

# **La conservazione del patrimonio storico della liuteria italiana: un progetto sperimentale basato su tecniche di ingegneria della conoscenza**

P. Baroni\*, G. Guida\*, R. Meucci°

\* Dipartimento di Elettronica per l'Automazione, Università di Brescia,  
Via Branze, 38 – 25124 Brescia – [baroni, guida]@bsing.ing.unibs.it

° Istituto di Musicologia, Università di Parma  
Via Cavour, 28 - 43100 Parma - r.meucci@agora.stm.it

Il progetto illustrato nel presente contributo è finalizzato alla raccolta, in un sistema informatico avanzato, del patrimonio storico della liuteria italiana, con particolare riferimento alle conoscenze riguardanti la concezione e la costruzione degli strumenti ad arco. Il progetto assume come punto di partenza il legame che esiste fra un liutaio e i suoi prodotti; ipotesi fondamentale del lavoro è che l'osservazione attenta di uno strumento è in grado di rivelare le conoscenze che l'autore ha impiegato nella sua costruzione. Il progetto è centrato sulla liuteria italiana e, per il momento, sui liutai milanesi del periodo compreso fra il 1650 e il 1750, del quale esponenti illustri sono i liutai delle famiglie Grancino, Testore e Carlo Ferdinando Landolfi. Il contributo, oltre a delineare i tratti fondamentali del progetto attualmente in corso, presenta i risultati principali di uno studio di fattibilità, condotto nel periodo 1997-98, centrato sul problema specifico della attribuzione di violini di interesse storico.

## **1. Introduzione**

Scopo del presente lavoro è di illustrare un progetto in corso di sviluppo che vede la cooperazione di due discipline culturalmente distanti, la storia della liuteria e l'ingegneria della conoscenza. Il progetto è nato circa tre anni fa dall'idea iniziale di costruire un sistema basato sulla conoscenza in grado di emulare le capacità di un esperto di liuteria nell'affrontare problemi di attribuzione. In particolare, il sistema ipotizzato avrebbe dovuto essere in grado di analizzare la descrizione di un violino fornita interattivamente dall'utente per mezzo di un insieme appropriato di attributi (misure, osservazioni morfologiche, particolari costruttivi, ecc.) e di proporre una possibile attribuzione ad un liutaio o ad una scuola, assieme ad una giustificazione a supporto dell'attribuzione suggerita e ad una indicazione esplicita del suo grado di attendibilità.

L'esperienza maturata su questo problema nella prima fase del progetto, oggi conclusa, ha portato a comprendere l'enorme complessità del compito dell'attribuzione e, allo stesso tempo, a riformulare gli obiettivi del lavoro in termini più generali e più fondamentali. L'attribuzione, inizialmente considerata come l'espressione più significativa delle capacità di un esperto di liuteria, è in effetti solo uno dei problemi che l'esperto sa risolvere e non è completamente rappresentativa delle sue competenze. Ad un'indagine più approfondita, la competenza di un esperto di liuteria include due capacità fondamentali:

- la capacità di saper guardare uno strumento, identificandone i tratti rilevanti al fine di fornirne una caratterizzazione tecnico-storica;
- la capacità di caratterizzare i prodotti dei liutai o delle scuole, identificando i tratti distintivi, le eredità, le innovazioni, le relazioni con altre scuole costruttive.

Il progetto è quindi stato nuovamente impostato in termini più ampi e scientificamente più ambiziosi. Il progetto assume come punto di partenza il legame forte che esiste fra un liutaio e i suoi prodotti. Lo strumento ad arco è un prodotto individuale: non viene costruito sulla base di una specifica generale e universalmente valida, ma è un prodotto-espressione, che scaturisce dalla creatività e dalla sensibilità individuale di un costruttore-artista. In questo senso, ogni strumento d'autore è un prodotto tecnologico e allo stesso tempo un'opera d'arte. Scopo centrale del progetto è di raccogliere in modo organico e strutturato il patrimonio di conoscenze che i liutai di un data area geografica e di un dato ambito storico hanno espresso nei loro strumenti. Assunto fondamentale del lavoro è che l'osservazione attenta di uno strumento è in grado di rivelare le conoscenze che l'autore ha

