osservatorio di Brera a Milano durante il quinquennio 1917 – 1921].

Carlo Milani, figlio di Leonardo, è nominato in ruolo come meccanico il 1.04.1915, dopo il collocamento a riposo del padre, e rimane in servizio, a Brera, fino al 1957. Secondo la testimonianza di chi personalmente lo ha conosciuto, vale anche per lui il giudizio dato dal Gabba per il padre.

Negli ultimi decenni dell'Ottocento, dal momento che l'Osservatorio può rivolgersi per le sue necessità alla fiorente industria cittadina, nelle sue molteplici specializzazioni, la figura del macchinista, che ora è chiamato meccanico e ha, al più, un solo collaboratore, perde l'importanza originaria. In particolare, nell'officina di Brera, solo in via eccezionale, si fanno lavori per altri osservatori.
Concludono questa parte le parole, rivolte da Schiaparelli agli allievi della scuola di orologeria di Milano, in occasione della premiazione fatta all'Istituto Lombardo [AOB, C153; 22.09.1883] ed è significativo il fatto che il direttore dell'Osservatorio presieda alla cerimonia, tenutasi presso l'Istituto che, sin dal primo ottocento, ha svolto una fondamentale attività promozionale, nello sviluppo della regione, con i premi biennali, per le invenzioni. Schiaparelli, con parole che appaiono come un commiato, al termine di un'epoca in cui i macchinisti della Specola hanno fama nella costruzione di strumenti, per la misura e la conservazione del tempo, inizia il suo dire, ricordando che:

"l'Astronomia non ha cominciato ad essere una scienza di precisione se non verso la metà del settecento, dopo i perfezionamenti introdotti dagli Inglesi nella misura del tempo. Dopo il telescopio, l'orologio è l'istrumento più importante nelle osservazioni del cielo. … Io mi son spesso fatta la domanda perché un'arte così bella e così interessante sia stata così sempre negletta presso di noi? Dopo l'invenzione del pendolo fatta da Galileo io non conosco alcun nome d'Italiano che abbia contribuito al suo progresso. E non solo non abbiamo avuto inventori, ma nessun costruttore tale da uguagliare la fama dei grandi orologiai esteri".

Chiedendosi poi quali sono le ragioni di questo fatto:

"Ecco: io vi dirò schiettamente quello che penso. Mancano a noi due cose: la confidenza in noi medesimi e la perseveranza ostinata nelle imprese lunghe e difficili. Un pendolo che conservi il secondo per settimane e per mesi, un cronometro che valga a trasportare in mare la longitudine, assicurando il navigante da mille pericoli, non son cose che s'impari a fare né in un anno né in due. Ebbene si tratta di cominciare: hanno pur anche cominciato gli altri. A voi che siete giovani tocca di farlo. Anche l'altra cosa, di cui dicevo, cioè la perseveranza, non dipende che da voi" [G.V. Schiaparelli, Opera omnia].

Stipendi annui del personale dell'Osservatorio di Brera

anno	1774	1813	1814	1818	1826	1838	1855	1871
1 astr.	2000	3454	3838	6000	6000	6000	6000	4800
2 astr.	1800	3454	3838	4500	4500	4500	4500	3889
1 allievo	1800	2000	2300			1350	1350	2285
2 allievo	1800	1200	768	768	900	900	900	1500
3 allievo				768	768	900	900	900
macch.	2250	2016	2442	2058	2316	2366	2068	1728
port			461	461	540	540	540	600
dotazione Oss.	1800							5000

Ovviamente nella tabella ha significato solo il rapporto delle retribuzioni per un dato anno e, a riguardo, si noti come vari via, via il rapporto tra gli stipendi degli astronomi e quello del macchinista.

Dall’officina della specola al Tecnomasio italiano

Le ragioni della scelta per cui la montatura di un cannocchiale, di modeste dimensioni, come il cercatore Merz-Cavignato 6", non è costruito dal macchinista della Specola, oppure in un'officina di Milano, ma invece dalla ditta di Padova dipende dagli indirizzi dati dai direttori, alle attività delle piccole officine, annesse alle due specole, e dipende anche dai loro interessi scientifici e da altri fattori, di carattere più generale ed anche di natura politica.

Dall'Amministrazione austriaca, la Lombardia è vista come un paese principalmente agricolo e, di fatto, in Lombardia non esistono grosse manifatture, ad eccezione di quelle del cotone e della seta, strettamente collegate all'agricoltura.

Dopodiché tra il '48 ed il '59, mentre nuovi sviluppi tecnici si stanno delineando, soprattutto oltralpe, e sempre più importanza acquista il processo industriale, l'Amministrazione austriaca praticamente blocca ogni iniziativa nascente, in una regione che mira apertamente alla indipendenza, in tutti i campi, e la cui classe dirigente si mostra sempre più insofferente della sua tutela.

A partire invece dal 1859, in Lombardia, inizia una rapida espansione dell'industria ed un quadro dettagliato della situazione dell'industria in Milano e della parte della Lombardia che gravita su Milano, nel ventennio successivo all'Unità, è esposto nella raccolta di scritti, dal titolo significativo: "Milano Tecnica dal 1859 al 1884" che contiene anche un articolo di Schiaparelli [AAVV: Milano Tecnica dal 1859 al 1884, p. 325-329 e 448-449, U. Hoepli, Milano, 1885].

In particolare, nel campo specifico dell'ottica e della meccanica fine di precisione, tra i protagonisti del suo sviluppo, in Lombardia, figurano alcune persone che, in più occasioni, sono in relazione con la Specola milanese.

Già nel 1856, il celebre Ignazio Porro scrive a Carlini, da Parigi, di aver costruito "le plus grand telescope du monde": un altazimutale, con doppietto di 52 cm di diametro e f/29. Inoltre opera del Porro è un equatoriale, con obiettivo di 24 cm, da lui offerto ad un osservatorio italiano, e che Schiaparelli vede, insieme ad altri strumenti, all'Esposizione di Parigi del 1857.

Nel 1864, dopo il suo ritorno in Italia, insieme ad alcuni imprenditori, Porro fonda il Tecnomasio Italiano, a Milano, e l'anno successivo una scuola – laboratorio: La Filotecnica. Negli stessi anni, l'Istituto Tecnico Superiore, creato da Francesco Brioschi, nel 1863, allo scopo di stabilire un diretto legame tra la scienza, la scuola e lo sviluppo industriale, attiva i corsi di laurea in ingegneria meccanica e civile, ed in architettura. A riguardo, significativo è il fatto che Porro e Schiaparelli sono tra i primi docenti nell'Istituto.

Tra i fondatori del Tecnomasio Italiano, è presente anche Carlo Dell'Acqua, dal 1859 macchinista a Brera, già meccanico preparatore di fisica al Liceo di San Alessandro. La sua multiforme attività tecnologica è ben nota, da tempo, al direttore Carlini. Il suo "Catalogo di apparati per le scienze d'osservazione ed esperienza", già nell'edizione del 1852, comprende oltre 700 nomi di strumenti e di relativi accessori, con i relativi prezzi. Nella nota annessa al Catalogo, Dell'Acqua afferma di essere in grado di costruirli o di fornirli alle istituzioni pubbliche o private, "ove si insegnano le scienze utili". L'offerta di una produzione così multiforme, offerta potenziale, dati i pochi collaboratori di Dell'Acqua, è un indice oltreché della versatilità del suo ingegno anche delle sue doti imprenditoriali.

Tuttavia una tale molteplicità di interessi ostacola una quotidiana partecipazione alla vita della Specola, ove al macchinista sono affidati anche compiti di routine. Probabilmente è uno dei motivi per cui Carlini, nel concorso a macchinista, espletato nel 1855, gli preferisce il giovane Francesco Grindel che continua la tradizione meccanica, iniziata a Milano da Megele, primo macchinista della Specola.

Come già detto, il Fratello gesuita Megele apprende l'arte dell'orologeria a Praga e poi la meccanica fine e l'ottica all'Osservatorio di Vienna. Alla scuola del Megele, cresce il suo successore Carlo Grindel, padre di Francesco, ed altri due suoi figli sono macchinisti: uno presta la sua opera nella Università di Pavia, l'altro invece si dedica al campo nascente delle macchine a vapore.

Dell'Acqua che orgogliosamente vanta di essere stato allievo dell'artefice milanese Cittelli, è invece uno dei principali rappresentanti della tradizione locale nella meccanica fine, così come Consonni lo è nell'ottica, all'inizio dell'ottocento. Nella sua attività tecnologica ad ampio spettro, si avvale sovente dei consigli e degli incoraggiamenti di studiosi, come il P. Cavalleri, socio dell'Istituto Lombardo.

L'aspirazione a diventare macchinista, negli osservatori astronomici, deriva dal ruolo di primo piano ricoperto dagli osservatori, fino al primo ottocento, ove oltre all'Astronomia, si coltiva la Geodesia, la meteorologia ed il geomagnetismo. A Milano è poi motivo di prestigio l'operare per un istituto al quale i governi, prima austriaco e poi francese, affidano compiti richiedenti un adeguato supporto tecnologico. Inoltre ha importanza il fatto che alcuni astronomi di Brera presiedano, più volte, la commissione dell'Istituto Lombardo nell'assegnazione dei premi d'industria.

A Dell'Acqua, in quiescenza dal 1870, subentra Kohlschitter, come Megele, formatosi alla scuola di orologeria di Praga ed affermatosi, da molti anni, in Italia, quale costruttore ed inventore di orologi e di cronometri. Quando questi, nel 1879, lascia la Specola, per limiti di età, è nominato macchinista Leonardo Milani, suo genero, per sette anni, già suo allievo e collaboratore.

Milani cura la messa in stazione del grande equatoriale Merz-Repsold ed ha così modo di apprezzare il livello raggiunto in Germania nell'arte meccanica. A questo livello, si contrappongono le difficoltà, incontrate dalla ditta milanese Suffert, nella costruzione della cupola, per lo stesso cannocchiale, così come, nel 1883, quando si acquisisce l'obiettivo del cercatore. In quegli anni, l'attività del macchinista della Specola è, ormai da tempo, concentrata principalmente, oltreché nella manutenzione degli strumenti, anche nell'orologeria e nella soluzione dei problemi, sorti nelle prime applicazioni, della telegrafia e dell'automazione, all'Astronomia

pratica. Infatti la padronanza delle nuove tecniche di trasmissione dei segnali è molto importante, soprattutto nelle campagne di longitudini in cui Brera è pesantemente impegnata, per vari decenni, richiedendo un costante e continuo aggiornamento.
Certamente questo fattore sconsiglia Schiaparelli di impegnare la piccola officina della Specola nella costruzione del cercatore di comete. D'altra parte, è ormai sorta in Milano un'industria che, con l'ampliarsi del mercato e lo sviluppo tecnologico in corso, va via, via specializzandosi ed alla quale gli astronomi possono rivolgersi. Di fatto, l'epoca in cui i macchinisti di Brera costruiscono apparecchi, per altri istituti o per privati, finisce con Carlo Grindel, verso la metà degli anni cinquanta dell'ottocento.

La Filotecnica

La ditta Filotecnica di Milano, con l'appoggio del deputato Giuseppe Marcora, si candida per costruire sia l'obiettivo che la montatura di un grande equatoriale, per Brera, appena conosciuta la decisione del Parlamento, nel 1878, di finanziarne l'acquisto. Proprietario della ditta è Angelo Salmoiraghi, laureatosi ingegnere nell'Istituto Tecnico Superiore ed allievo del Porro, dal quale ha rilevato la Filotecnica. Grazie alle doti d'imprenditore ed ai perfezionamenti introdotti, nella lavorazione delle ottiche, a seguito di un soggiorno all'estero, Salmoiraghi si afferma come costruttore di strumenti, soprattutto geodetici. In seguito, favorisce la diffusione di una cultura ottica con alcuni libri, conosciuti anche all'estero.
Nel 1877, una commissione dell'Istituto Lombardo, composta dai docenti al Politecnico: Felice Casorati (di geodesia), Rinaldo Ferrini (di fisica tecnologica) e da Schiaparelli (relatore), visita la Filotecnica che allora conta circa 40 operai ed è unica in Italia nel suo genere [AAVV: Milano Tecnica dal 1859 al 1884, p. 325-329 e 448-449, U. Hoepli, Milano, 1885]. I commissari apprezzano, in particolare, la bontà di due obiettivi di focale e diametro pari a quelli del Merz 8" di Brera, come mostrano varie prove, e tra queste l'osservazione di stelle doppie. Dopodiché Schiaparelli conclude la relazione della visita, con queste parole

"L'esito di un tale lavoro, di cui dopo i tempi di Amici non si aveva più esempio in Italia, basterebbe da sé solo, e indipendentemente da tutto il resto, a raccomandare questo concorrente al giudizio dell'Istituto" [Rendiconti dell'Istituto Lombardo, vol. 10, p. 616, 1877].

Confortato da queste ragioni, Schiaparelli affida alla Filotecnica la costruzione dell'obiettivo di 18" di apertura e di 8 metri di focale, per il grande equatoriale, dopo aver fissato severe specifiche. Con queste parole, Quintino Sella così commenta il felice inizio dell'impresa:

"Mi fa assai piacere che il Salmoiraghi ci riesca. Ti confesso che non ci credevo. Il refrattore servirà così anche a mettere in onore l'industria nazionale. Avrei desiderato anche di più che ti potessero servire i meccanici del paese, giacché sono più numerose le macchine nostrane, che i grandi obiettivi" [Archivio dell'Osservatorio di Brera – C 151: lettera di Sella a Schiaparelli, in data 22.05.1879].

Questa è una delle numerose brevi lettere in cui, nel suo stile conciso, Sella da all'amico consigli e informazioni, su questioni di varia natura, In calce di questa sua, accenna alla proposta, fatta ad Agostino De Pretis, di nominare Schiaparelli senatore, con queste parole: "Ma non se ne fa nulla, giacché il vecchio corruttore non nomina che gente sul cui voto possa contare".

Purtroppo il doppietto non riesce, secondo le richieste, perché la componente in crown, troppo sottile al bordo, è soggetta a flessioni. In seguito, ridotto il diametro a 40 cm, l'inconveniente sparisce e, su suggerimento dell'astronomo Pietro Tacchini, l'obiettivo è richiesto dal direttore Alessandro Dorna, per l'Osservatorio di Torino. La vicenda, ora ricordata, testimonia sia l'intraprendenza ed il coraggio del giovane imprenditore milanese, che le difficoltà incontrate allora da ogni ottico.

Dopo la rinunzia di Salmoiraghi, un obiettivo di pari diametro è commissionato alla Ditta Merz di Monaco di Baviera. Tenendo conto anche della recente esperienza di Salmoiraghi, tra i due obiettivi, di pari apertura esaminati, è preferito quello le cui componenti hanno un maggior spessore ai bordi. I doppietti di Merz hanno poi una focale di 7 metri in luogo degli 8 del Salmoiraghi, con ovvi vantaggi data la ristrettezza di spazi disponibili a Brera.

Al contrario, Schiaparelli non ha alcuna esitazione nell'affidare la costruzione del telescopio alla Ditta Repsold di Amburgo. La Filotecnica già allora ha un'ottima fama nella meccanica fine di precisione, oltreché nell'ottica, ma non possiede l'esperienza, né le macchine adatte alla lavorazione di precisione di grosse parti meccaniche. Un altro fattore di peso nella decisione deriva dalla diretta conoscenza delle ottime qualità dell'equatoriale Repsold di Pulkovo, dove Schiaparelli si è formato come osservatore.

Nell'articolo già citato, a sostegno delle ragioni della scelta, Schiaparelli precisa che gli assi orario e di declinazione non sono costruiti dal Repsold, ma dalle officine Krupp di Essen, già allora famose [AAVV: Milano Tecnica dal 1859 al 1884, p. 325-329 e 448-449, U. Hoepli, Milano, 1885]. Questa è una decisione obbligata, poiché in Milano non esistono officine di adeguate capacità, come provano anche le difficoltà, sopra ricordate, incontrate da Suffert nella costruzione della grande cupola.

Anni dopo, Salmoiraghi costruisce per l'Osservatorio del Collegio Romano uno strumento zenitale, per misure di latitudini, ed un Cerchio meridiano il cui obiettivo è uno dei due doppietti da 22 cm, appena ricordati, mentre il secondo equipaggia il cannocchiale di guida dell'equatoriale fotografico di Catania [P. Tacchini: Annali del Collegio Romano, vol. I, (1901); vol. III, (1902); vol. IV, (1904)].

Infine attorno al 1930, la Filotecnica fornisce a Brera una nuova montatura per il Merz 8", in sostituzione della originale. Poiché durante la recente revisione della primitiva montatura del Merz 8" non sono occorsi sostanziali rifacimenti, sono dubbie le ragioni di costruirne una nuova (ora esposta al Museo nazionale della scienza e della tecnologia Leonardo da Vinci, di Milano), dato che allora la specola attraversa una grave crisi di personale e, a Brera, lavorano solo il direttore Emilio Bianchi e l'astronomo Luigi Gabba.

Forse è un tentativo di Salmoiraghi per ristabilire buoni rapporti, con l'ambiente astronomico e, in particolare, con Bianchi, ricomponendo la polemica sorta per gli strumenti ottenuti dalla Germania nel dopoguerra. Avvalora questa ipotesi il fatto che, a metà degli anni trenta, una commissione, presieduta dal Bianchi, sta occupandosi della progettazione di un grosso telescopio, il 120 cm di Asiago, costruito poi dalle Officine Galileo di Firenze [Pubbl. R. Ist. Naz. di Ottica, n. 117, 1936]. Tra i principali artefici dell'impresa è presente Gino Giotti, direttore dei servizi ottici delle Officine Galileo, già astronomo a Merate, ove aveva seguito il montaggio e le rettifiche del telescopio Zeiss.

Tornando alle vicende del 6", è verosimile che La Filotecnica sia stata in grado di costruire la montatura di un telescopio, di modeste dimensioni, quale il cercatore di comete di Brera, ma che questa scelta dipenda probabilmente da altri motivi. Della commissione ministeriale per il collaudo dell'obiettivo del Merz-Repsold, fa parte Giuseppe Lorenzoni (1843 – 1914), direttore della Specola di Padova. Lorenzoni collabora con gli astronomi milanesi fin dalle operazioni geodetiche del 1870, quando è utilizzato, per la prima volta, il

"metodo elettrico", per confrontare i tempi locali. Alla nuova tecnica, dà poi un contributo, migliorando un dispositivo, per controllare il ritardo nella trasmissione dei segnali, via telegrafo (la *schaltbrett* di Oppolzer).