impiegato nella sua costruzione: le scelte di impostazione, le decisioni tecniche e stilistiche, i metodi di lavorazione. Il progetto è centrato sulla liuteria italiana e, specificamente, sui liutai milanesi del periodo compreso fra il 1650 e il 1750, del quale esponenti illustri sono i liutai delle famiglie Grancino, Testore e Carlo Ferdinando Landolfi. Si progetta di allargare in seguito la ricerca alla scuola torinese, ed in particolare agli esponenti della famiglia Guadagnini. Inoltre il progetto è limitato per il momento alla sola produzione di violini.

Il presente lavoro è organizzato come segue. Le sezioni 2 e 3 introducono i concetti di base su cui si fonda il progetto, proponendo una caratterizzazione dell'attività di osservazione dei violini e del patrimonio di conoscenza relativo alla liuteria. La sezione 4 illustra quindi il piano di lavoro del progetto, organizzato in cinque fasi. Infine, la sezione 5 descrive i risultati di un ampio studio di fattibilità preliminare dal quale il progetto presentato nel presente lavoro ha preso l'avvio.

## 2. L'osservazione dei violini

Assunto fondamentale della presente ricerca è che l'osservazione di un violino è in grado di rivelare le conoscenze che il suo autore ha impiegato nella sua costruzione, ovvero le scelte generali d'impostazione, le decisioni tecniche specifiche, le preferenze, le sfumature costruttive, che, globalmente ne caratterizzano l'opera. L'osservazione di un violino storico include due aspetti fondamentali, uno analitico e uno sintetico. Il livello analitico è caratterizzato da un elevato grado di dettaglio e da un limitato contributo interpretativo; fornisce come risultato un vasto insieme di dati elementari, globalmente significativi ma individualmente poco espressivi. Il livello sintetico invece è caratterizzato da un basso grado di dettaglio e da un elevato contributo interpretativo; coglie pochi aspetti globali, ritenuti significativi per caratterizzare uno strumento e in particolare i suoi possibili legami con un costruttore o con una scuola. L'osservazione di un violino può quindi essere articolata in due livelli di analisi: microscopica e macroscopica.

L'**analisi microscopica** è basata sulla osservazione di un elevato numero (100-200) di **micro-attributi** che caratterizzano uno strumento. La definizione organica e strutturata dei micro-attributi prende il nome di **scheda analitica**. La scheda analitica costituisce quindi la base per l'osservazione di uno strumento e la guida principale per la raccolta disciplinata dei dati che lo identificano. Ad esempio, la scheda analitica può contenere informazioni riguardo ai dettagli morfologici della effe o del riccio (come angoli, curvature, distanze e dimensioni di specifici particolari).

L'**analisi macroscopica** è basata sulla identificazione di un numero limitato (10-20) di **macro-attributi** che rappresentano alcune caratteristiche astratte e globali di uno strumento ritenute rilevanti per l'istituzione di un legame fra uno strumento e il suo possibile autore o addirittura un particolare momento storico del suo sviluppo tecnico-artistico. La definizione organica e strutturata dei macro-attributi prende il nome di **scheda sintetica**. Ad esempio, la scheda sintetica può contenere informazioni quali il modello della effe o del riccio cui l'autore del violino si è ispirato. Ovviamente, i macro-attributi non sono totalmente indipendenti dai micro-attributi. In alcuni casi è possibile definire il valore di un macro-attributo in funzione dei valori di un insieme di micro-attributi, in altri invece è solo possibile specificare dei vincoli di relazione (essenzialmente di coerenza) fra i valori di un macro-attributo e i valori di un insieme di micro-attributi. Il contenuto informativo della scheda sintetica fornisce quindi in generale un contributo significativo rispetto alla scheda analitica.

Globalmente, i contenuti della scheda analitica e della scheda sintetica costituiscono la **scheda descrittiva** di uno strumento. I contenuti della scheda descrittiva devono essere definiti alla luce di tre obiettivi fondamentali:

- le informazioni contenute nella scheda descrittiva devono rappresentare tutto ciò che un violino può rivelare ad un osservatore esperto;
- il linguaggio di rappresentazione utilizzato per la definizione dei micro-attributi e dei macro-attributi e per la specifica dei domini dei possibili valori che tali attributi possono assumere deve avere una semantica chiara e univoca, esplicitamente definita e condivisa dai diversi soggetti coinvolti nel processo di analisi di violini di interesse storico;
- gli attributi e i valori su cui la definizione della scheda descrittiva è basata devono essere sufficienti per caratterizzare la produzione di un liutaio o di una scuola.

La scheda descrittiva costituisce quindi un ponte fra l'osservazione di uno strumento e la caratterizzazione del suo autore.

### 3. La conoscenza dei liutai

Come anticipato nella sezione 1, scopo del presente lavoro è di raccogliere in modo organico e strutturato il patrimonio di conoscenze che i liutai di un data area geografica e di un dato ambito storico hanno espresso nei loro strumenti. Tale obiettivo può essere raggiunto attraverso due approcci distinti.

#### L'approccio indiretto

I conoscitori esperti hanno una immagine mentale sufficientemente precisa dei liutai di cui sono competenti; sanno descrivere i tratti salienti del loro lavoro, le scelte costruttive, le caratteristiche riscontrabili nella loro produzione. E' quindi possibile acquisire direttamente tali conoscenze dagli esperti e rappresentarle in modo strutturato in modelli che stabiliscono relazioni distintive fra i liutai e le caratteristiche dei loro prodotti. Ovviamente, ogni esperto esprime un punto di vista soggettivo e quindi le conoscenze su un medesimo liutaio raccolte da esperti diversi richiedono di essere confrontate criticamente e integrate per giungere alla costruzione di un modello di conoscenza di validità sufficientemente generale. I modelli costruiti secondo tale approccio sono detti **modelli acquisiti**.

#### L'approccio diretto

Se si assume di disporre di una raccolta sufficientemente ampia di schede descrittive di strumenti opera certa di liutai noti, è possibile mediante procedimenti di classificazione statistica e di confronto ricavare modelli che stabiliscono relazioni distintive fra i liutai e le caratteristiche dei loro prodotti. Se il procedimento di classificazione è basato su criteri sufficientemente generali e oggettivi, anche i modelli derivati per mezzo di esso possono essere assunti come ragionevolmente oggettivi. I modelli costruiti secondo tale approccio sono detti **modelli derivati**.

Entrambi gli approcci sono concettualmente ben fondati e possono essere perseguiti congiuntamente.

### 4. Il piano generale del progetto

Il piano generale del progetto si articola in cinque fasi, come brevemente illustrato nel seguito.

#### 1. L'osservazione di uno strumento

La prima fase del lavoro riguarda la definizione della scheda descrittiva e lo sviluppo di un sistema avanzato, basato su solidi principi di interazione uomo-macchina, che aiuti un utente generico a produrre la scheda descrittiva di uno strumento di interesse. Tale modulo, denominato **modulo di acquisizione dati (DAM)**, oltre a supportare l'acquisizione ordinata dei dati richiesti per completare la scheda descrittiva, deve aiutare l'utente nell'attività di osservazione degli attributi e di scelta dei valori più appropriati, fornendo esempi di chiarificazione, chiedendo giustificazioni dei valori introdotti, evidenziando eventuali valori non validi, mettendo in luce possibili incongruenze fra valori di attributi diversi.

La definizione della scheda descrittiva (attributi, valori e loro significato, regole di validità e congruenza dovrà essere sviluppata in stretta collaborazione con esperti del settore e dovrà essere per quanto possibile di validità generale, non dipendente dallo specifico dominio di applicazione prescelto per il progetto (i liutai milanesi fra il 1650 e il 1750).