Giuseppe Lorenzoni

Allievo di Giovanni Santini ed autore, secondo Salmoiraghi, del miglior trattato di ottica dell'ottocento (edito nel 1828), Lorenzoni ha un'esperienza nel controllo di obiettivi, avendo operato, a partire dalla lente del Merz di Padova, come ha scritto a Schiaparelli. Lorenzoni è un eccellente astronomo teorico-pratico ed uno dei primi spettroscopisti solari. In questo campo, ha modo di mostrare le sue doti, nella scienza degli strumenti, calcolando un sistema ottico, per osservare simultaneamente con lo spettroscopio tutta la cromosfera solare, e proponendo una modifica al metodo di Secchi, per determinare spettroscopicamente gli istanti di contatto di un astro con il bordo solare.

Negli stessi anni, Lorenzoni si occupa di stelle cadenti, argomento in cui gli studi di Schiaparelli aprono nuovi orizzonti. L'osservazione di questi corpi appare via, via sempre più necessaria, per sviluppare ulteriormente la teoria sulla loro relazione con altri corpi cosmici e, nel contempo, risulta chiara la necessità di coordinare l'attività osservativa. Nasce così l'Associazione italiana per l'osservazione delle meteore luminose che è presieduta da Schiaparelli e dal P. Francesco Maria Denza.

A queste ricerche, Lorenzoni partecipa sia osservando, sia ideando e costruendo un reticolato in proiezione gnomonica che permette di rappresentare, con rette, le traiettorie rettilinee, osservate in cielo, e rende più precisa la determinazione dei radianti meteorici. Questo reticolato è poi adottato dalla citata Associazione, cosicché si parla di Lorenzoni, con grande stima, nella dettagliata descrizione degli osservatori europei, della loro storia e delle ricerche in corso, fatta da astronomi francesi, sul finire degli anni settanta dell'ottocento [G. Andrè, G. Rayet, A. Angot: L'astronomie pratique et les observatoires, vol. 5, 1878].

Nella descrizione delle attività passate e contemporanee, svolte nelle principali specole del mondo, si ignorano gli osservatori della Germania, perché l'opera è stesa poco dopo al guerra franco-prussiana del 1870. Anche nelle sue lezioni universitarie (di cui recentemente si ha una copia, forse proveniente dal suo successore Antonio Maria Antoniazzi e data, da questi, al suo allievo Francesco Zagar), Lorenzoni dedica ampio spazio alla descrizione ed all'impiego di strumenti astronomici, geodetici e gravimetrici, integrandola con un cenno storico sulla loro importanza, nello sviluppo delle scienza.

Lorenzoni è dotato di alcune qualità complementari a quelle del suo più illustre collega milanese (che Zagar chiama "il grande solitario di Brera" perché, a differenza di Lorenzoni, non crea una scuola). La sua nomina a direttore è accompagnata da quella ad astronomo aggiunto di Antonio Abetti (1846 – 1928) che, già assistente nella stessa Specola dal 1868 e, da poco, ritornato da un soggiorno di studio a Berlino, condivide con Lorenzoni l'interesse per la tecnologia.

Altra importante conseguenza di questa sua esperienza con il mondo astronomico tedesco è aver indirizzato il figlio Giorgio a perfezionarsi all'estero. Giorgio, appena laureato a Padova, vorrebbe studiare un problema, allora di grande attualità, il moto del polo terrestre, e seguire Giuseppe Ciscato nella Stazione di Carloforte, appena fondata. Invece su pressante consiglio del padre soggiorna in alcuni osservatori della Germania e poi dell'America, ove ha modo di indirizzarsi all'astrofisica.

Alla morte del novantenne Santini (1787-1877), direttore da ben 60 anni, avviene un profondo cambiamento nella gestione della Specola patavina. Santini, come i coetanei Carlini e Plana, è vissuto in un'epoca di gravi rivolgimenti politici e, durante i suoi ultimi anni, si sente vieppiù estraneo ad un mondo in rapida evoluzione.

Indicativo di questo "da lui non inavvertito stato di decadenza", come scrive Lorenzoni [G. Lorenzoni: Giovanni Santini, la sua vita e le sue opere. Padova, 1877], è un aneddoto che all'Università di Padova si racconta ancora, nei primi anni venti del novecento, quando è studente Zagar. Si racconta infatti che, vari anni dopo l'unione del Veneto al Regno d'Italia, Santini abbia iniziato il suo discorso inaugurale all'anno accademico rivolgendo un rispettoso omaggio all'imperatore Francesco Giuseppe, con grande spasso dei goliardi presso i quali questa gaffe rafforza l'immagine dell'astronomo immerso nei suoi calcoli di orbite, del tutto ormai estraneo rispetto al mondo in cui vive.
E' così comprensibile che anche l'attività dell'officina della Specola patavina risenta di questa situazione. Voluta dal suo fondatore Giuseppe Toaldo, l'officina è famosa in tutta la regione veneta, per opera di Gio. Batta Rodella, "custode della pubblica Specola e macchinista della Accademia di Padova", come si legge in un opuscolo, dove è descritto il suo viaggio d'istruzione in Inghilterra, fatto nel 1794. Negli anni precedenti, il Rodella cura gli strumenti scientifici dell'Università di Padova e, in particolare, il ricco Gabinetto di Fisica sperimentale di Simone Stratico, perfezionando alcuni apparecchi e costruendone altri.
Per valorizzarne le doti a vantaggio del bene pubblico, il Procuratore (o ambasciatore) di San Marco presso S.M. Britannica sovvenziona un viaggio di perfezionamento in Inghilterra, la nazione allora all'avanguardia in Europa nella scienza e nella tecnica, già visitata dallo stesso Stratico, nel 1775, per studi di idraulica e per modernizzare l'Arsenale di Venezia. Anche l'Oriani si reca in Inghilterra, nel 1786, alla vigilia di iniziare, con i colleghi di Brera, la Carta del milanese e del mantovano, opera di indubbio interesse pubblico, voluta dal Governo austriaco.
Il Procuratore è interessato, in particolare, alle "Pompe a fuoco" o macchine a vapore, perché ne vede un'applicazione, di rilevante interesse pubblico, al fine di azionare e macchine idrovore, nel Polesine. Tuttavia l'ambasciatore invia dapprima Rodella all'Osservatorio di Greenvich e poi a Londra lo presenta a Ramsden, Dollond ed Herschel.
In seguito, a Birmingham, il Rodella visita Watt che, da poco, ha sviluppato la macchina a vapore che già inizia ad avere un ruolo capitale nella rivoluzione industriale inglese. Rodella ha modo di esaminarne alcuni esemplari e, al suo ritorno, si dice in grado di costruirli. Se si tiene presente lo stato di decadimento in cui versa allora la Repubblica di Venezia, preludio alla sua prossima caduta, ben si comprendono le parole di sconforto con cui Rodella chiude la relazione sul suo viaggio:

"Non ch'io creda che gli uomini Italiani cedano nell'ingegno agli Inglesi, né a verun'altra nazione; ma ci manca quell'occasione che il commercio e l'abbondanza del dinaro porge agl'Inglesi: tale abbondanza non è grande in Italia: così mancano le commissioni; manca dunque l'esercizio del lavoro; e l'esercizio forma quella scuola senza la quale ingegno poco vale".

A Rodella subentra il suo allievo Giuseppe Stefani e questi, a sua volta, ha tra gli apprendisti Rocchetti che è alla Specola durante gli ultimi anni del Santini. Persona dotata di iniziativa e spirito imprenditoriale, già da tempo, Rocchetti ha iniziato una sua attività privata e, nel 1857, con queste parole Santini lo elogia nel Rapporto al Governo:

"Il Sig. Dott. Paolo Rocchetti, R. Meccanico dell'Osservatorio, ha eretto in conto di una Società industriale, una grande officina meccanica nella quale, oltre ad eseguire grandi fusioni, si fabbricano macchine a vapore

ed altri attrezzi di ogni genere per gli asciugamenti delle valli vicine del Polesine e per gli usi delle strade ferrate, la quale prospera grandemente sotto la vigile ed intelligente direzione del Sig. Rocchetti, che fa onore al paese ed allo stabilimento cui appartiene" [G.B. Zaccaria: L'Officina meccanica della Specola di Padova. Atti Accademia Sc. Lett. Arti di Padova, 1932].

Nel 1877, Rocchetti va a riposo e gli subentra Giuseppe Cavignato, suo allievo, da circa un decennio. Già da anni, Lorenzoni lo ha fatto nominare vice-meccanico della Specola, per evitare che l'abbandoni, attratto dalle prospettive offerte dal mercato (così come, oltre vent'anni prima, Carlini si oppone, per le stesse ragioni, alla riduzione dello stipendio del macchinista di Brera, proposta dal Governo austriaco). Lorenzoni, per il suo naturale interesse ed inclinazione verso la scienza degli strumenti, è molto attento allo sviluppo tecnologico e alle conseguenti ricadute a vantaggio anche dell'Astronomia, sicché ritiene di primaria importanza il supporto di un'officina.
Appare poi sempre più evidente che un solo macchinista, con l'aiuto, al più, di qualche aiutante apprendista, non può mantenersi al passo con la rapida evoluzione tecnologica in corso. Se la costruzione di un telescopio, come il Merz-Repsold di Brera, sembra allora irrealizzabile in Italia, quella di strumenti minori, nel passato importati dall'estero, è alla portata della industria italiana, ma non più delle piccole officine degli osservatori, poiché richiede attrezzature adatte e personale dotato di adeguata esperienza. D'altra parte, il raggiungimento di una vera indipendenza della nazione, ovvero non solo politica, è un obiettivo perseguito dalla classe dirigente post-risorgimentale.
Pertanto su consiglio di Abetti, Lorenzoni sa trovare una soluzione ben equilibrata, associando Cavignato, erede della secolare esperienza dei macchinisti della Specola alla Società Veneta, ad una ditta competitiva sul mercato. Infatti all'inizio degli anni ottanta dell'ottocento, la Società Veneta si è già fatta un bel nome nell'ambiente astronomico e, nella proposta al Ministero P.I. di affidarle la costruzione del cercatore, Schiaparelli scrive:

"Trattandosi di un lavoro che più deve distinguersi per conveniente disposizione di congegni, che per altissima precisione di lavoro, lo scrivente non ha creduto che fosse necessario ricorrere alle officine esistenti ed ha quindi inviato le indicazioni necessarie all'Officina dell'Osservatorio di Padova (la quale negli anni scorsi ha già eseguito parecchi lavori compiuti con molta lode) di rassegnarli un progetto accompagnato da disegno. Questa montatura dovrebbe essere inoltre corredata di tali accessori che valga ad esercitare gli allievi al maneggio del grande Refrattore equatoriale che l'Osservatorio possiede".

La scelta di Schiaparelli si basa sulla stima che Lorenzoni ha per il suo macchinista, espressa in una sua lettera al collega di Milano, e preveggente nelle sue conclusioni [AOB, C156: lettera di Lorenzoni a Schiaparelli, in data 26.12.1884]:

"Certamente se volessimo paragonare il Cavignato con Repsold, con Bamberg e con tanti altri celebri costruttori troveremmo che, sotto alcuni aspetti, gli manca di fare una grande strada. Ma se pensiamo a come il Cavignato si fece, a quello che fece sinora ed a quello che si potrà da lui ottenere, se sarà incoraggiato e guidato, parmi che egli abbia in se molti elementi per riuscire di grande giovamento all'Astronomia italiana".

La Società Veneta

Sullo scorcio dell'Ottocento, quasi tutte le specole italiane si rivolgono, per le loro commissioni, alla Società Veneta e, senza alcuna pretesa di completezza, oltre al cercatore di comete, di Brera, si ricorda:

- la montatura parallattica del cannocchiale di Steinheil della Specola di Bologna, utilizzato nel 1874, in India, per osservare il passaggio di Venere sul Sole;
- due montature per il grande equatoriale di Catania, costruite nel 1881, su interessamento del Tacchini;
- la montatura parallattica per l'obiettivo di Cauchoix (16 cm, f/14), già di P. Secchi, al Collegio Romano;
- l'equatoriale per l'obiettivo di Merz (30 cm, f/15) dell'Osservatorio di Torino, esposto alla Mostra Nazionale tenutasi, nel 1884, in quella città; purtroppo il telescopio non è collaudato in officina e, da questa mancanza, prende il via una querelle che si trascina per vari anni (infatti non è possibile rimediare agli errori commessi nella costruzione, sia per ragioni economiche sia, soprattutto, a motivo di conflitti personali, più o meno occulti, dando luogo a quella che Schiaparelli chiama, con una punta d'ironia, "una piccola guerra di Troia tra gli astronomi italiani", con echi anche in Parlamento [AOB, C161: lettera di Lorenzoni a Schiaparelli, in data 15.02.1890]);
- il telescopio della Specola del Collegio Romano, costruito con la consulenza di Lorenzoni ed Abetti [P. Tacchini: Annali del Collegio Romano, vol. I, (1901); vol. III, (1902); vol. IV, (1904)], che è il maggior strumento, uscito dall'Officina padovana, nel 1889, adatto ad un obiettivo di circa 40 cm di apertura e cinque metri di focale: a riguardo, il direttore Tacchini (subentrato a P. Giuseppe Ferrari Moreni) scrive:

  "In attesa che venisse acquistata una lente di tali dimensioni, mediante un tronco metallico applicato internamente al tubo del cannocchiale feci applicare alla nuova montatura l'obiettivo del Merz di 24 cm e di distanza focale di 4.33 m che fin dall'ottobre del 1854 Padre Secchi aveva collocato nella stessa grande cupola",

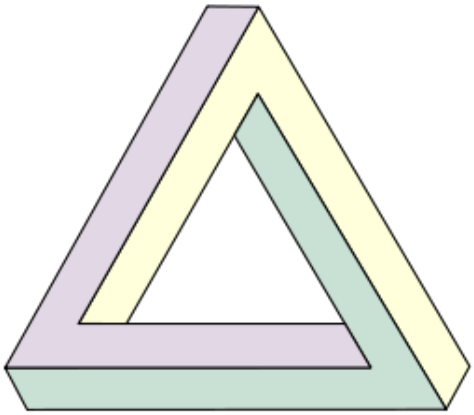
  solo due decenni più tardi e grazie alla munificenza di un privato, è acquistato il nuovo obiettivo, di 38 cm di apertura e 5.26 m di focale (tuttavia la Ditta Steinheil di Monaco di Baviera ne ritarda la consegna di due anni, a causa di difficoltà riguardanti i vetri: un altro esempio, dopo quello della Salmoiraghi, delle difficoltà nel campo dell'ottica, ancora all'inizio del Novecento, anche in nazioni di salde tradizioni).

Nel 1894, Abetti, direttore dell'Osservatorio di Arcetri, commissiona la montatura per l'obiettivo di Amici (d=284 mm; f=529 cm), dato che il vecchio telescopio, incompleto e privo di gradazioni, da anni, giace in un magazzino. Come già Tacchini, anche Abetti cui è noto il notevole progresso avvenuto nel campo dell'ottica, negli ultimi decenni dell'ottocento, prevede la possibilità di sostituire l'Amici con un obiettivo di dimensioni un poco maggiori, qualora questi risulti inferiore alle aspettative [A. Abetti: Pubbl. R. Oss. di Arcetri, fasc. 1, p. 4, 1896].

Allievo del Cavignato, Sante Mioni subentra alla Società Veneta, scioltasi nel 1898. Anni dopo, oltre ai suoi due figli, lavorano con Mioni cinque allievi meccanici [Atti della prima manifestazione ottica italiana, p. 83, Padova, 1927]. Gli strumenti usciti da questa officina, attiva fin al 1940 (apparecchi gravimetrici, teodoliti, comparatori, cronografi, micrometri, orologi ecc.), equipaggiano anche vari istituti esteri. In particolare, a Brera, sono conservati un pendolo, un comparatore, a due assi, e quattro cronografi registratori.

Appendice C – Oltre i limiti della geometria euclidea

La geometria euclidea 3D descrive lo spazio vuoto e, con ottima approssimazione, lo spazio degli oggetti di dimensioni inferiori a circa cento metri, dove gli effetti della curvatura terrestre sono trascurabili (e per gli oggetti mobili od addirittura manipolabili sicuramente inesistente). Per altro, anche la definizione di spazio vuoto è dubbia, perché l'accezione kantiana deriva dall'accettazione della geometria euclidea (cosicché le due cose proprio si rincorrono, senza poter usare l'una per definire l'altra). Invece la definizione leibniziana è sensista e definisce lo spazio in base agli oggetti che lo occupano, così come il tempo è descritto in base agli eventi che lo compongono (mentre il tempo kantiano è assoluto come quello galileiano e newtoniano della meccanica: cinematica e dinamica).



Triangolo [47] di Penrose [48] e Ruetersvärd [49]

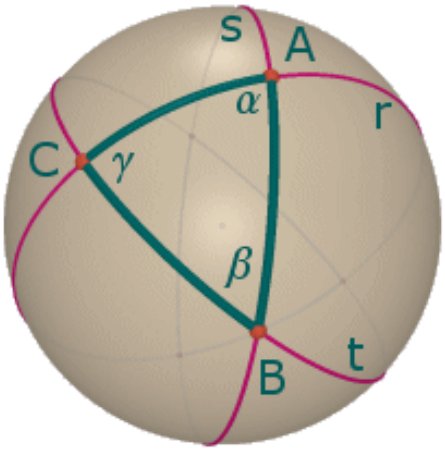
Elemento caratteristico della geometria euclidea è il quinto postulato di Euclide che fissa in una sola la retta parallela, in un piano, per un punto esterno ad una retta data. Per completezza, i primi quattro affermano l'esistenza di un'unica retta dati due punti, l'essere illimitata ogni retta, l'esistenza di un unico cerchio da un punto ed un raggio in un piano (ovvero l'esistenza di un unico piano dati tre punti non allineati) e uguaglianza di tutti gli angoli retti. Dal quinto postulato, discende immediatamente che la somma degli angoli interni di un triangolo è uguale ad un angolo piatto (essendo uguali tra loro gli angoli alterni interni, analogamente a quelli alterni esterni ed agli angoli corrispondenti). Allora proprio la negazione di questo quinto postulato, porta a due diverse geometrie:

- la geometria sferica ed ellissoidica, dove non esiste alcuna parallela (ad esempio, data una sfera, un cerchio massimo ed un punto esterno ad esso, tutti gli altri cerchi massimi intersecano il primo cerchio).
- la geometria iperbolica, dove esistono infinite parallele, data un'iperbole ed un punto esterno ad essa.

La geometria sferica ed ellissoidica non è affatto una cosa strana e, come già detto in precedenza, riguarda la terra e gli oggetti ivi consistenti, se le loro dimensioni eccedono un centinaio di metri, dato l'effetto della curvatura terrestre. Pertanto la somma degli angoli interni di un triangolo sferico (ed anche di un triangolo ellissoidico) eccede sempre l'angolo piatto e cresce al crescere dell'area del triangolo stesso, una volta

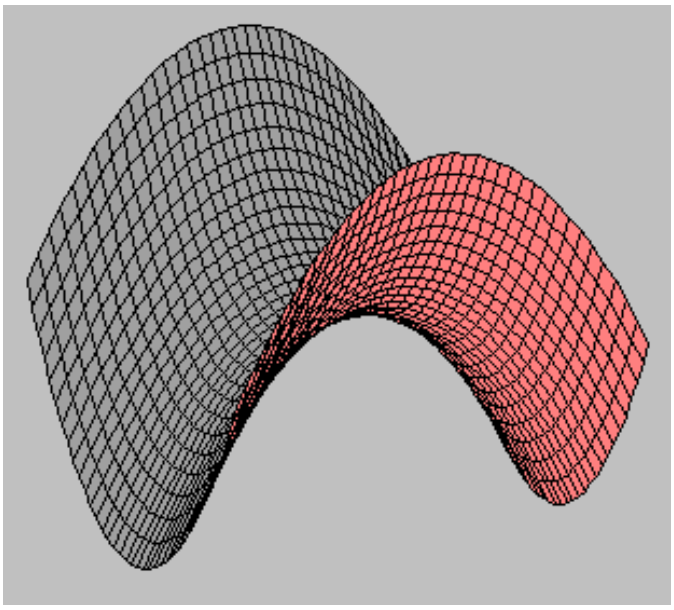
[47] Il triangolo di Penrose e Ruetersvärd non appartiene alla geometria euclidea, contenendo tra angoli retti.
[48] Roger Penrose: fisico matematico, matematico e filosofo della scienza inglese.
[49] Oscar Reutersvärd: grafico svedese, pioniere dell'arte 3D.

fissato il raggio della sfera (o della sfera locale, cioè il raggio medio geometrico dell'ellissoide, di rotazione nel caso della terra, ma triassiale, ad esempio, per la luna). E' certamente vero che, almeno la geometria sferica può essere ricondotta alla geometria piana (grazie al teorema di Legendre), ma la sua conoscenza è basilare in geodesia e, più in generale, nelle discipline del rilevamento.



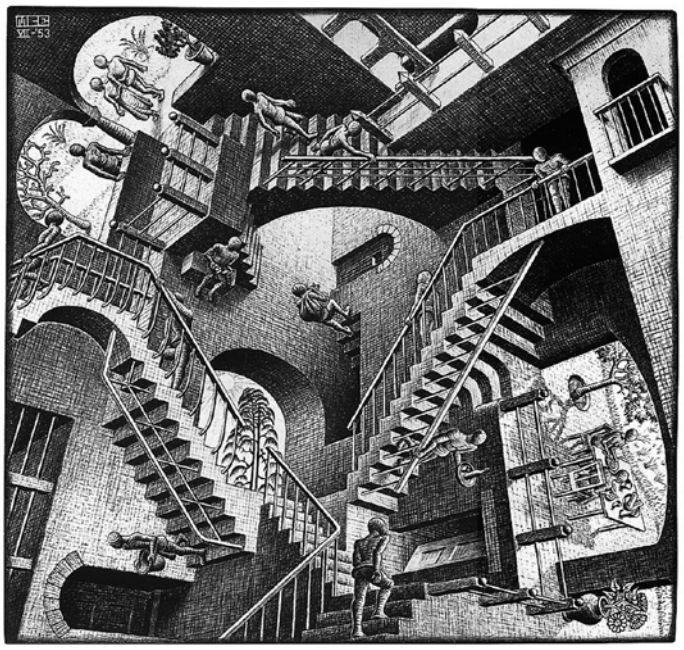
Triangolo sferico

Anche la geometria iperbolica non è affatto una cosa strana, seppure la sua presenza nelle discipline del rilevamento sia limitata a situazione più particolari, come certe deformazioni del modello fotogrammetrico, a seguito di errori negli angoli d'assetto di una od entrambe le immagini (in particolare, negli angoli di rollio che hanno per sostegno la base di presa), come pure per errori nell'immagini stesse dovute ad aberrazioni dell'ottica del sensore (in particolare, per la distorsione radiale a cuscino). Infatti la deformazione del modello produce un superficie che ha la forma di un paraboloide iperbolico, mentre la deformazione delle immagini produce una figura piana, dove linee rette sono sostituite da iperboli (che possono essere viste come le proiezioni quotate ancora di un parabolide iperbolico).

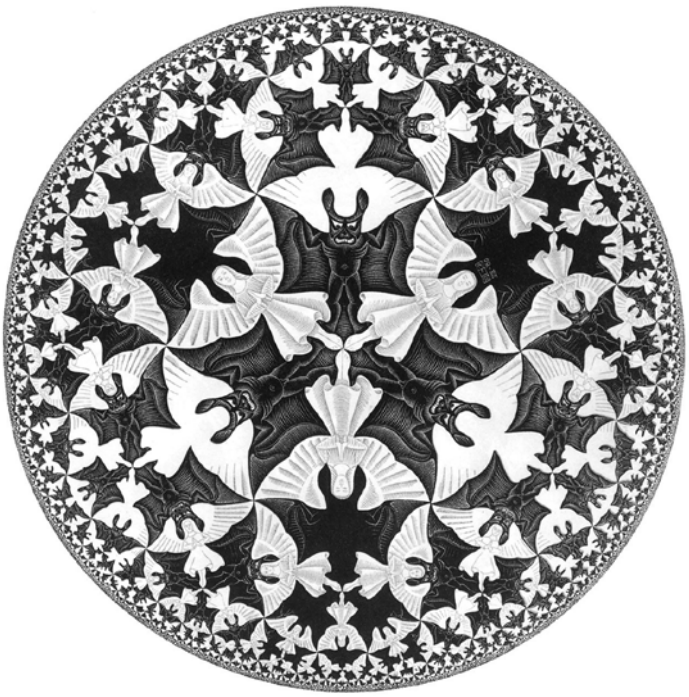


Paraboloide iperbolico

Due famose litografie di Maurits Cornelis Escher, incisore e grafico olandese, illustrano benissimo le due geometrie non euclidee. Infatti la litografia Relatività adotta una geometria sferica (caso particolare di una geometria ellissoidica), mostrando alieni che camminano lungo scale, con diverse direzioni della verticale, se viste in un unico piano, ma invece ciascuno sulla propria verticale, se la figura è solo un'immagine piana, ripresa da un oggetto sferico. Analogamente la litografia Limite del cerchio mostra piccoli disegni confusi, in prossimità della circonferenza del cerchio, ma gli stessi disegni sono perfettamente comprensibili, se sono interpretati come un'immagine piana, ottenuta proiettando una realtà iperbolica (come tale illimitata, sempre più aderente ai suoi asintoti e conseguentemente quasi allineata e/o complanare ad essi).

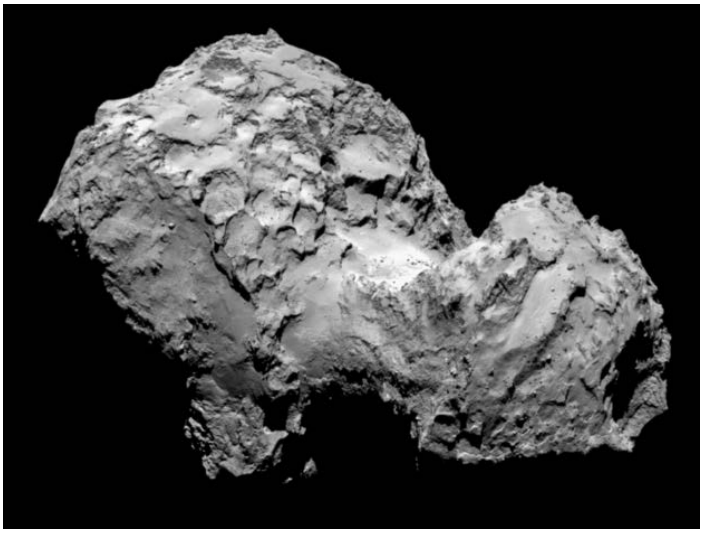


Maurits Cornelis Escher, Relatività (litografia)



Maurits Cornelis Escher, Limite del cerchio (litografia)

Ritornando alle discipline del rilevamento e, in particolare, alla Geodesia di corpi extraterrestri, la cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko (dai nomi dei due astronomi russi che l'hanno scoperta) ha una forma ben concava e così alcune normali (alla sua superficie equipotenziale di riferimento) si incrociano all'esterno, con notevoli complicazioni, tanto per definire la geometria corretta di un suo sistema di coordinate, quanto per descrivere il campo del suo potenziale gravitazionale. Infatti almeno in alcune sue zone, la geometria sferica (od ellissoidica) deve essere abbandonata e sostituita da una, nello specifico, ben più realistica, geometria iperbolica (ovvero di superfici chiuse di grado superiore al secondo, comunque capaci di evidenziare punti e/o zone "singolari" [50]).



Cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko vista da Rosetta

Una considerazione conclusiva intende legare questa quarta appendice che va oltre i limiti della geometria euclidea, insieme alle altre due (rispettivamente sulla compensazione moderna della rete di triangolazione di Boscovich e su notizie storiche sui "macchinisti" di alcune specole italiane), con il tema centrale di questo lavoro (ovvero con i giudizi critici e dialettici sulla Geomatica e la Geomatica Applicata). Infatti i giudizi sono formulati ed il loro esito è acquisito, solo se si possono quantomeno descrivere una o più alternative. In caso contrario, non si tratta più di giudizi, ma solo di affermazioni apodittiche (che non sono mai critiche, di fronte a tanta ostentazione, né tantomeno dialettiche, perché semplicemente assolute). Invece i giudizi prevedono sempre rischi e contengono sempre il dubbio.

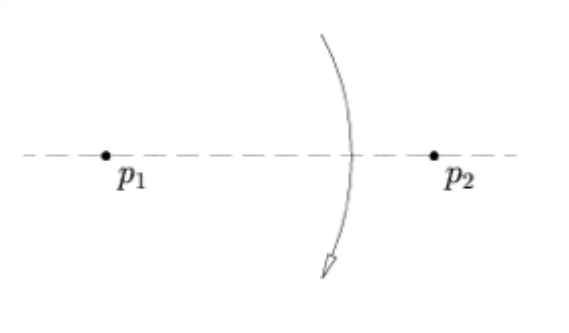
Allora una Geomatica e soprattutto una Geomatica Applicata che fanno misure senza calcoli, calcoli senza progetti, progetti senza informazioni preliminari, ecc. non sono discipline del rilevamento, ma puro bricolage. Infatti in questo modo, mancano completamente i giudizi, con i rischi ed il dubbio necessariamente collegati. Ovviamente anche la torre d'avorio di una scienza pura, quasi teologica, non è una disciplina del rilevamento ed è forse addirittura inutile, perché tutte le scienze si accrescono e si completano con le tecniche derivate cui offrono pensiero, ma dalle quali ricevono consiglio. Pertanto proprio gli esempi delle tre appendici sono utilissimi per mostrare quel dialogo, costruttivo e fecondo, tra le teorie e le discipline pratiche, che si avvia, prosegue e conclude, per ripartire sempre, anche con i giudizi critici e dialettici.

[50] Punti singolari sono i salti finiti, i ginocchi e le cuspidi; mentre una zona "singolare" è certamente una sella. Rosetta presenta una strozzatura che disegna una specie di sella, prolungata per un'intera circonferenza (oltre ad altre gibbosità ed un buco che, date le dimensioni della cometa, piuttosto ridotte, sono molto più che montagne od una fossa oceanica).

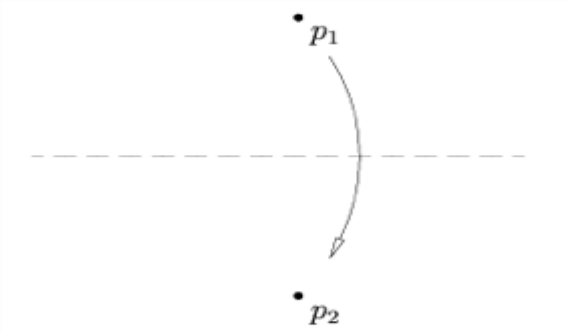
Appendice D – Geometria degli origami

Come Euclide inventa gli assiomi della geometria piana, due moderni matematici giapponesi: Humiaki Huzita e Koshiro Hatori, scoprono un insieme di assiomi per descrivere la geometria degli origami (a sua volta, un vocabolo della lingua giapponese che unisce il verbo piegare: *ori*, ed il sostantivo carta: *kami*, per descrivere un qualsiasi oggetto, prodotto piegando la carta).

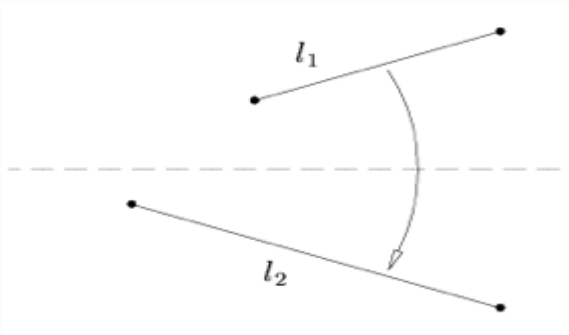
- Assioma 1: dati due punti p_1 e p_2, esiste un'unica piega che passa per entrambi.



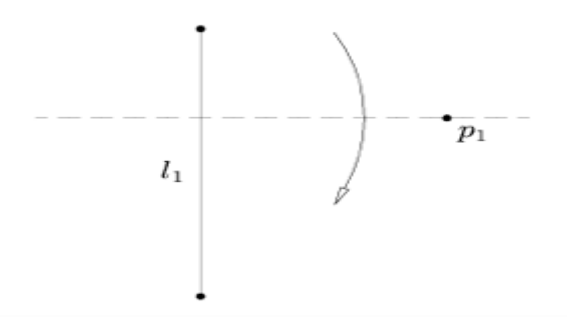
- Assioma 2: dati due punti p_1 e p_2, esiste un'unica piega che porta il punto p_1 sul punto p_2.



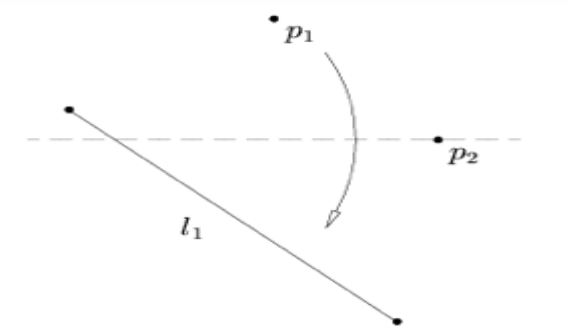
- Assioma 3: dati due linee l_1 e l_2, esiste una piega che porta la linea l_1 sulla linea l_2.



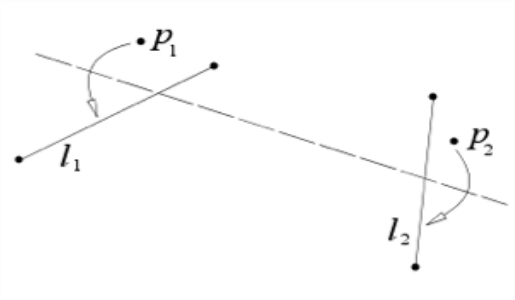
- Assioma 4: dati un punto p_1 ed una linea l_1, esiste un'unica piega perpendicolare alla linea l_1 che passa per il punto p_1.



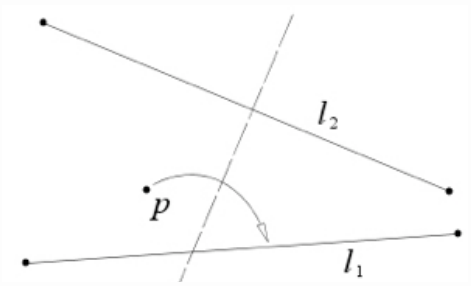
- Assioma 5: dati due punti p_1 e p_2, ed una linea l_1, esiste una piega che porta il punto p_1 sulla linea l_1, passando per il punto p_2.



- Assioma 6: dati due punti p_1 e p_2, e due linee l_1 e l_2, esiste una piega che porta il punto p_1 sulla linea l_1 ed il punto p_2 sulla linea l_2.



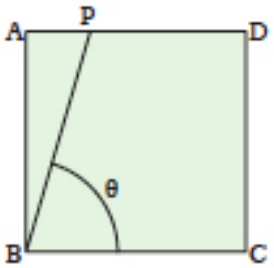
- Assioma 7: dato un punto p e due linee l_1 e l_2 ,, esiste una piega, perpendicolare alla linea , che porta il punto p sulla linea l_1.