## 2. La costruzione della base di conoscenza acquisita

La seconda fase del progetto riguarda l'acquisizione da conoscitori esperti di liutai milanesi operanti all'interno del periodo storico considerato dei modelli prototipali caratteristici dei liutai e delle scuole di interesse e delle principali relazioni esistenti fra di essi. Risultato di questa fase sarà la produzione di una **base di conoscenza di modelli acquisiti (AM-KB)**, sufficientemente ricca e articolata da permettere lo sviluppo di attività di ragionamento non banali e di reale interesse per lo sviluppo di ricerche di liuteria. Questa fase del progetto dovrà produrre, oltre alla base di conoscenza vera e propria (AM-KB), uno specifico sistema di gestione (**AM-KBMS**) che permetta attività di costruzione di nuovi modelli o nuove relazioni, modifica di modelli e relazioni esistenti, navigazione e visualizzazione della conoscenza disponibile.

La costruzione della base di conoscenza di modelli acquisiti richiederà un lavoro congiunto con gli esperti di liuteria milanese del periodo 1650-1750.

Inoltre, sarà essenziale la considerazione di materiali iconografici e di ogni genere di notizie storiche e documentarie potenzialmente rilevanti, quali, ad esempio, i dati inerenti la biografia e l'attività dei singoli liutai. Tali informazioni potranno essere organizzate in un archivio strutturato (**HI-DB**), connessa con la base di conoscenza di modelli acquisiti (AM-KB) e utilizzabile anche in modo autonomo mediante uno specifico sistema di gestione e di interrogazione (**HI-DBMS**).

## 3. La costruzione dell'archivio di riferimento

La terza fase del progetto ha come obiettivo la costruzione di un **archivio di riferimento (R-DB)** contenente una raccolta sufficientemente ricca di schede descrittive di violini di liutai milanesi operanti all'interno del periodo storico considerato. Questa fase del progetto dovrà produrre, oltre alla base di dati vera e propria (R-DB), uno specifico sistema di gestione (**R-DBMS**) che permetta attività di creazione di nuove schede, modifica di schede esistenti, e interrogazione.

La costruzione dell'archivio di riferimento richiederà il contributo di un gruppo di esperti che saranno incaricati di produrre, utilizzando il modulo di acquisizione dati (DAM) sviluppato nella fase 1., le schede descrittive di un numero adeguato di strumenti, sulla base dell'osservazione diretta o eventualmente tramite riproduzioni fotografiche (se il caso integrate con dati richiesti direttamente agli esperti che hanno accesso agli strumenti).

## 4. La costruzione della base di conoscenza derivata

La quarta fase del progetto è dedicata a ricavare dall'archivio di riferimento, mediante procedimenti automatici, conoscenze generali sui liutai e sulle scuole di interesse, rappresentate in forma di modelli prototipali e di relazioni fra di essi. Risultato di questa fase sarà quindi la produzione di una **base di conoscenza di modelli derivati (DM-KB)**, strutturalmente identica alla base di conoscenza di modelli acquisiti (AM-KB), ma, presumibilmente, con diverso contenuto. Questa fase del progetto dovrà produrre, oltre alla base di conoscenza vera e propria (DM-KB), due sistemi specifici: (i) un sistema di distillazione di conoscenza generale dai casi specifici disponibili nell'archivio di riferimento (**KDS**) (ii) un sistema di gestione (**DM-KBMS**) che permetta attività di navigazione e visualizzazione della conoscenza disponibile.

Il progetto del sistema di distillazione della conoscenza (KDS) sarà basato su metodi di analisi dei dati, di classificazione statistica e di sintesi di conoscenza.

## 5. Lo sfruttamento della conoscenza

Le conoscenze così raccolte e prodotte, memorizzate in tre distinti contenitori (AM-KB, R-DB e DM-KB), potranno venire utilizzate nella quinta e ultima fase del progetto, in modo cooperativo, per una varietà di scopi diversi, quali:

- analisi critica delle conoscenze degli esperti alla luce della realtà oggettiva degli strumenti considerati; ad esempio, potranno essere affrontate questioni quali: Le schede descrittive dei violini di un dato liutaio soddisfano il modello ipotizzato dagli esperti? – Per quali aspetti, se ne discostano? - Gli scostamenti sono significativi? – Il modello dei violini di un dato liutaio ipotizzato dagli esperti coincide con quello derivato dall'archivio di riferimento? – Per quali aspetti si differenziano? Quale dei due modelli coglie più precisamente le caratteristiche effettive degli strumenti presenti nell'archivio di riferimento?
- identificazione di fasi di sviluppo o di varianti nell'ambito della produzione di un dato liutaio; ad esempio, sfruttando procedimenti di classificazione fine dei dati relativi ad un singolo liutaio contenuti nell'archivio di

riferimento, è possibile identificare modelli prototipali che rendano conto non tanto delle caratteristiche globali e comuni della sua produzione, ma delle caratteristiche specifiche di una determinata fase del suo sviluppo artistico-professionale (quali: formazione, maturità, periodo tardo, ecc.) o di una determinata varietà della sua produzione (magari destinata ad una particolare committenza);

- analisi e verifica critica del concetto di scuola ipotizzato dagli esperti sulla base delle relazioni esistenti fra la produzione dei liutai che ad essa afferiscono
- analisi delle relazioni esistenti fra i prodotti di liutai o scuole differenti; ad esempio, potranno essere affrontate questioni quali: Esiste una relazione di continuità fra i prodotti di un liutaio e quelli di un suo allievo? Quali relazioni esistono fra i prodotti di due scuole sviluppatesi in parallelo?
- supporto alla soluzione di problemi di attribuzione.

Per ciascuno dei compiti ritenuti di interesse dovrà essere sviluppato uno specifico modulo, basato su meccanismi avanzati di ragionamento automatico.

Attualmente il progetto sopra illustrato è in corso. Il lavoro corrente è centrato sulla fase 1 la cui conclusione è pianificata entro la fine dell'anno.

## 5. Lo studio di fattibilità

Il progetto sopra definito per sommi capi è basato su un ampio studio di fattibilità, sviluppato negli anni 1997-1998, centrato sul problema della analisi di violini di interesse storico per fini attributivi [Bugatti Ragazzi 98]. Tale studio è stato basato sull'analisi della produzione del liutaio bolognese della metà del Novecento Otello Bignami [Bignami et al. 98] (e, marginalmente, di Primo Contavalli di Imola).

Il problema affrontato è stato quello della **attribuzione specifica vincolata**, ovvero il problema di decidere se un dato strumento sia attribuibile ad un dato liutaio, nell'ipotesi che lo strumento in oggetto

- sia interamente opera di uno stesso costruttore;
- non abbia subito restauri, manutenzioni o trasformazioni rilevanti nel corso del tempo;
- non sia una copia o un falso.

Correntemente l'attribuzione di un violino viene realizzata attraverso un'attività di perizia svolta da riconosciuti esperti del settore che, dietro compenso, forniscono al proprietario dello strumento esaminato un documento che ne certifica l'attribuzione. Questa attività è basata totalmente sull'esperienza personale di chi la compie, non segue una metodologia riconosciuta e sostanzialmente non fornisce giustificazioni delle conclusioni raggiunte. I liutai impiegano nello svolgimento del compito attributivo un'arte sottile e spesso occulta, che tende a sfuggire ad una razionalizzazione di tipo scientifico.

Lo studio di fattibilità è stato orientato a due obiettivi fondamentali:

- lo sviluppo di un modello astratto e generale del processo di analisi e attribuzione di un violino di interesse storico, in grado di supportare una giustificazione esplicita delle attribuzioni proposte e una quantificazione della credibilità dei risultati raggiunti;
- il progetto e lo sviluppo di un prototipo di sistema basato sulla conoscenza [Chorafas 90], [Prerau 90], [Guida and Tasso 94], finalizzato a supportare la valutazione dell'approccio proposto.

Il progetto è stato sviluppato attraverso tre fasi principali:

1. lo studio del tema generale dell'analisi e della attribuzione di violini di interesse storico;
2. l'acquisizione di conoscenza specifica sul tema dell'analisi e della attribuzione di violini di Bignami (e, marginalmente, di Contavalli);
3. il progetto, lo sviluppo e la valutazione del prototipo.