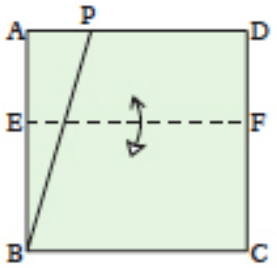
L'esposizione degli assiomi della geometria degli origami ed alcune prime applicazioni originano da un interessante seminario sul tema: Anelli e paraboloidi di carta: origami, arte e geometria (tenutosi presso il Dipartimento di Matematica del Politecnico di Milano, l'11 maggio 2016). In quell'occasione si è chiarita l'importanza di questi nuovi oggetti, in quanto capaci di risolvere problemi di terzo grado, come la trisezione di un angolo qualsiasi e la duplicazione di un cubo. Infatti è noto che la geometria di Euclide è una geometria cosiddetta della riga e del compasso, capace di risolvere solo problemi fino al secondo grado. Per completezza, si ricorda che alcune soluzioni di problemi di terzo grado sono formulate da matematici indiani, persiani ed arabi, nell'alto medioevo, che la Scuola algebrica di Bologna risolve le equazioni di terzo e quarto grado, nel Rinascimento (inventando anche i numeri immaginari e complessi) e che, almeno parzialmente precedente alla matematica giapponese (e poi accanto), esiste una matematica cinese, altrettanto capace.

Trisezione dell'angolo

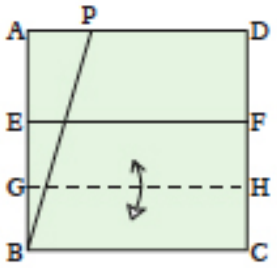
- Disegnare l'angolo desiderato PBC, in modo che B sia in un angolo del quadrato.



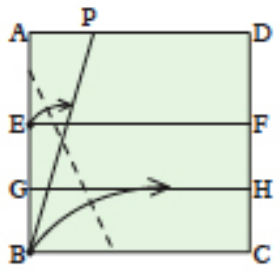
- Fare una piega orizzontale in un qualsiasi punto del quadrato, definendo la linea EF.



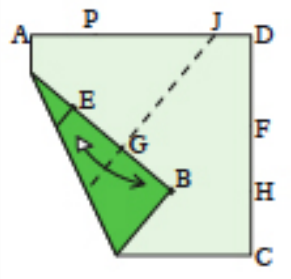
- Piegare la linea BC sulla linea EF e riaprire il foglio, creando la linea GH.



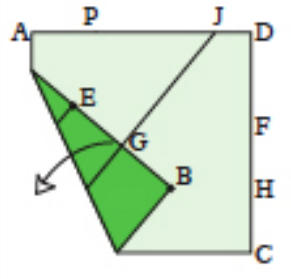
- Piegare l'angolo in basso a sinistra, in modo che il punto E tocchi la linea BP e il punto B la linea GH.



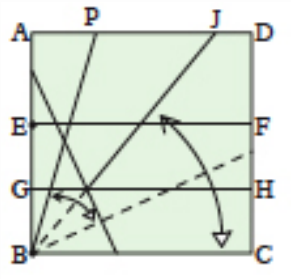
- Con l'angolo B ancora in alto, piegare entrambi gli strati per continuare la piega che finisce in G in modo arrivi fino al nuovo punto J.



- Riportare B nella posizione iniziale.

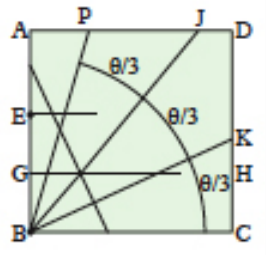


- Piegare lungo la linea che parte da J estendendola fino a B; piegare poi il lato in basso BC sulla linea BJ e riaprire il foglio.



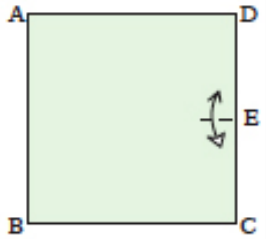
- Le due pieghe BJ e BK dividono l'angolo originale PBC in tre parti uguali [51].

[51] Questo metodo è adatto per trisecare angoli minori di un angolo retto (per il quale invece esiste già la costruzione negli Elementi di Euclide),. mentre metodo analogo, ma diverso si addice per trisecare gli angoli maggiori di un angolo retto (in letteratura, esistono anche le dimostrazioni dei vari metodi riferiti alla geometria degli origami, qui omesse per ragioni di brevità).

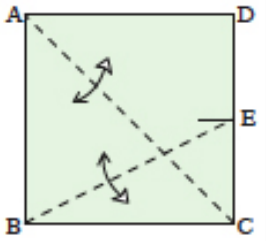


Duplicazione del cubo [52]

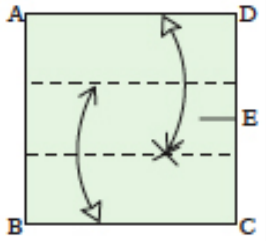
- Fare una piccola piega a metà del lato destro del foglio.



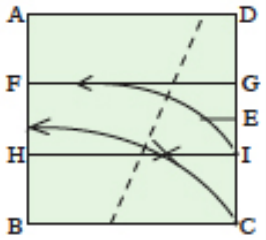
- Segnare due pieghe unendo i punti A e C, e B ed E, segnando bene il loro punto d'intersezione.



- Piegare il lato superiore AD sul punto di intersezione e riaprire, piegando poi il lato BC, fino a toccare la nuova piega, e riaprendolo ugualmente.

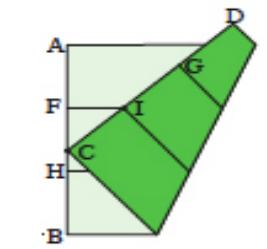


- Piegare l'angolo C fino sul lato AB, in modo tale che il punto I giaccia sulla linea FG.



[52] Dato un cubo con un certo lato ed volume pari alla sua terza potenza, si vuole trovare il lato di un cubo avente volume doppio.

- Il punto C^0 divide il lato AB in due segmenti, tali che il rapporto AC^0/C^0B, moltiplicalo poi per la lunghezza s_1 del lato del cubo dato (di volume V), è pari alla lunghezza s_2 del lato del cubo cercato (di volume $2V$).



L'algebra dei problemi

Gli origami risolvono ogni equazione cubica nella forma:

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$$

Pertanto nel caso del cubo, si ha:

$$s_2^3 = 2V = 2s_1^3$$

da cui:

$$s_2^3 = \sqrt[3]{2s_1^3} = \sqrt[3]{2} \cdot s_1$$

dove la costruzione con l'origami ottiene proprio $\sqrt[3]{2}$.

Analogamente dato un angolo ψ, diviso in tre parti, con la trigonometria (posto: $\psi = 3\vartheta$), si ha:

$$\cos\psi = \cos(\vartheta + 2\vartheta) = \cos\vartheta\cos 2\vartheta - \sin\vartheta\sin 2\vartheta \quad \text{e} \quad \begin{array}{l} \cos 2\vartheta = \cos^2\vartheta - \sin^2\vartheta \\ \sin 2\vartheta = 2\sin\vartheta\cos\vartheta \end{array}$$

cosicché, sostituendo le due espressioni nella prima, si ottiene:

$$\cos\psi = \cos(\vartheta + 2\vartheta) = 4\cos^3\vartheta - 3\cos\vartheta \quad \text{ovvero:} \quad 4x^3 - 3x - K = 0$$

Allora risolvendo questa equazione cubica, si trovano i possibili valori di $\cos\vartheta$ (dai cui ottenere l'angolo ϑ cercato) e la costruzione con l'origami trova proprio la radice reale, positiva e minore dell'angolo dato (che ne costituisce la trisezione). Infatti la soluzione di un'equazione reale di terzo grado può fornire tre radici reali, oppure una radice reale e due radici immaginarie o complesse coniugate (in base al valore del discriminante dell'equazione di secondo grado cui si riduce, nota come risolvente di Hudde).

Complementi di trattamento delle osservazioni

Processo markoviano [53]

Si definisce processo stocastico markoviano [54] (o di Markov) un processo aleatorio nel quale la probabilità di transizione che determina il passaggio a uno stato successivo di sistema dipende solo dallo stato di sistema immediatamente precedente (proprietà di Markov) e non dal come si sia giunti a tale stato (in quest'ultima ipotesi, si parla di processo non-markoviano). Modelli di tipo markoviano sono anche utilizzati nel progetto di reti di telecomunicazioni e la teoria delle code che ne consegue trova applicazioni in molti ambiti: dalla fila agli sportelli, ai pacchetti dati in coda (in un dispositivo di rete, detto router).

Un processo di Markov può essere descritto per mezzo dell'enunciazione della proprietà di Markov (o condizione di assenza di memoria) che, da un punto di vista formale, può essere scritta come:

$$P\left(X\left(t_{n+1}\right) \le x_{n+1} \middle| X\left(t_n\right) = x_n, X\left(t_{n-1}\right) = x_{n-1}, \ldots, X\left(t_0\right) = x_0\right) = P\left(X\left(t_{n+1}\right) \le x_{n+1} \middle| X\left(t_n\right) = x_n\right)$$

Catene di Markov

Una catena di Markov è un processo di Markov con spazio degli stati discreto, cioè un processo stocastico che assume valori in uno spazio discreto e che gode della proprietà di Markov. L'insieme S spazio degli stati, può essere finito od infinito numerabile. Nel primo caso, si parla di catena di Markov a stati finiti. Una catena di Markov può essere tempo-continua o tempo-discreta, in base all'insieme di appartenenza della variabile tempo (continuo o discreto).

Formalmente una catena di Markov è un processo stocastico Markoviano caratterizzato da un parametro $t \in T$, da un insieme S di stati e da una funzione probabilità di transizione P**:** $S \times S \times T \to [0,1]$Markovianaprocesso, come già detto, gode della proprietà di Markov.

Nel caso di catena di Markov a tempo discreto (cioè con l'insieme T discreto), si può assumere la notazione più semplice:

$P\left(X_{n+1} = x_{n+1} \middle| X_n, X_{n-1}, \ldots, X_0\right) = P\left(X_{n+1} = x_{n+1} \middle| X_n\right)$Catene di Markov omogenee: una catena di Markov omogenea è un processo markoviano nel quale la probabilità di transizione al tempo t_i non dipende dal tempo stesso, ma soltanto dallo stato del sistema al tempo immediatamente precedente $S\left(t_{i-1}\right)$. In altre parole, la probabilità di transizione è indipendente dall'origine dell'asse dei tempi e dipende solo dalla distanza tra i due istanti temporali. Pertanto per le catene omogenee, vale la condizione:

$$P\left(X_{n+1} = x \middle| X_n = y\right) = P\left(X_n = x \middle| X_{n-1} = y\right)$$

e, in generale, si dimostra che, in una catena di Markov omogenea, la probabilità di transizione, da uno stato ad un altro, in n passi, è costante nel tempo:

$$P\left(X_{i+n} = x \middle| X_i = y\right) = P\left(X_{(i-1)+n} = x \middle| X_{i-1} = y\right) \qquad \forall\, i = 1, 2, \ldots$$

[53] Fonte Wikipedia – Processo markoviano: https://it.wikipedia.org/wiki/Processo_markoviano.

[54] Questo processo prende il nome dal matematico russo Andrej Andreevič Markov che, per primo, ne sviluppa la teoria.

I sistemi reali che possono essere modellati con catene di Markov omogenee sono rari. Infatti è sufficiente prendere in considerazione il sistema: tempo atmosferico, per capire come la probabilità di transizione, da uno stato (ad esempio: sole) ad un altro stato (ad esempio: pioggia), dipenda dalla stagione, cosicché non è possibile modellare questo sistema come catena di Markov omogenea. Tuttavia, restringendo l'analisi del sistema ad un determinato intervallo di tempo, il comportamento si considera omogeneo e, in questo caso, l'intervallo di tempo potrebbe essere una singola stagione.

- Matrice di transizione: una catena di Markov omogenea a stati finiti in cui l'insieme S degli stati del sistema è finito e ha N elementi, è rappresentabile con una matrice di transizione: $A \in R^{N \times N}$, ed un vettore di probabilità iniziale: $\tilde{\pi}_0 \in R^N$. Gli elementi di A rappresentano le probabilità di transizione tra gli stati della catena: una catena che si trovi nello stato i ha probabilità a_{ij} di passare allo stato j, nel passo immediatamente successivo. In particolare, gli elementi sulla diagonale principale di A indicano le probabilità di rimanere sullo stesso stato i. Il vettore $\tilde{\pi}_0$ definisce le probabilità che inizialmente la catena di Markov si trovi in ciascuno degli N stati. Di conseguenza, una catena di Markov omogenea è univocamente definita dalla coppia $(A, \tilde{\pi}_0)$. Le probabilità $\tilde{\pi}_n$ che, ad un certo t_n, il sistema si trovi in ognuno degli N stati (se al tempo t_0 ha la distribuzione di probabilità $\tilde{\pi}_0$), sono date dal vettore:

$$(\tilde{\pi}_n)^T = (\tilde{\pi}_0)^T A$$

dove $(\tilde{\pi}_n)^T$ indica il vettore trasposto del vettore $\tilde{\pi}_n$.

Dalla definizione assiomatica della probabilità, discendono alcune proprietà della matrice A:

- $a_{ij} \geq 0 \qquad \forall\, i, j \in \{1, 2, \ldots, N\}$
- $\sum_{j=1}^{N} a_{ij} (1)$

La seconda proprietà equivale a richiedere che la somma degli elementi di riga sia uguale ad uno. Nel caso poi di una catena di Markov omogenea, a stati discreti, si può adottare la notazione sintetica:

$$P_{ij}^{(n)} \equiv P(X_{m+n} = s_j | X_m = s_i) = P(X_n = s_j | X_0 = s_i)$$

dove l'apice (n) non è da intendersi come un esponente, bensì come un indice. In questo modo, si ha:

$$\left(\tilde{\pi}_n\right)_j = \sum_{i \in S} \left(\tilde{\pi}_0\right)_i \left(P^{(n)}\right)_{ij}$$

con le seguenti proprietà:

- $P_{ij} \geq 0 \qquad \forall\, i, j \in S$
- $\sum_{j \in S} P_{ij} = 1$

- Catene di Markov aperiodiche: il periodo $d(s_i)$ di uno stato $s_i \in S$ di una catena di Markov, a stati discreti (con S finito od infinito numerabile), è definito come il minimo numero di passi temporali, affinché si abbia una probabilità, diversa da zero, di tornare allo stesso stato, partendo dallo stato s_i, al tempo t_m:

  $d(s_i, t_m) = MCD\left(n \geq 1 : P\left(X_{m+n} = s_i \middle| X_m = s_i\right) > 0\right)$ dove MCD indica il massimo comune divisore.

  Nel caso di una catena di Markov omogenea, a stati finiti, con un numero N di stati, rappresentabile con una matrice $A \in R^N$, la definizione del periodo può essere così riformulata:

  $$d(s_i) = MCD\left(n \geq 1 : \left(A^n\right)_{ii} > 0\right)$$

  dove lo stato s_i è detto aperiodico, se il suo periodo è uguale ad uno.

  Una catena di Markov è poi detta aperiodica, se tutti i suoi stati sono aperiodici; altrimenti è detta periodica.

- Catene di Markov irriducibili: una catena di Markov, a stati discreti, è detta irriducibile, se partendo da ogni stato s_i, si ha una probabilità maggiore di zero di raggiungere ogni altro stato s_j. Formalmente una catena di Markov è irriducibile, se si ha:

  $$\forall\, s_i, s_j \in S, \forall\, m \in N \rightarrow \exists\, n \in N : P\left(X_{m+n} = s_j \middle| X_m = s_i\right) > 0$$

- Stati ricorrenti positivi: lo stato $s_i \in S$ si dice ricorrente positivo, se risulta:

  $$E\left(T_i \middle| X_0 = s_i\right) = \mu_i < +\infty$$

  dato:

$$T_i = \begin{cases} min(n \geq 1, X_n = s_i) & se \exists n \geq 1 \rightarrow X_n = s_i \\ +\infty & altrimenti \end{cases}$$

Se poi una catena è irriducibile ed un suo stato è ricorrente positivo, tutti i suoi stati sono ricorrenti positivi e, in tal caso, la catena è detta ricorrente positiva.

- Distribuzioni stazionarie: data una catena di Markov omogenea, a stati discreti, una sua distribuzione stazionaria di probabilità (detta anche distribuzione di equilibrio) $\pi = \{\pi_1 \ldots \pi_n \ldots\}$ è una distribuzione discreta di probabilità che soddisfa le seguenti condizioni:

  - $\pi_i \geq 0 \qquad \forall\, i \in S$
  - $\sum_{i \in S} \pi_i = 1$
  - $\sum_{i \in S} \pi_i P_{ij} = \pi_j \qquad \forall\, j \in S$

  Euristicamente una distribuzione stazionaria è una distribuzione di probabilità che si mantiene costante all'evolversi, nel tempo, della catena di Markov. L'importanza delle distribuzioni stazionarie, per le catene di Markov omogenee, a stati discreti, è data da alcuni teoremi.

- Teorema di esistenza e unicità: data una catena di Markov omogenea, a stati discreti, con probabilità di transizione P_{ij} e spazio degli stati S, se la catena di Markov è irriducibile e ricorrente positiva, esiste un'unica distribuzione stazionaria π, per la catena di Markov.

- Teorema della convergenza: data una catena di Markov omogenea, a stati discreti, con probabilità di transizione P_{ij} e spazio degli stati S, se la catena di Markov è irriducibile, aperiodica e ricorrente positiva, la distribuzione di probabilità $\tilde{\pi}_n$ al tempo t_n, converge alla distribuzione stazionaria π per ogni distribuzione iniziale di probabilità π_0 scelta:

$$\lim_{i \in S} \sum_{i \in S} (\tilde{\pi}_0)_i \left(P^{(n)}\right)_{ij} = \pi_j$$

- Catene di Markov ergodiche: una catena di Markov si definisce ergodica, se e solo se, per ogni istante iniziale t_0 e per ogni condizione iniziale di probabilità $\tilde{\pi}(t_0)$, esiste ed è indipendente, da t_0 e da $\tilde{\pi}(t_0)$ il limite della probabilità, per tempi infiniti:

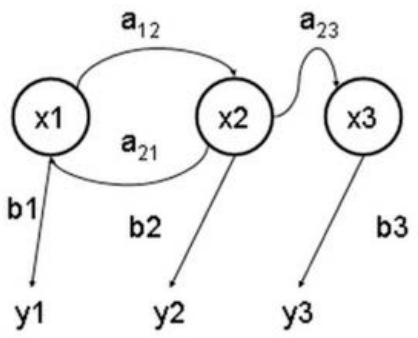
$$P = \lim_{t \to \infty} \tilde{\pi}(t)$$

Modello di Markov nascosto [55]

Un modello di Markov nascosto (*Hidden Markov Model* – HMM) è una catena di Markov in cui gli stati non sono osservabili direttamente. Più precisamente:

- la catena ha un certo numero di stati;
- gli stati evolvono secondo una catena di Markov;
- ogni stato genera un evento, con una certa distribuzione di probabilità che dipende solo dallo stato;
- l'evento è osservabile, ma lo stato no.

I modelli nascosti di Markov sono conosciuti particolarmente per le loro applicazioni nel riconoscimento dello schema temporale dei discorsi parlati, della scrittura a mano, nel riconoscimento di texture ed in bio-informatica.



Esempio di transizioni di stato in un modello di Markov nascosto

- x – stato nascosto;
- y – uscita osservabile;
- a – probabilità di transizione;
- b – probabilità di uscita.

Tre problemi canonici sono connessi con gli HMM:

- dati i parametri di un modello, calcolare la probabilità di una sequenza particolare dell'uscita (problema risolto dall'algoritmo forward-backward).
- dati i parametri di un modello, trovare la sequenza, più probabile, che potrebbe generare una certa sequenza in uscita (problema risolto dall'algoritmo di Andrea Viterbi).
- data una sequenza in uscita od un insieme di queste sequenze, trovare l'insieme, più probabile, per il quale si possano studiare le probabilità dell'uscita e di transizione, ovvero addestrare i parametri dell'HMM dato mediante il gruppo dei dati relativi a queste sequenze (problema risolto dall'algoritmo di Baum-Welch).

I modelli nascosti di Markov sono descritti, per la prima volta, in una serie di studi statistici di Leonard E. Baum ed altri autori nella seconda metà degli anni sessanta del ‘900. Una delle prime applicazioni degli

[55] Fonte Wikipedia – Modello di Markov nascosto: https://it.wikipedia.org/wiki/Modello_di_Markov_nascosto.

HMM è il riconoscimento della parola, già a partire dagli anni settanta dello stesso secolo. Nella seconda metà degli anni ottanta, si è cominciato ad applicare gli HMM anche all'analisi delle sequenze biologiche, in particolare nello studio del DNA.

Processo di Lévy [56]

In teoria della probabilità, un processo di Lévy (dal matematico francese Paul Lévy) è un processo stocastico con incrementi stazionari e indipendenti; in dinamica, lo stesso processo rappresenta il moto di un punto i cui movimenti successivi siano indipendenti ed identicamente distribuiti, su intervalli di tempo della stessa lunghezza.

Un processo di Lévy può essere visto come una versione continua della passeggiata aleatoria ed i processi di Levy più conosciuti sono il processo di Poisson ed il processo di Wiener (conosciuto anche come moto browniano). Un processo stocastico: $X = \{X_t : t \geq 0\}$, è detto processo di Lévy se:

- $X_0 = 0$ quasi certamente;
- ha incrementi indipendenti, ovvero per ogni scelta di tempi: $0 \leq t_1 < t_2 < \ldots < t_n < \infty$, le variabili aleatorie: $X_{t_2} - X_{t_1}$, $X_{t_3} - X_{t_2}$, ..., $X_{t_n} - X_{t_{n-1}}$, sono indipendenti;
- ha incrementi stazionari, ovvero per ogni scelta di $s < t$, la variabile aleatoria $X_t - X_s$ ha la stessa legge di X_{t-s}.

Processo di Wiener [57]

In matematica, un processo di Wiener, conosciuto anche come moto browniano, è un processo stocastico gaussiano in tempo continuo con incrementi indipendenti, usato per modellare il moto browniano stesso e diversi fenomeni casuali, osservati nell'ambito della matematica applicata e della fisica.

Il processo di Wiener ricopre un ruolo importante anche in matematica pura, dove diede vita allo studio della martingala a tempo continuo che risulta fondamentale per la descrizione e la modellazione di processi stocastici più complessi. Per questo, questo tipo di processo ha un ruolo importante nel calcolo stocastico, nei processi di diffusione e anche nella teoria del potenziale.

In matematica applicata, il processo di Wiener è usato per rappresentare l'integrale del rumore bianco gaussiano ed è molto utile come modello del rumore in ingegneria elettronica, nella teoria dei filtri e per rappresentare gli ingressi sconosciuti nella teoria dei controlli.

Un processo di Wiener W_t è caratterizzato dalle seguenti condizioni:

- il processo parte da zero, ovvero $W_0 = 0$ quasi certamente;
- le traiettorie, cioè le funzioni $t \to W_t$ sono continue quasi certamente;
- il processo ha incrementi indipendenti, ovvero, scelti quattro tempi $0 \leq s_1 \leq t_1 \leq s_2 \leq t_2$ (con la condizione che gli intervalli (s_1, t_1) e (s_2, t_2) non si intersechino), le funzioni delle variabili aleatorie:

[56] Fonte Wikipedia – Processo di Lévy: https://it.wikipedia.org/wiki/Processo_di_Lévy.
[57] Fonte Wikipedia – Processo di Wiener: https://it.wikipedia.org/wiki/Processo_di_Wiener.

$W_{t_1} - W_{s_1}$ e $W_{t_2} - W_{s_2}$

sono variabili casuali indipendenti;

- il processo ha incrementi gaussiani, ovvero scelti due tempi $s \leq t$:

$$W_t - W_s \sim N(0,(t-s))$$

dove $N(0,(t-s))$ denota una distribuzione normale con media nulla e varianza $(t-s)$.

- Proprietà: dalla definizione del processo stocastico, si ha che, per ogni t, la variabile aleatoria W_t segue la legge gaussiana $N(0,t)$ e, da questo comportamento distribuzionale, possono essere ricavate alcune proprietà:

  - la funzione densità di probabilità aleatoria W_t segue la legge gaussiana:

$$f_{W_t}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi t}} e^{-\frac{x^2}{2t}}$$

  - il valore atteso è nullo:

$$E_{W_t} = 0$$

  - la varianza è pari a t.

$$\sigma^2_{W_t} = t$$

  - la covarianza fra W_s e W_t è pari al minimo fra s e t:

$$\sigma_{W_s W_t} = min(s,t)$$

  - la correlazione fra W_s e W_t è pari alla radice quadrata del quoziente del minimo con il massimo fra s e t:

$$\rho_{W_s W_t} = \sqrt{\frac{min(s,t)}{max(s,t)}}$$

- Massimo e minimo: sia $M_t = \max_{0 \le s \le t}(W_s)$ il massimo raggiunto dal moto browniano, nell'intervallo $[0,t]$, la densità di probabilità di M_t è data, al variare di t, da:

$$f_{M_t}(m) = \sqrt{\frac{2}{\pi t}} e^{-\frac{m^2}{2t}} \cdot 1_{(0,+\infty)}$$

ed il suo valore atteso è:

$$E_{M_t} = \sqrt{\frac{2t}{\pi}}$$

Sia invece $m_t = \min_{0 \le s \le t}(W_s)$ il massimo raggiunto dal moto browniano, nell'intervallo $[0,t]$, per la simmetria dello stesso, la densità di probabilità di m_t è data, al variare di t, da:

$$f_{m_t}(m) = \sqrt{\frac{2}{\pi t}} e^{-\frac{m^2}{2t}} \cdot 1_{(-\infty,0)}$$

ed il suo valore atteso è:

$$E_{m_t} = -\sqrt{\frac{2t}{\pi}}$$

- Proprietà di scaling: se W_t è un moto browniano:

  - $V_t = W_{t+s} - W_s$ è un moto browniano;
  - $V_t = -W_t$ è un moto browniano;
  - $\forall\, c > 0$, $V_t = cW_{t/c^2}$ è un moto browniano;
  - il processo Z_t tale che $Z_0 = 0$ e $Z_t = tW_{1/t}$ (per $t > 0$) è un moto browniano.

- Regolarità delle traiettorie: per definizione, il moto browniano è continuo, quasi certamente.

  Se si elimina questa condizione dalla sua caratterizzazione, si ottiene un processo non necessariamente continuo. Tuttavia utilizzando il teorema di continuità di Kolmogorov, si può dimostrare che questo processo ha comunque una versione continua, quasi certamente e, in questo senso, la condizione di continuità seleziona proprio questa particolarità.

Utilizzando lo stesso teorema, si dimostra anche che, quasi certamente, ogni traiettoria del moto browniano è holderiana di esponente γ solo per $\gamma < 1/2$. Inoltre pur essendo continua, su tutto il proprio dominio, la traiettoria del moto browniano non è derivabile in nessun punto.

- Comportamento asintotico: la legge del logaritmo iterato afferma che, se W_t è un moto browniano, quasi certamente, si ha:

$$\lim_{t \to +\infty} sup \frac{|W_t|}{\sqrt{2t \ln \ln t}} = 1$$

- Proprietà di martingala: il processo di Wiener è una martingala e, in particole, se W_t è un processo di Wiener e $p(x,t)$ è un polinomio che soddisfa l'equazione differenziale, alle derivate parziali, del secondo ordine:

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) p(x,t) = 0$$

è una martingala, la funzione:

$$M_t := p(W_t, t)$$

  - Definizione di martingala [58]: nella teoria della probabilità, una martingala è un processo X_t, indicizzato da un parametro crescente t (spesso interpretabile come tempo), dove: $\forall\, s \le t$, l'attesa X_t, condizionata rispetto ai valori di X_r (con $r \le s$), è uguale X_s. Un noto esempio di martingala, in cui il parametro s è continuo, è il moto browniano.

- Differenziale del processo di Wiener: se si considera il processo di Wiener, in corrispondenza ad un lasso di tempo sufficientemente piccolo, si ottiene l'incremento infinitesimo di questo processo:

$$W_{t+dt} - W_t = \delta W_t = N\sqrt{dt}$$

che si può anche scrivere come:

$$(W_{t+dt} - W_t)/dt = N/\sqrt{dt}$$

Questo processo non è a variazione limitata (e non è differenziabile, nell'ambito dell'analisi matematica

[58] Fonte Wikipedia – Martingala: https://it.wikipedia.org/wiki/Martingala_(matematica).

classica). Infatti l'espressione precedente tende ad infinito, al tendere a zero dell'intervallo dt .
Di conseguenza, accantonati in parte gli strumenti dell'analisi matematica classica, il differenziale del processo di Wiener può essere comunque definito in senso stocastico. Infatti essendo la varianza di questo processo:

$$\sigma_{W_t}^2 = E\left(W_t^2\right) - E^2\left(W\right) = t$$

ed essendo nullo il suo valore atteso:

$$E\left(t\right) = E^2\left(t\right) = 0$$

si ha che la media quadratica del processo di Wiener coincide con il tempo trascorso:

$$\sigma_{W_t}^2 = E\left(W_t^2\right) = t$$

In questo modo, si può definire il differenziale di un processo di Wiener tramite il differenziale della media quadratica di tale processo, cosicché il differenziale di W_t , rispetto al tempo, è dW_t , in quanto è dt il differenziale del tempo t .
In altre parole, il differenziale di un processo di Wiener è un processo la cui media quadratica coincide con il differenziale della media quadratica del processo di Wiener da differenziare:

$$E\left(dW_t^2\right) = dE\left(W_t^2\right)$$

In base a quanto esposto, si può definire il differenziale di un processo di Wiener con la formula:

$$dW_t = N\sqrt{dt}$$

la quale, confrontata con l'espressione dell'incremento infinitesimo (già riportata all'inizio di questo punto), mostra che, secondo l'approccio stocastico δW_t coincide proprio con dW_t , e sussistono le proprietà:

$$E\left(dW_t\right) = 0 \qquad \text{e} \qquad \sigma_{dW_t}^2 = E\left(dW_t^2\right) = dt$$

In termini meno formali, il differenziale del processo di Wiener non è altro che un processo di Wiener considerato in un lasso di tempo infinitesimo.
Un'ulteriore interessante proprietà del processo di Wiener è poi l'approssimativa non stocasticità del fattore dW_t^2 , al tendere a zero del fattore temporale dt .

Viaggio in Italia [59]

La ragione di questo paragrafo, apparentemente estraneo allo stretto contesto dei giudizi critici e dialettici sulla Geomatica e la Geomatica Applicata, è legata al fatto che queste discipline, come molte altre, stanno viepiù aprendosi in ambiti internazionali, non solo nei più alti consessi accademici, ma anche nelle ordinarie attività didattiche scolastiche: universitarie, postuniversitarie e dottorali. In questo modo, un numero non così piccolo di allieve/i straniere/i, spesso provenienti anche da paesi lontani e di diversa cultura, frequentano e condividono tempi e spazi, con innegabili problemi per la costruzione di un sapere multiculturale, realmente condiviso. In questo senso, un viaggio in Italia non è una reminiscenza letteraria del passato, ma una vera e propria realtà attuale cui occorre saper rispondere e che si deve affrontare, con tutti i mezzi necessari.

Conosci il paese dove fioriscono i limoni? Nel verde fogliame splendono arance d'oro. Un vento lieve spira dal cielo azzurro Tranquillo è il mirto, sereno l'alloro (Goethe, Viaggio in Italia).

L'Italia è ancora come la lasciai, ancora polvere sulle strade, ancora truffe al forestiero, si presenti come vuole. Onestà … ovunque cercherai invano, c'è vita e animazione qui, ma non ordine e disciplina; ognuno pensa per sé, è vano, dell'altro diffida, e i capi dello stato, pure loro, pensano solo per sé. Bello è il paese! Ma …, ahimè, più non ritrovo. Non è più questa l'Italia che lasciai con dolore (Goethe, Viaggio in Italia).

1	Karlsbad	3 settembre 1786
2	Monaco	6 – 7 settembre
3	Brennero	8 settembre
4	Trento	10 – 11 settembre
5	Verona	14 – 18 settembre
6	Vicenza	19 – 25 settembre
7	Padova	26 – 27 settembre
8	Venezia	28 settembre – 14 ottobre
9	Bologna	18 – 20 ottobre
10	Firenze	23 ottobre
11	Roma	29 ottobre 1786 – 22 febbraio 1787
12	Napoli	25 febbraio – 29 marzo
13	Palermo	2 – 18 aprile
14	Agrigento	23 – 27 aprile
15	Catania	1 – 5 maggio
16	Napoli	14 maggio – 3 giugno
17	Roma	6 giugno 1787 – 24 aprile 1788
18	Siena	27 aprile
19	Firenze	29 aprile – 11 maggio
20	Bologna	12 maggio – 21 maggio
21	Milano	22 maggio – 27 maggio
22	Como	28 maggio
23	Costanza	3 – 10 giugno
24	Norimberga	13 – 16 giugno
25	Weimar	18 giugno 1788

I viaggi in Italia di Goethe

[59] Il titolo del paragrafo è tratto da un diario/saggio di Johann Wolfgang Goethe.

Poche righe, tratte rispettivamente dal diario del primo e secondo viaggio di Goethe, bastano a descrivere una situazione, ampiamente nota a chiunque non voglia mentire a se stesso, al proprio ambiente ed anche all'intero Paese. Infatti alla descrizione di un bel paese, seppure talvolta ormai anche sciupato nel paesaggio (eppure complessivamente ancora molto bello, da un punto di vista sia ambientale che del costruito storico), corrisponde lo sconcertante riconoscimento di una comunità che fa fatica ad essere ammessa nel novero dei paesi più progrediti. D'altra parte, è onesto dover riconoscere come l'Italia sia un paese di maggiorenti e di clientele: una situazione formatasi già nella tarda Repubblica romana e rafforzatasi durante l'Impero che, con alterne vicende, continua nel medioevo (feudale e comunale) e poi fino ad oggi.
Infatti il Rinascimento di corti principesche, in conflitto tra loro, vede la loro catastrofe, di fronte al prevalere di più potenti nazioni europee; dopodiché la controriforma, l'avventura napoleonica, la restaurazione, l'Italietta postrisorgimentale ed il fascismo continuano lo stesso percorso, con brevi eccezioni, durante l'età dei Lumi, il Risorgimento e la Resistenza, comunque opera solo di ristrette minoranze. Allora questa debolezza civile e sociale fa sì che l'atteggiamento prevalente, verso il nuovo ed il diverso, oscilli fra un populismo becero ed un buonismo incapace, senza saper trovare la via per accettare il multiculturalismo, costruire un meticciato e ricercare il sincretismo. Pertanto il problema principale è un'educazione civica ed un galateo minimo, cose che riportano all'istruzione e, in particolare, all'educazione superiore (delle classi dirigenti, presenti e future):

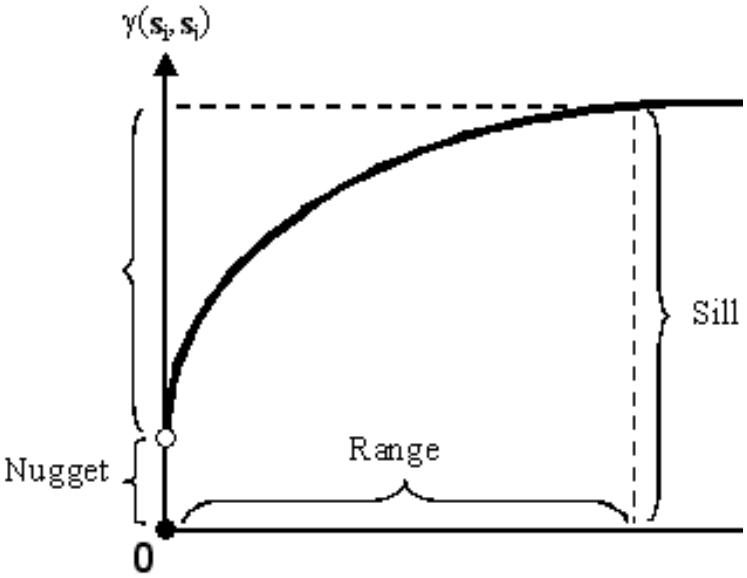
Io vi proposi di fare un'inchiesta affinché una metà della nazione conoscesse appieno l'altra metà, e le due parti della Penisola si unissero fraternamente; mi rispondeste essere l'inchiesta inutile, i mali passeggeri … Voi vedete se il sangue stesso degli uomini giustamente sacrificati onori il giovane regno, il quale sorge pure sulla terra dove Filangeri e Beccaria predicavano umanità, e dove sotto i migliori Governi napoletani si viaggiava coll'oro in mano. Fate voi stessi la vostra inchiesta; vedete se non avete permesso alla reazione di scoppiare, ai briganti di corrompere interi paese, alle popolazioni di molti luoghi di turbarsi riflettendo all'avvenire promesso dalla nostra rivoluzione (Giuseppe Ferrari, Atti parlamentati, 2 dicembre 1861).