La fase 1. é stata sviluppata principalmente mediante l'utilizzo di materiale bibliografico [Azzolina 64], [Sacconi 72], [Beare 87], [Vettori 79], [Gai 88]. Nelle fasi 2. e 3. é stata di fondamentale importanza la collaborazione con il liutaio bolognese Roberto Regazzi, esperto del settore, che ha offerto il proprio supporto allo sviluppo del progetto.

Le conoscenze specifiche considerate nello sviluppo del progetto, vaste e scarsamente strutturate, sono state organizzate in tre settori: il settore inerente l'osservazione del violino, il settore inerente le conoscenze dei liutai e il settore inerente il processo di attribuzione.

#### L'osservazione del violino

Le conoscenze inerenti l'osservazione e la descrizione di uno strumento sono state strutturate in sette aree:

- **analisi obiettiva**, riguardante caratteristiche visive macroscopiche, quali stato delle superfici, patina, danni strutturali, vetustà apparente, ecc.;
- **morfologia**, riguardante le caratteristiche di forma, quali le effe, il riccio, la cassa, ecc.;
- **misure**, concernente la rilevazione secondo procedimenti accertati di dimensioni tipiche, precisamente e univocamente definite, dello strumento, quali lunghezza della cassa, larghezza massima superiore e inferiore, larghezza minima, ecc.;
- **aspetti costruttivi**, riguardanti i procedimenti (e gli strumenti) utilizzati per la realizzazione dello strumento, quali: forma interna o esterna, utilizzo di attrezzi particolari, impugnatura degli strumenti, movimenti, ecc.;
- **materiali**, in particolare vernici, essenze, lacche e colle;
- **esami**, concernente prove di laboratorio specifiche, quali: radiografia, TAC, dendrocronologia, esami chimici della vernice, esame alla lampada di Wood, ecc.;
- **documenti**, riguardante essenzialmente l'etichetta, i documenti di proprietà, le eventuali perizie precedenti.

#### Le conoscenze dei liutai

La conoscenza dei liutai, limitata come detto a Bignami (e, marginalmente, a Contavalli), è stata raccolta direttamente dall'esperto mediante l'impiego di tecniche di acquisizione specifiche [Diaper 89], [Kidd 87], [Greenwell 88], [Firley and Hellens 91], [Ford and Bradshaw 93]. Oltre a interviste dirette con l'esperto, è stata utilizzata nella prima fase del lavoro anche una nuova tecnica di intervista indiretta tramite Internet, basta sulla formulazione di risposte scritte a serie strutturate di domande. Tale tecnica ha permesso di mettere a fuoco lo scopo del progetto, di stabilire un linguaggio comune con fra ingegnere della conoscenza e esperto, e di raccogliere in modo efficiente una grande quantità di conoscenze di iniziali sulla cui base sono state poi impostate le interviste dirette.

La conoscenza dei liutai (Bignami e Contavalli) è stata organizzata in **modelli prototipali**, che definiscono le principali caratteristiche distintive dei liutai esaminati. Ovviamente, i modelli prototipali rappresentano essenzialmente il punto di vista, necessariamente soggettivo, dell'unico esperto utilizzato nel progetto.

#### Il processo di attribuzione

Le conoscenze inerenti il processo di attribuzione sono state modellate in termini essenzialmente procedurali. Il processo mentale utilizzato dall'esperto nell'attività di attribuzione è stato rappresentato, in modo semplificati, in uno schema di lavoro basato sulla determinazione del grado di somiglianza fra il violino esaminato e i modelli prototipali disponibili.

In una prima fase i dati analitici provenienti dall'osservazione del violino analizzato vengono aggregati in modo da caratterizzare lo strumento rispetto ad alcuni macro-attributi.

Quindi viene effettuato un confronto tra i valori assunti dai macro-attributi dello strumento esaminato e ciascuno dei modelli prototipali disponibili, anch'essi definiti in termini di macro-attributi. Per ogni macro-attributo è definita una funzione di distanza tra i vari valori possibili, che permette di valutare il grado di compatibilità tra quanto emerso dall'analisi dello strumento in esame ed il modello prototipale di un determinato liutaio, in modo da determinare la possibilità di attribuzione dello strumento a ciascun

liutai noto al sistema. Ulteriori dettagli sul funzionamento del prototipo sono forniti nel seguito.