Il cosmopolitismo tradizionale italiano dovrebbe diventare un cosmopolitismo di tipo moderno, cioè tale da assicurare le condizioni migliori di sviluppo all'uomo-lavoro italiano, in qualsiasi parte del mondo egli si trovi. Non il cittadino del mondo in quanto *civis romanus* o in quanto cattolico, ma in quanto produttore di civiltà. Perciò si può sostenere che la tradizione italiana si continua dialetticamente nel popolo lavoratore e nei suoi intellettuali, non nel cittadino tradizionale e nell'intellettuale tradizionale. Il popolo italiano è quel popolo che nazionalmente è più interessato a una moderna forma di cosmopolitismo. Non solo l'operaio, ma il contadino e specialmente il contadino meridionale (Antonio Gramsci, Quaderni dal carcere, Quaderno 19, par. 5).

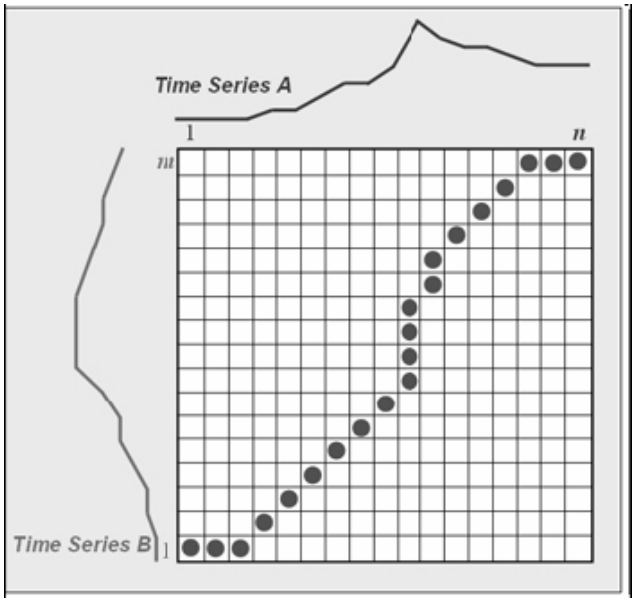
Misurare la qualità

Misurare anche le impressioni è un insegnamento proprio del Trattamento delle Osservazioni che, partendo dall'analisi di dati a referenza spaziale (dinamici e non), propri della Geomatica e della Geomatica Applicata, arriva a misurare, modellare e calcolare anche osservazioni relativamente borderline, rispetto alle discipline originarie, data la sostanziale unitarietà delle metodologie e delle procedure coinvolte. In questo ambito, un particolare interesse è rivolto alla modellazione di entità qualitative, per mezzo di matrici di dissimilarità, così come di grandezze quantitative, per mezzo di semivariogrammi. Infatti le prime [60] attengono alla matematica discreta, adatta a trattare dati non necessariamente normali, perché intrinsecamente robusta, prescindendo dall'uso di valori argomentali numerici (in particolare, laddove questi non esistono).
Invece i secondi sono un metodo raffinato della statistica computazionale, capaci di modellare dati normali (ma anche non necessariamente normali, per mezzo di un'anamorfosi gaussiana), con statistiche ottimali,

anche se evidentemente non robuste, dove comunque la robustezza può essere ottenuta sostituendo i numeri d'ordine delle posizioni (ovvero i ranghi dei dati) ai valori argomentali numerici dei dati. Inoltre dopo un'eventuale anamorfosi gaussiana e le varie elaborazioni successive (così come dopo un'elaborazione sui ranghi), è comunque sempre possibile tornare ai dati originali. La figura sottostante illustra un viariogramma, con un'anomalia d'origine [61] (detta *nugget*, cioè pepita), un certo *range* (od ascissa limite, prima di saturare il variogramma) ed un asintoto orizzontale (detto *sill*, quale soglia [62] superiore di saturazione).



Caratteristiche di un semivariogramma



Un esempio di similarità fra due serie temporali

[60] Le matrici di dissimilarità hanno origine empirica e non necessariamente rispettano le disuguaglianze triangolari, ma permettono tanto l'analisi della connessione, quanto il raggruppamento dei loro elementi, mediante tecniche di *cluster analysis*.

[61] Un campionamento opportunamente stratificato fa calcolare un variogramma mediato, con la conseguente riduzione della varianza: dalla varianza generale alla varianza residua (a sua volta, preliminare ad un trattamento detto *block-kriging*) che, insieme all'adozione di un'anamorfosi gaussiana ed al passaggio ai ranghi dei dati, conduce a risultati non lontani dalle matrici di dissimilarità (provando ancora ulteriormente come metodi diversi, possono condurre a risultati vicini, così come gli stessi metodi, in contesti differenti, possono fornire risultati molto lontani).

[62] Letteralmente: davanzale.

Infine la formulazione di giudizi critici e dialettici richiede l'esecuzione di test statistici fra i quali sono da segnalare quelli non parametrici (altrimenti e meglio detti, in letteratura inglese, *distribution free*), per entità qualitative, oppure per grandezze quantitative non normali. A riguardo, semplice è il test non parametrico per il confronto di due gruppi di dati (misurati o rilevati, così come provenienti da precedenti elaborazioni), dove l'ipotesi fondamentale (o nulla) è la comune origine distribuzionale e l'ipotesi alternativa è la negazione della stessa ipotesi nulla. Per eseguire il test, occorre classificare i dati in due istogrammi, valutando le frequenze relative di tutte le classi. Dopodiché la comparazione è effettuata tra la stima di una grandezza chi quadrato e due valori limite (inferiore e superiore), dati dalla distribuzione teorica della stessa variabile casuale [63].

$$\hat{\chi}^2_{\nu=m-l} = \sum_{i=1}^{m} \frac{\left(k_1 f_i - k_2 g_i\right)^2}{f_i + g_i} \qquad \Rightarrow \qquad \hat{\chi}^2_{\nu=m-l} \le \chi^2_{\nu,1-\alpha/2}$$

dove: α è il livello di significatività del test;

m il numero di classi non-vuote in cui sono suddivisi i dati dei due gruppi;

l un valore uguale ad 1, se le dimensioni dei due gruppi sono progettate uguali (cioè quando: $n_1 = n_2$), ed uguale a 0, se le loro dimensioni sono invece diverse (cioè quando: $n_1 \neq n_2$);

f_i e g_i sono le frequenze relative delle classi, rispettivamente del primo e del secondo gruppo;

k_1 e k_2 due costanti, date le possibili diverse dimensioni (n_1 e n_2) dei due gruppi, tali che:

$$k_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} g_i \Big/ \sum_{i=1}^{m} f_i} \qquad \text{e} \qquad k_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} f_i \Big/ \sum_{i=1}^{m} g_i}$$

Il test non – parametrico per il confronto di due gruppi di dati (misurati o rilevati, così come provenienti da precedenti elaborazioni), dove l'ipotesi fondamentale (o nulla) è la comune origine distribuzionale e l'ipotesi alternativa è la negazione della stessa ipotesi nulla, è adatto al confronto d'ipotesi. Tuttavia poiché confronti d'ipotesi si richiedono anche in Geomatica ed in Geomatica Applicata, come pure in Geodesia ed in tutte le discipline del rilevamento, un test parametrico, con le stesse ipotesi (benché la sua costruzione sia più complessa), è altrettanto possibile. Infatti a partire da dati normalmente distribuiti e dato che combinazioni lineari di variabili casuali normali sono variabili casuali normali, sono allora normali tanto le stime dei parametri, quanto qualsiasi loro media ponderata.

Pertanto avendo ponderato e mediato le stime dei paramenti, di entrambi i due gruppi di dati, grazie ad una qualsiasi radice dell'inversa della matrice inversa [64] (dove la radice data dal fattore di Cholesky è preferibile, perché direttamente derivata dalla fattorizzazione della matrice normale originaria), la loro differenza, una volta rapportata alla radice quadrata della somma dei due distinti sigma zero quadrati, ulteriormente divisi per le loro rispettive numerosità, è una variabile casuale che segue la distribuzione F di Fisher, dove i gradi di libertà del denominatore sono calcolati con la formula di Welch – Tukey [65]. Infatti il test di Welch permette

[63] E' altrettanto possibile effettuare anche un test parametrico, con le stesse ipotesi, benché la sua costruzione sia più complessa. Infatti questo test è certamente centrale in Geomatica e Geomatica Applicata, come già in Geodesia e nelle sue scienze affini operative.
[64] E' possibile utilizzare anche la radice pari, ma il suo calcolo, possibile solo a valle di quello della matrice inversa, è molto laborioso.
[65] La messa a punto del test si è avvalsa della collaborazione con l'amico e collega Giovanni Battista Benciolini (non del tutto concorde sul risultato raggiunto, perché non riferito, nel loro insieme, ad ogni parametro, ma ad una loro trasformazione) cui va comunque il ringraziamento degli autori.

la comparazione, entro la normalità, di due medie di campioni indipendenti con diversa varianza e, nel caso specifico, diversa struttura topologica dell'insieme dei dati, cosicché si ha:

- valore atteso: $$\hat{F}_{\mu,\nu} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(e_{i(1)}^{T} Q_{xx(1)}^{-1/2}\hat{x}_1 - e_{i(2)}^{T} Q_{xx(2)}^{-1/2}\hat{x}_2\right)^2}{n\left(\hat{\sigma}_{0(1)}^2 + \hat{\sigma}_{0(2)}^2\right)} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(e_{i(1)}^{T} T_1\hat{x}_1 - e_{i(2)}^{T} T_2\hat{x}_2\right)^2}{n\left(\hat{\sigma}_{0(1)}^2 + \hat{\sigma}_{0(2)}^2\right)}$$

  $$\begin{array}{cccccc} 1 & 2 & \dots & i & \dots & n \end{array}$$ (con $n = min(n_1, n_2)$)

  con: $e^T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix}$ e

  $T \quad \Rightarrow \quad Q_{xx}^{-1} = T^T T = C$ (essendo C la matrice normale e T il fattore di Cholesky)

- gradi di libertà: $\mu = n - 1 \qquad \nu = nearest\ int\left(\dfrac{\left(\dfrac{\hat{\sigma}_{0(1)}^2}{n_1} + \dfrac{\hat{\sigma}_{0(2)}^2}{n_2}\right)^2}{\left(\dfrac{\hat{\sigma}_{0(1)}^2}{n_1}\right)^2 \dfrac{1}{n_1+1} + \left(\dfrac{\hat{\sigma}_{0(2)}^2}{n_2}\right)^2 \dfrac{1}{n_2+1}} - 2\right)$

- confronto d'ipotesi: $\hat{F}_{\mu,\nu} \le F_{\mu,\nu,\alpha/2}$ con α è il livello di significatività del test

Un commento conclusivo attiene all'inferenza statistica nel suo complesso, forse la parte più ampia di tutta la statistica. D'altra parte, l'inferenza statistica può spaziare dal confronto ed il controllo d'ipotesi al controllo di qualità, tanto su dati quantitativi (misurati o rilevati, così come provenienti da precedenti elaborazioni), quanto su dati qualitativi (come censimenti, sondaggi, fino ad impressioni), operando con i test classici della normalità, oppure con i test non parametrici. Di conseguenza, l'inferenza statistica si costituisce come un metodo di decisione ed un criterio di giudizio, fondato su precise ipotesi distribuzionali e pochi assunti a priori (in particolare, gli errori di prima e di seconda specie, ovvero il livello di significatività e la potenza del test), chiari e relativamente certi e sicuri [66].

Estendendo queste considerazioni alla realtà quotidiana, misurare le impressioni è l'unica via per uscire da quell'ambivalente mix, oscillante fra populismo e buonismo, viepiù beceri e/o incapaci. In questo modo, alle "facce feroci" di chi vuole la guerra contro i poveri del mondo, si contrappone il "cuore in mano" di chi, solo a parole, è per un'accoglienza illimitata, ma poi, nei fatti, lascia chi arriva in mezzo al degrado ed alla sporcizia. Una falsa e vergognosa alternativa è poi data da chi sfrutta la loro presenza, per fare illeciti lauti guadagni, mentre li lascia in condizioni limite, per quanto riguarda tanto la sussistenza, quanto la dignità. Oltretutto tutto ciò è spesso addossato ai cosiddetti penultimi (ovvero agli strati più deboli e poveri della popolazione locale), mentre gli strati medio alti (e soprattutto quelli più ricchi e potenti) non ne sono minimamente toccati.

[66] Le sole alternative sono più povere, come il bricolage, oppure totalitarie, come il fanatismo religioso e/o ideologico di cui purtroppo è piena la storia passata e recente (tragicamente ancora attuale).

Omaggio rispetto ed umiltà

Giunti quasi al termine di questo lavoro (che si può facilmente collegare ad altri due), giustamente si pone la domanda su cosa voglia significare scrivere tre lunghi lavori su:

- la critica dialettica della Geomatica;
- la critica dialettica della Geomatica Applicata;
- giudizi critici e dialettici sulla Geomatica e la Geomatica Applicata,

che sicuramente echeggiano i titoli delle tre famosissime sintesi critiche kantiane e che portano alla risposta ovvia: questa scelta non è casuale, ma volontaria e, come tale, deve essere motivata.

Infatti una prima motivazione è rendere omaggio ad un grande pensatore, filosofo e scienziato, che prepara sintesi critiche delle scienze del suo tempo (principalmente la geometria euclidea [67] e cartesiana, con la fisica galileiana e newtoniana) e delle conquiste politiche (figlie soprattutto della Riforma e dell'Illuminismo). Tutto questo è sicuramente datato, ma lo schema di fondo ben si presta ad essere aggiornato, da un punto di vista scientifico, così come da un punto di vista politico e sociale (come chiaramente stabilito dalla rilettura fatta dai filosofi neokantiani, in stretto contatto con i fisici del loro tempo).

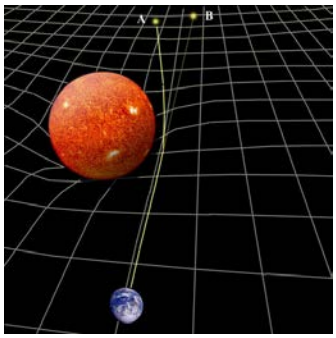
Una seconda motivazione è esprimere rispetto nei confronti dei filosofi della scienza, nonché dei matematici e dei fisici teorici contemporanei che, con le loro opere, danno preziosissime indicazioni, su come indirizzarsi ed indirizzare una ricerca che non sia solo chiusa, da porte stagne, all'interno di un solo settore scientifico disciplinare, quasi che i confini delle sue discipline siano come le mura di un ghetto. Tutto ciò è vero sia per una ricerca teorica, di punta e di nicchia, quanto per una ricerca applicata, con le sue ricadute tecnologiche e tecniche, pena diventare scienza senza oggetto, la prima, e bricolage, la seconda.

Una terza motivazione è dimostrare umiltà da parte di coloro che non sono filosofi, né matematici o fisici, ma solo studiosi di Trattamento delle osservazioni, nell'ambito delle varie discipline del rilevamento, in quanto una prima attenzione è rivolta al confini di queste discipline, dallo studio dei loro fondamenti, alla scoperta delle loro possibili aperture. Tuttavia seconde e terze attenzioni devono essere rivolte alle basi matematiche e fisiche, necessarie allo studio ed all'approfondimento della materia, nonché al contesto storico, geografico, sociale, politico e culturale dove queste discipline sono sorte, sviluppate e strutturate.

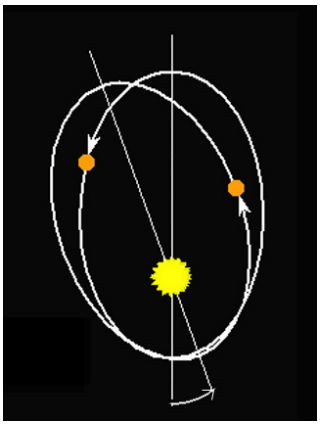
Dopodiché un'osservazione curiosa nota che sono ormai passati oltre due secoli dalla pubblicazione delle tre sintesi critiche kantiane ed una domanda altrettanto curiosa si chiede se si hanno sintesi critiche più recenti. A riguardo, sicuramente esistono lavori notevoli, prodotti dall'empirismo critico e dallo strutturalismo, nella filosofia, così come dall'assiomatizzazione della matematica e dalle nuove teorie della fisica. Tuttavia Kant scrive circa tre / due secoli dopo l'Umanesimo ed il Rinascimento (ed oltre sei secoli dopo la Sicilia araba, normanna e sveva), mentre da Kant ad oggi ne sono passati solo un po' più dei due.

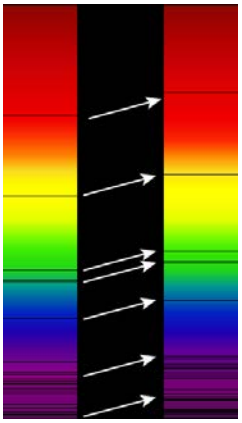
Pertanto una buona lettura critica del tempo, trascorso fino ad oggi, può solo collezionare una specie di enciclopedia del pensiero successivo, fino a quello contemporaneo, in bilico tra riconoscere, nel mondo di Internet, tutto lo scibile prodotto (la cui vastità impedisce le nuove sintesi critiche, allora possibili) e l'attesa fiduciosa che, in futuro, altre sintesi siano scritte, per i posteri. Invece i tre presenti lavori sono solo spunti di riflessione per esperti e praticanti, nelle discipline del rilevamento, affinché non coltivino una scienza senza oggetto e non si perdano in un (forse fattivo) ma insignificante bricolage.

[67] Gli Elementi di Euclide sono un prodotto del mondo antico, ma la loro riscoperta (con la traduzione in latino) è solo tardo medioevale.



La curvatura relativistica della luce





Lo spostamento del perielio di Mercurio e verso il rosso

Il big bang, la successiva inflazione, la nucleo-sintesi, ecc., fino alla formazione delle stelle, delle galassie, degli ammassi di galassie, ecc. sono alcune tappe che la cosmologia odierna è in grado di descrivere, in base a dati sperimentali [68]. Altrettanto confermati da esperimenti sono tre aspetti caratteristici, conseguenza diretta della teoria della relatività generale: la curvatura relativistica della luce (per l'azione di grandi masse frapposte al suo percorso), lo spostamento del perielio di Mercurio (dovuto alla presenza vicina del Sole) e lo spostamento verso il rosso delle righe spettrali della luce.

Altre parti della fisica atomica e nucleare, fino alle particelle e forse anche alle stringhe, e poi tutta la teoria del tempo (che riporta dall'estremamente piccolo delle particelle all'estremamente grande della cosmologia) sono ancora in buon accordo tra teoria e dati sperimentali. Allora tutto ciò cambia completamente il quadro di riferimento scientifico, geometrico e fisico, proprio delle sintesi critiche kantiane, ma quello che non cambia è il quadro di riferimento logico (pur nell'abbandono di alcuni giudizi a priori e, in parte, anche della distinzione, tra sintetico ed analitico), dove ben si situano anche le nuove teorie scientifiche.

Allora ai margini di queste considerazioni scientifiche che devono costituire l'ambito naturale non solo per la geodesia, come scienza della Terra, ma anche per la Geomatica, come scienza applicata all'ambiente, al territorio ed agli oggetti ivi consistenti (compresi i beni culturali ed ambientali), altre considerazioni politiche, sociali ed economiche non sono estranee, del tutto. Infatti se la Geomatica, raggruppando le discipline del rilevamento, si collega giustamente alla geodesia ed alle scienze dure, come la matematica e la fisica, la Geomatica applicata è tutta rivolta alle applicazioni (a partire dal suo nome).

Pertanto le applicazioni, come già detto in precedenza, non sono mai pura tecnica e, di conseguenza, neutre completamente, ma invece sono fortemente condizionate dalla politica, dal contesto sociale e dall'economia, perché qualcuno deve decidere, le opere stesse devono essere condivise (oppure imposte, seppure spesso, in questo modo, sbagliando gravemente verso le popolazioni coinvolte) ed il loro costo è certamente la variabile che, in un dato momento, fa decidere per un sì o per un no. Tutto questo porta ad altre riflessioni, pure presenti nelle sintesi critiche kantiane.

Infatti la politica, la società e l'economia caratterizzano, da sempre, la vita civile associata, ma le loro forme sono spesso fortemente cambiate [69]. In particolare, dopo la Riforma, con la promozione dell'autonomia dell'individuo, e l'Illuminismo, con la delimitazione dei poteri delle entità statali (e locali) e la dichiarazione dei

[68] Una teoria si propone come una congettura e può essere falsificata solo da confutazioni (ovvero da contro-esempi validati), mentre i dati sperimentali servono solo a corroborare la teoria stessa, senza tuttavia dimostrare alcunché.

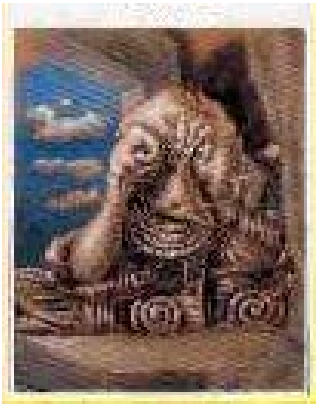
[69] Il dispotismo imperiale del mondo antico e quello feudale del medioevo sono due forme di governo lontane dalla democrazia, anche se la democrazia ateniese e quella dei liberi comuni italiani (come pure delle città marinare italiane, fiamminghe ed anseatiche) sono alcuni esempi di un cammino, lento e tortuoso, in direzione di questa.

principi costituzionali, la definizione della democrazia e la speranza concreta di una pace perpetua, tra le nazioni ed i popoli della Terra, costituiscono le basi essenziali del vivere civile, dello sviluppo sociale e del progresso economico (seppure non senza conflitti, anche gravi, tra forze in gioco [70]).

Purtroppo gli eccessi della Rivoluzione francese ed il debordare in Europa di una politica di conquiste (come sono le avventure napoleoniche) frenano questo lento processo e, con la Restaurazione, riportano indietro i tempi alle guerre dinastiche, alle politiche reazionarie ed alle lotte di religione (seppure sotto le nuove vesti dei partiti politici, in conflitto tra loro [71]). Tuttavia uno sviluppo economico, sempre più forte e prepotente, impone presto avanzamenti anche su un piano politico e sociale, aprendo la via, non senza altre lotte [72], alla democrazia ed alle conquiste sociali dei lavoratori.

Oggigiorno dopo tre rivoluzioni industriali (di cui la seconda fordista, con la grande fabbrica, e la terza post-industriale, con la rivoluzione informatica e l'automazione), molte cose sono cambiate, ma i diritti (ed i doveri) devono essere ugualmente garantiti e tutelati, i primi (come pure rispettati, i secondi). Nulla può cancellare i conflitti e le lotte, ma solo pace e democrazia permettano che questi possano svolgersi bene con successo ed equilibrio. Ogni soluzione alternativa è puramente regressiva, al più marciando verso una democrazia ristretta, per un'elite, lasciando ai margini una moltitudine di esclusi.

E' ancora evidente che i problemi odierni vadano ben oltre le sintesi critiche kantiane, anche sul versante della politica, ma pace e democrazia, sono condizioni indispensabili, per poter godere, in pieno, delle libertà fondamentali, dei diritti (negativi e positivi) e di una giustizia (intesa come equità). Infatti una globalizzazione selvaggia, attualmente così imperante, sta mettendo a rischio proprio la pace e la democrazia, erroneamente ritenute troppo sicure, oltre a provocare danni, forse permanenti, all'ambiente, al tessuto sociale ed anche all'economia stessa.



Alberto Savinio, Il notturno (collezione privata [73])

Emilio Longoni [74], L'oratore dello sciopero (collezione della Banca di Credito Cooperativo di Barlassina)

[70] Le rivolte degli schiavi, dei servi della gleba, degli operai delle arti minori, delle plebi delle prime città metropolitane e dei popoli oppressi (coloniali e non) sono alcuni esempi di questi conflitti, anche tutti questi non assumono l'aspetto di lotta di classe, almeno fino al dispiegarsi della prima rivoluzione industriale.

[71] Engels stesso attribuisce la sconfitta del movimento (democratico) cartista inglese agli eccessi (rivoluzionari) del '48 francese.

[72] Oltre il contesto europeo è anche l'epoca dell'ulteriore conquista coloniale e dell'imperialismo (che arriva alla prima guerra mondiale).

[73] Il dipinto serve per una copertina di un'edizione moderna per Una storia vera di Luciano di Samosata, scrittore greco – siriaco del tardo ellenismo, sofista ed epicureo, scrive racconti fantastici in cui narra di un viaggio, oltre le Colonne d'Ercole (ovvero oltre lo Stretto di Gibilterra), per arrivare fino sulla Luna (essendo anche il primo che la pone come meta di un viaggio).

[74] Pittore italiano, tra la fine dell''800 e l'inizio del '900, noto alla polizia milanese come il pittore degli anarchici, rappresenta temi sociali ed ambienti naturali. Amico e pressoché coetaneo di Giovanni Segantini, si avvicina al divisionismo di questi, ma sopravvissuto alla scomparsa prematura del primo, in età avanzata, persegue forme artistiche fortemente smaterializzate.

Ancora una volta, le scelte personali, nella comune vita associata, così come negli studi o nella professione di esperti e praticanti in Geomatica e soprattutto Geomatica Applicata, sono scelte politiche. Infatti il dilemma tra una strada onirica ed una impegnata è il primo bivio che occorre affrontare, dove un pizzico di utopia, pur necessario, non deve fomentare il sonno della ragione. Dopodiché il secondo bivio tra gli impegnati distingue fra chi pensa l'uguaglianza una conquista necessaria da raggiungere, pur senza limitare le libertà personali, e chi la pensa invece un impiccio da cui liberarsi con ogni mezzo.
Allora proprio la lezione kantiana, tenuto anche conto che il grande pensatore, prima di essere un filosofo ed uno scienziato, è un professore di geografia, attento alla storia ed alla politica, insegna chiaramente sia la necessità dell'impegno che la positività di una scelta progressista. Pertanto l'invito caldo e pressante a tutti gli esperti e praticanti in Geomatica e Geomatica Applicata è sicuramente uscire da una torre d'avorio, per sporcarsi poi le mani, non in sordidi intrallazzi, profittevoli per se stessi e solo pochi altri, ma per scopi nobili ed alti, a vantaggio dell'umanità intera, cercata a partire dalle comunità più piccole, localizzabili qui ed ora.

Conclusione

Digital Earth è una rappresentazione a molte risoluzioni, tridimensionale del pianeta, in cui si possono inserire enormi quantità di dati georeferenziati. … Dobbiamo cercare di sviluppare una carta digitale del mondo alla risoluzione di un metro. … Questa può sembrare una fantascienza … non esiste alcuna organizzazione, né a livello organizzativo, né industriale o accademico, che possa intraprendere un progetto del genere. … Tuttavia siamo già abbastanza competenti. … in particolare in campi come l'interpretazione automatica delle immagini, la fusione dei dati provenienti da più fonti, e gli agenti intelligenti che identifichino e colleghino le informazioni presenti sul web relative a un particolare punto sul pianeta (Al Gore [75]).

Come già per il pensiero dei Cassini, nel '700, di aver una carta del mondo alla scala 1:86.400 (ovvero alla scala 1:100.000, come diventa, restringendosi un po', dopo l'adozione del sistema metrico decimale), anche la proposta di Al Gore [76] è sicuramente venata di utopismo, ma è certamente uno stimolo molto interessante, nel contempo. Infatti come le tecniche di allora permettono un rilevamento per quella scala, così altrettanto le tecniche di oggi (GPS, SAR, LIDAR [77], immagini digitali [78], GIS / LIS [79]) permettono il rilevamento per questa scala. Tuttavia è proprio la dimensione della terra (pari a: 400×10^6, cioè quattrocento milioni di kilometri quadrati circa, ovvero: 400×10^{12}, pari a quattrocentomila miliardi di metri quadrati circa, per semplicità, assumendo una Terra sferica, con un raggio di seimila kilometri) ad essere davvero problematica o quasi proibitiva. Inoltre anche solo un tono di grigio od un colore, per ogni metro quadrato della Terra, con la scala convenzionale dei grigi (compresa tra zero e duecentocinquantacinque), si ha: $256 = 100.000.000$ (in cifre binarie, cioè quasi un'altra decina di bit), ovviamente con tutta la difficoltà di acquisire, elaborare e validare l'informazione necessaria, prima di poterla archiviare e visualizzare. Infine un'informazione così dettagliata deve essere sempre tenuta ben aggiornata, pena la sua rapida obsolescenza (cosa che farebbe anche della carta digitale un interessante dato storico, ma non un utile strumento operativo).

[75] http://www.isde5.org/al_gore_speech.htm.
[76] Albert Arnold Gore Jr., politico ed ambientalista statunitense, è stato 45º Vicepresidente degli USA (durante la Presidenza di Bill Clinton), insignito del Premio Nobel per la Pace 2007 e del Premio Principe delle Asturie per la Cooperazione Internazionale 2007, grazie al suo impegno per la difesa dell'ambiente.
[77] Tutte le tecniche moderne geospaziali di posizionamento (od a queste assimilate) raggiungono precisioni centimetriche e, con una certa accuratezza, tanto nell'acquisizione, quanto nel trattamento, anche millimetriche.
[78] Ikonos, QuickBird, ecc. sono già una generazione di satelliti che, da ormai un po' di tempo, hanno la risoluzione di un metro od addirittura superiore.
[79] Kilo, mega, giga, tera, peta, exa, zetta, yotta, zona e weka che, attualmente ultimo, è dieci alla trenta (cioè mille miliardi di miliardi di miliardi), con una capacità di memorizzare dati pressoché sterminata.

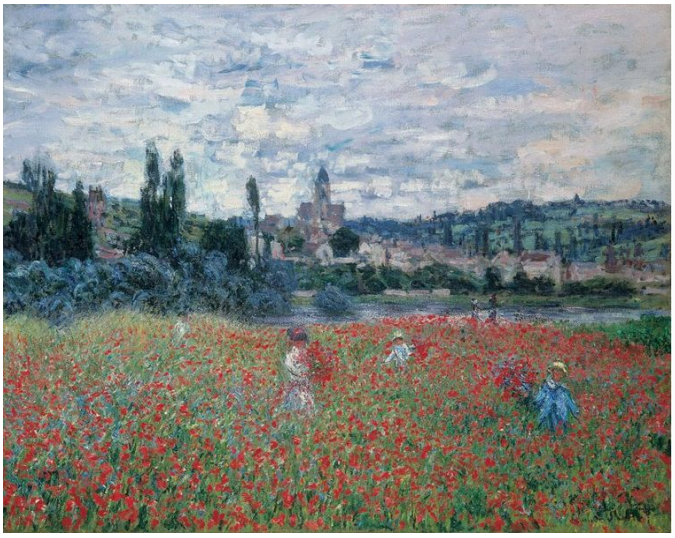
Un discorso diverso riguarda invece a cosa servono tutte queste mappe digitali, così come gli altri geodati. Infatti come già detto in precedenza, le informazioni possono servire allo sviluppo ed al progresso, ma anche al governo, allo sfruttamento (degli oppressi) ed al dominio. Di conseguenza, ancora una volta, come già detto in precedenza, la scienza e la tecnica sono neutre nei loro studi, ma non lo sono mai nel loro utilizzo. Allora se sviluppo e progresso sono molto utili, all'umanità intera e giù, giù passando per le varie comunità, grandi e piccole, fino alle singole persone, un governo è certamente necessario, ma deve stare con il primo gruppo e non contribuire alla costruzione ed al rafforzamento del secondo (dando forza allo sfruttamento degli oppressi ed al dominio dei potenti). Pertanto se le tecniche del rilevamento e della rappresentazione devono giovare, a tutti ed a ciascuno, la telemedicina, la diagnostica per immagini, le banche dati genomiche e non (per curare tante malattie epidemiche e non, rare oppure no, ma comunque endemicamente diffuse), ecc. sono uno degli esempi positivi, mentre la tristemente nota topografia del terrore è invece un esempio totalmente negativo, da condannare sempre, senza se e senza ma. Moltissimi altri sono gli esempi possibili e totalmente positivi (dal monitoraggio ambientale, alla tutela dei beni culturali, come pure dal controllo dei movimenti, alla modellistica per il disegno industriale, ecc.): occorre sempre vera sapienza e tanta saggezza. In questo modo, si ritorna ancora ai giudizi sul bello e, da questi, a quelli sul buono, sul giusto e sul vero.

La Bellezza non è una qualità delle cose stesse: essa esiste soltanto nella mente che le contempla e ogni mente percepisce una diversa Bellezza. Può anche esserci qualcuno che percepisce una Bruttezza dove un altro prova un senso di Bellezza; e ognuno dovrebbe appagarsi del suo sentimento senza pretendere di regolare quello degli altri. Cercare la reale Bellezza o la Bruttezza reale è una ricerca infruttuosa quanto pretendere di stabilire quel che realmente dolce o amaro; ... E' del tutto naturale è persino necessario estendere questo assioma al gusto mentale oltre che al gusto corporeo; e così il senso comune, che così spesso si discosta dalla filosofia, specialmente dalla filosofia scettica, si accorda, almeno in un caso con essa nel pronunciare questo verdetto. … Sebbene sia certo che la Bellezza e la Bruttezza, più ancora che il dolce e l'amaro, non sono qualità degli oggetti ma appartengono interamente al sentimento interno o esterno, si deve ammettere che ci sono certe qualità negli oggetti che sono adatte per natura a suscitare quei particolari sentimenti (David Hume, Saggi morali, politici e letterari).

Questa definizione del Bello può venire derivata dalla definizione precedente del medesimo come oggetto di compiacimento senza alcun interesse. Infatti, ciò che per cui si è consapevoli di provare compiacimento senza alcun interesse non può essere valutato che così. Deve contenere un fondamento di compiacimento per ognuno. Infatti, poiché esso non si fonda su una qualche inclinazione del soggetto (né su un altro interesse premeditato) poiché chi giudica si sente invece del tutto libero riguardo al compiacimento che dedica all'oggetto, egli non può rintracciare condizioni private di sorta come fondamenti del compiacimento (Immanuel Kant, Critica della capacità di giudizio).

Fontana del Mascherone di Santa Sabina, Colle Aventino, Roma

Un eccellente esempio … per questa storia della bruttezza … ci ispira alcune riflessioni. Tre di esse dovrebbero essere … evidenti … Il brutto è relativo ai tempi e alle culture, l'inaccettabile di ieri può diventare ciò che sarà accettato domani, e ciò che ciò che viene avvertito come brutto può contribuire, in un contesto adeguato, alla bellezza dell'insieme. La quarta osservazione induce a correggere la prospettiva relativistica: … ci sono reazioni basate sulla nostra fisiologia che rimangono più o meno inalterate attraverso i tempi e le culture. … Nella vita quotidiana siamo circondati da spettacoli orribili. Vediamo immagini di popolazioni dove i bambini muoiono di fame, ridotti a scheletri dalla pancia gonfia, di paesi dove le donne vengono stuprate dagli invasori, di altri dove corpi umani vengono torturati, così come ci tornano continuamente davanti agli occhi le visioni non molto remote di altri scheletri viventi che stanno per entrare in una camera a gas. Vediamo membra dilaniate dall'esplosione di un grattacielo o di un aereo in volo, … Ciascuno sa che queste cose sono brutte, non solo in senso morale, ma in senso fisico, e lo sa perché gli stimolano disgusto, spavento, ripulsa, indipendentemente dal fatto che possano ispirare pietà, sdegno, istinto di ribellione, solidarietà, persino se le si accetta col fatalismo di chi creda che la vita altro non sia che il racconto di un idiota, pieno di urla e furore. Nessuna coscienza della relatività dei valori estetici elimina il fatto che in questi casi noi riconosciamo senza esitazioni il brutto e non riusciamo a trasformarlo in oggetto di piacere. Allora comprendiamo perché l'arte dei vari secoli è tornata con tanta insistenza a raffigurarci il brutto. Per marginale che fosse la sua voce, ha cercato di ricordarci che, malgrado l'ottimismo di alcuni metafisici, a questo mondo c'è qualcosa di irriducibilmente e tristemente maligno (Umberto Eco, Storia della bruttezza).



Claude Monet, Campo di papaveri a Vetheuil (Collezione Bührle, Zurigo)

I sostenitori del senso interno intendono per bello l'idea che certi oggetti suscitano nella nostra anima e per senso interno del bello la facoltà che abbiamo di accogliere questa idea; osservano che gli animali hanno delle facoltà simili ai nostri sensi esterni, e che anzi le hanno qualche volta superiori alle nostre; ma che non ce n'è nessuno che mostri quello che intendiamo per senso interno. Un essere, continuano, può dunque avere interamente la nostra medesima sensazione esterna, senza cogliere però le somiglianze e i rapporti tra gli oggetti; può anche discernere quelle somiglianze e quei rapporti senza sentirne un grande piacere; d'altra parte le pure e semplici idee della figura e delle forme, ecc., sono qualcosa di distinto dal piacere. Il piacere può trovarsi là dove le proporzioni non sono considerate né conosciute, e può mancare per quanta attenzione si rivolga all'ordine e alle proporzioni. Come chiameremo dunque questa facoltà che agisce in noi senza che sappiamo bene il perché? Senso interno. … Questa denominazione è fondata sul rapporto tra la facoltà che essa designa e le altre facoltà. Tale rapporto consiste principalmente nel fatto che il piacere che ci fa provare il senso interno è differente dalla conoscenza dei principi. La conoscenza dei principi può accrescerlo o diminuirlo; ma questa conoscenza non si identifica con esso né è la sua causa. Questo senso dà un piacere necessario; poiché la bellezza e la bruttezza di un oggetto rimangono sempre le stesse per noi anche se abbiamo tutte le intenzioni di giudicare diversamente. Un oggetto sgradevole non ci può parere bello per il solo fatto che è utile; un bell'oggetto, anche se è nocivo, non per questo ci sembra brutto. Prometteteci il mondo intero in ricompensa per costringerci a trovare bella la bruttezza e brutta la bellezza; aggiungete al premio le più terribili minacce, voi non porterete nessun cambiamento alle nostre percezioni e al giudizio del senso interno: la nostra bocca potrà lodare o biasimare a vostro piacere; ma il senso interno rimarrà incorruttibile. … Bello è un termine che noi applichiamo a innumerevoli esseri; ma per quanta sia la differenza tra questi esseri, bisogna concludere o che noi facciamo una falsa applicazione del termine bello, o che in tutti questi esseri c'è una qualità di cui il termine bello è il segno. Questa qualità non può rientrare

nel numero di quelle che costituiscono la loro differenza specifica; poiché in questo caso non ci sarebbe che un solo essere bello, o tutt'al più una sola specie bella di esseri. Ma fra le qualità comuni a tutti gli esseri che chiamiamo belli, quale sceglieremo per identificare la cosa di cui il termine bello è il segno? Quale? E' evidente, mi sembra, che dovrà essere quella la cui presenza li rende tutti belli; la cui maggiore o minore intensità (se essa è suscettibile di maggiore o minore intensità) li rende più o meno belli; la cui assenza rende impossibile che siano belli; che non può cambiare natura senza che il bello cambi specie, e la cui qualità opposta renderebbe sgradevoli e brutti i più belli; in una parola, quella grazie alla quale la bellezza comincia, aumenta, varia all'infinito, declina e scompare. Ora, non c'è che la nozione di rapporti che abbia questa virtù. Chiamo dunque bello fuori di me tutto ciò che contiene in sé qualcosa che possa risvegliare nel mio intelletto l'idea di rapporti; e bello per me tutto ciò che risveglia quest'idea. Se faccio distinzione tra tutto ciò che contiene in sé qualcosa che possa risvegliare nel mio intelletto l'idea di rapporti, e tutto ciò che risveglia questa idea, è perché bisogna ben distinguere le forme che sono negli oggetti dalla nozione che io ne ho. Il mio intelletto non mette nulla nelle cose e non ne toglie nulla. … Non ci sono forse due uomini sulla terra che percepiscano esattamente gli stessi rapporti in uno stesso oggetto, e che lo giudichino bello allo stesso grado; ma se ce ne fosse uno solo insensibile a rapporti di alcun genere, sarebbe un perfetto bruto; e se vi fosse insensibile solo in qualche ambito, questo fenomeno rivelerebbe in lui una qualche deficienza nell'economia animale; e basterebbe la condizione generale del resto della specie per tenerci sempre lontani dallo scetticismo. … Collocate la bellezza nella percezione dei rapporti, e avrete la storia dei suoi progressi dall'origine del mondo fino ad oggi; scegliete qualsiasi altra qualità come carattere distintivo del bello in generale, e subito la vostra nozione si troverà ad essere concentrata in un punto dello spazio e del tempo (Denis Diderot, Trattato sul bello).

Con riferimento alla Geomatica ed alla Geomatica Applicata, bello significa soddisfare alcune proprietà:

- correttezza;
- consistenza;
- efficienza;
- sufficienza;
- condizionamento;
- affidabilità;
- robustezza,

dato che queste proprietà, matematiche e/o statistiche, bene si prestano a caratterizzare la qualità dei dati e delle informazioni, proprie di tutte le discipline del rilevamento, come di seguito specificato.

- Correttezza significa capacità di fornire stime prossime ai loro valori attesi e coincidenti, se si potesse prendere in considerazione tutti i campioni delle popolazioni universo, facendone le medie d'insieme (in pratica, essendo generalmente impossibile questa operazione, la correttezza diventa solo una proprietà tendenziale, oltretutto con il dubbio logico e filosofico sulla reale esistenza di centri, unici e stabili).
- Consistenza significa raggiungimento dei valori attesi, quando la numerosità dei campioni estratti tende a quella, spesso infinita, delle popolazioni corrispondenti (in pratica, verifica il diminuire della dispersione associata al crescere della numerosità dei campioni estratti). Condizione sufficiente, ma non necessaria, è la coincidenza tendenziale dei valori centrali e l'annullamento tendenziale della dispersione associata.
- Efficienza significa effettuare stime migliori rispetto alle informazioni a priori e, sotto particolari condizioni (in particolare, linearità delle stime e normalità dei dati) di minima varianza. A parte il raggiungimento del limite (o quantomeno l'approssimarsi allo stesso) è una proprietà comparativa che ribadisce il vantaggio del trattamento, rispetto ai soli dati grezzi.
- Sufficienza significa conservare nelle stime tutte l'informazione contenuta nei dati (ed ancillari sono due o più stime mutuamente sufficienti). A riguardo, tutte le stime di minima varianza sono sufficienti, mentre

si richiede che siano quantomeno sufficienti le stime effettuate con stimatori robusti. Tutto ciò dimostra che altre stime non aggiungono informazione e, come tale, delimita la ricerca ed il trattamento.

- Condizionamento significa procedere al trattamento dei dati con modelli numericamente stabili: ovvero non inserire parametri scollegati dalle osservazioni, presenti nei modelli adottati, né replicare parametri pressoché indistinguibili, da altri già in uso negli stessi modelli. Infatti il cattivo condizionamento avvicina od addirittura raggiunge la singolarità, rendendo difficile od impossibile qualsiasi trattamento.
- Affidabilità significa prendere in considerazione un insieme di dati nei quali sia possibile identificare e localizzare eventuali dati anomali e/o errori grossolani. In modo elementare, ma facilmente intuitivo, deve esistere sempre e dappertutto una ridondanza tre fra le osservazioni ed i parametri, cosicché sia sempre possibile identificare e localizzare anomalie ed errori, essendo fortunatamente rari queste/i.
- Robustezza significa far uso di stimatori capaci di resistere all'eventuale presenza di dati anomali e/o errori grossolani. Questa proprietà è antitetica a quella di minima varianza, ma il possibile compromesso sta nel richiedere comunque la sufficienza delle stime effettuate con gli stimatori robusti. In pratica, gli stimatori robusti sotto-pesano anomalie ed errori, privilegiando il grosso buono dei dati.

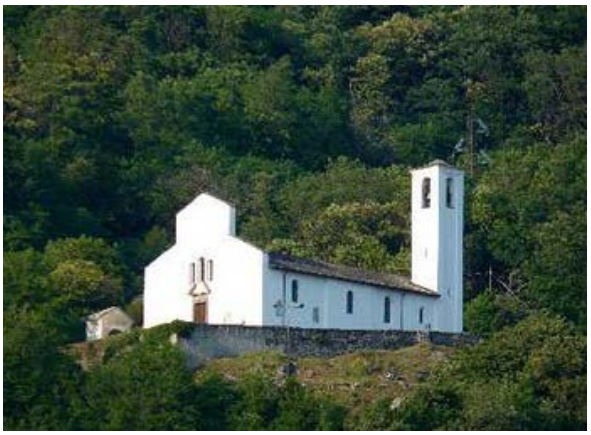
Allora alti pensieri sui metodi dell'analisi, tra filosofia e matematica, invitano a ragionare sul destino delle discipline del rilevamento, con tutte le loro scienze e tecniche affini, ed in particolare oggigiorno, della Geomatica e della Geomatica Applicata, distinguendo la presentazione verso il mondo esterno, dai comportamenti all'interno del settore scientifico disciplinare, perché ben diverse sono le necessità.
Infatti verso il mondo esterno bisogna ribadire l'essenzialità del suddetto settore scientifico disciplinare che, ovviamente deve sapersi aprire a tutti gli altri contributi tecnici, già presenti e forse ancora maggiori in futuro, certamente sarà oggetto di attenzione, come e più di adesso, da parte di molteplici utilizzatori, ma deve, nel contempo, saper mantenere la sua centralità di merito e di metodo.
Invece per quanto riguarda, i comportamenti all'interno di questo settore, tutti i suoi membri e ciascuno di essi devono aver coscienza di appartenere ad una comunità, prima ancora che ad una scuola, perché tutte le competenze specifiche possono essere acquisite, ma la volontà di stare insieme è una scelta preliminare, senza la quale il rischio della dissoluzione è fortemente reale.

Tintoretto (pseudonimo di Jacopo Robusti), Ultima cena (San Trovaso, Venezia)

Pertanto studiare è sicuramente necessario, pena fare cose trite e ritrite, ma indispensabile e fondamentale è sapersi confrontare in gruppi di ricerca che si fissano obiettivi comuni, si scambiano i risultati ottenuti e si aiutano (e si correggono) reciprocamente. Tutto ciò significa costruire un'autorevole egemonia culturale nel proprio settore, cosicché tutti gli altri ne abbiano grande rispetto [80].

Di un certo interesse e sicuramente curiosa è la storia di San Miro, un monaco ed eremita tardo medioevale, vissuto prevalentemente tra le Prealpi lombarde ed il lago di Como, perché insieme mago e guaritore (in un tempo ed una zona ancora ai margini della fioritura umanistica e rinascimentale, appena successiva). Infatti anche l'ermetismo, la magia, l'alchimia, l'astrologia, la cabala [81], ecc. sono veicoli della scienza moderna.

Eremo di San Miro a Canzo (Como)



Santuario di San Miro a Sorico (Como)

Infatti due siti sono a lui dedicati, rispettivamente a Canzo nel Triangolo lariano ed a Sorico sull'alto Lario comasco. Una leggenda locale racconta di una traversata del lago di Como con un mantello (ma potrebbe essere servita una barca od avrebbe potuto aggirare il lago, passando dalla città di Como, oppure potrebbe trattarsi di due persone, in qualche modo collegate fra loro).

Notevole è invece il tentativo di uscire dall'oscurità dei secoli bui [82], con le capacità ed i mezzi che i tempi ed i luoghi permettono, riconoscendo coeve le capacità costruttive dei maestri comacini e campionesi (dal paese Campione d'Italia, sul Lago di Lugano, detto anche Ceresio), partecipi anche della costruzione del Duomo di Milano (dopo la distruzione della città, ad opera del Barbarossa) [83].

Quando comincia il giorno? Un rabbino istruiva, una volta, i suoi discepoli. Nel corso dei suoi insegnamenti, domandò loro: "Quando comincia il giorno?". Uno tra loro rispose: "Quando si alza il sole ed i suoi dolci raggi abbracciano la terra e la rivestono d'oro. Allora, un nuovo giorno comincia". Ma il rabbino non fu soddisfatto da tale risposta. Così, un altro discepolo s'arrischiò ad aggiungere: "Quando gli uccelli cominciano a cantare in coro le loro lodi e la natura stessa riprende vita dopo il sonno della notte. Allora, un nuovo giorno comincia". Anche questa risposta non accontentò il rabbino. Uno dopo l'altro, tutti i discepoli tentarono di rispondere, ma nessuno riuscì a soddisfare il rabbino. Infine, i discepoli si arresero e con agitazione domandarono loro stessi: "Allora, dacci tu la risposta giusta! Quando comincia il giorno?". Ed ecco il rabbino

[80] A riguardo, la critica d'arte interpreta il dipinto del Tintoretto come il turbamento e lo sconforto all'annuncio del tradimento. Nel piccolo contesto del settore scientifico disciplinare, non si è di fronte a situazioni così drammatiche, ma non saper essere una comunità è il veicolo migliore per andare fuori strada, preda di feroci e/o infidi appetiti altrui.

[81] La filosofia, la medicina, la chimica, l'astronomia e la matematica hanno, da qui, una loro origine, almeno parziale.

[82] Tutto ciò non abilita affatto a legittimare oggi le cosiddette scienze occulte, al pari delle scienze moderne. Infatti chi le pratica oggi è solo un ciarlatano e forse anche un imbroglione. Quanto sopra riportato è solo il naturale riconoscimento di un cammino tortuoso, nello sviluppo della conoscenza (ben sapendo che addirittura Newton faceva gli oroscopi).

[83] Oggigiorno le capacità ed i mezzi sono maggiori, di gran lunga, e riesce difficile capire come e perché una comunità, invece di consolidarsi e crescere, vada dissolvendosi. Di conseguenza, ritorna pressante l'invito alla collaborazione all'interno, per dimostrare la propria egemonia culturale al mondo esterno, ricevendo in contraccambio il rispetto dovuto.

rispondere con estrema calma: “Quando vedete uno straniero nell’oscurità ed in lui riconoscete vostro fratello, in quel momento il giorno è nato. Se non riconoscete nello straniero vostro fratello o vostra sorella, il sole può essere sorto, gli uccelli possono cantare, la natura può ben riprendere vita. Ma fa ancora notte e le tenebre sono nel tuo cuore!” (Sapienza rabbinica).

E’ un invito, caldo e chiarissimo, alla disponibilità che si fa confronto, reciproco rispetto e tolleranza, con semplicità, modestia e serenità, verso tutti e ciascuno, all’interno della propria cerchia e via, via all’esterno, per cerchi sempre più grandi, senza porre limite alcuno, anteponendo l’eseguire insieme, fonte di pensiero concreto, alla teorizzazione solitaria, origine di tante sciocche controversie, su inutili cose astratte.

Tutto il ciarpame filosofico diventerà superfluo e scomparirà nella scienza positiva solo quando scienza della natura e scienza della storia avranno accolto in sé la dialettica (Friedrich Engels, Anti-Düring).

Inoltre una giusta attenzione alla struttura complessa della libertà è doverosa, perché i disegni dirigistici non solo opprimono la libertà, ma anche preparano e predispongono alla miopia, verso un futuro aperto (pure contrario a pericolosi sogni nostalgici), dove la complessità di questa struttura fa rifuggire da vane tentazioni, salvifiche – solipsistiche, e pretende invece giustizia per tutti, intesa come equità.

Ma sarà bene che non vi arrediate nella testa un bell’appartamento pronto fino all’ultimo chiodo, che si tratta poi di attuare. Riservatevi anzi la maggiore libertà possibile. Nel pianificare si litiga più facilmente che nell’eseguire e nell’eseguire vengono più idee che nel pianificare. Guardatevi bene dal diventare servitori di ideali; altrimenti sarete molto presto servitori di preti (Bertold Brecht, Me-ti [84]).

Infine poiché *jocunde docet* è un’ottima strada, due divertenti giochi matematici servono da commiato.

- Fibonacci (pseudonimo di Leonardo Pisano) immagina di chiudere una coppia di conigli in un recinto, cosicché nei primi sei mesi, sapendo che ogni coppia di conigli inizia a generare dal secondo mese di età, genera una nuova coppia ogni mese e non muore mai, saranno presenti rispettivamente: due, tre, cinque, otto, tredici e ventuno coppie di conigli.
- David Hilbert ha inventato un albergo con un numero infinito di stanze, tutte numerate (da uno in su) e tutte sempre occupate; in questo modo, se una sera arriva un nuovo ospite, senza una prenotazione, il direttore dell’albergo avvisa i signori ospiti che si devono spostare nella stanza con il numero successivo (a quello attuale), liberando così la stanza numero uno.

Bibliografia minima

Broton J. (2013): La storia del mondo in dodici mappe. Feltrinelli, Milano.
Eco U. (2007): Storia della bruttezza. Bompiani, Milano.
Eco U. (2012): Storia della bellezza. Bompiani, Milano.
Eco U. (2013): Storia delle terre e dei luoghi leggendari. Bompiani, Milano.
Kandel E.R. (2012): L’età dell’inconscio – Arte, mente e cervello dalla grande Vienna ai nostri giorni. R. Cortina E., Milano.
Odifreddi P. (2014): Il museo dei numeri – Da zero verso l’infinito, storie del mondo della matematica. Rizzoli, Milano.
Tegmark M. (2014): L’universo matematico – La ricerca della natura ultima della realtà. Bollati Boringhieri, Torino.
Vallortigara G., Panciera N. (2014): Cervelli che contano. Adelphi, Milano.

[84] La citazione è tratta da un piccolo manuale di morale (intesa come educazione civica ed etichetta) di Brecht che fa parlare un saggio orientale, Ka-mech, in luogo di Karl Marx.