Il prototipo sviluppato permette di svolgere due compiti principali:

- sviluppare, in modo interattivo e guidato, l'analisi di un violino di interesse storico da diverse prospettive (analisi obiettiva, morfologia, misure, aspetti costruttivi, materiali, esami, documenti) e produrne una descrizione strutturata e organica (**modulo di acquisizione dati**);
- fornire in modo automatico, una risposta al problema della attribuzione specifica vincolata, accompagnata da una giustificazione razionale e da una indicazione di credibilità (**modulo di attribuzione**).

Il **modulo di acquisizione dati** utilizza tecniche specifiche di interazione uomo-macchina al fine di garantire un elevato livello di usabilità e di affidabilità. E' interamente basato su concetti di interazione grafica e fornisce all'utente una definizione chiara e operativa dei dati richiesti, proponendo esplicitamente, caso per caso, i valori possibili fra i quali deve essere scelta la risposta corretta. Esegue verifiche di validità e congruenza dei dati raccolti, segnalando all'utente eventuali problemi riscontrati e richiedendone la soluzione. Poiché l'acquisizione dei dati può essere più o meno precisa e affidabile a seconda delle capacità e dell'esperienza dell'utente, il modulo di acquisizione, prima di iniziare l'interazione con un nuovo utente, ne disegna un profilo di competenza che sarà successivamente utilizzato come base per l'interpretazione dei dati acquisiti e, in particolare, per valutarne la credibilità. La generazione del profilo di competenza è basata su un semplice questionario, contenente sia notizie di carattere generale sia domande specifiche tramite le quali l'utente deve dimostrare le proprie abilità concrete.

Il modulo di acquisizione produce una rappresentazione di uno strumento basata su circa 70 attributi, organizzati in cinque classi.

Il **modulo di attribuzione** opera attraverso due fasi distinte, aggregazione e proposta.

Fase di aggregazione. La prima fase consiste in un'aggregazione per aree che produce, a partire dai dati analitici raccolti in precedenza, una descrizione sintetica del violino esaminato in termini di cinque macro-attributi: modello delle effe, modello del riccio, modello della cassa, tecnica costruttiva, datazione. Tale fase è necessaria per ottenere una descrizione del violino allo stesso livello di astrazione al quale lavorano gli esperti, e quindi allo stesso livello di astrazione al quale è disponibile la conoscenza sull'opera dei liutai. Infatti, per quanto si è potuto constatare in questa fase di studio, gli esperti ragionano più comunemente in termini di macro-attributi.

Il processo di aggregazione viene effettuato sulla base di modelli di riferimento dei possibili valori dei macro-attributi, definiti tramite valori tipici di insiemi di dati analitici. L'aggregazione consiste quindi nella valutazione della somiglianza fra le caratteristiche del violino esaminato e i modelli di riferimento. Tale somiglianza viene valutata in termini di una distanza pesata: per ogni dato analitico coinvolto nella definizione di un modello di riferimento si valuta la distanza del valore riscontrato rispetto a quello tipico del modello, pesandola con un valore di importanza attribuito a ciascun dato.

Infine, viene valutata la credibilità globale dei risultati della fase di aggregazione sulla base di tre parametri relativi ai dati utilizzati per calcolare la somiglianza:

- il numero di dati effettivamente raccolti e utilizzati per ciascun macro-attributo (alcuni dati possono mancare in quanto l'utente non è stato in grado di rilevarli): valori basati su un maggior numero di dati sono considerate più credibili;
- la difficoltà di acquisizione: valutazioni basate su dati più facili da acquisire sono considerate più credibili;
- il profilo di competenza dell'utente: più un utente è considerato competente, più i dati da lui raccolti sono considerati credibili.

Fase di proposta. La seconda fase consiste nella formulazione dell'attribuzione vera e propria: i risultati dell'aggregazione vengono confrontati con i modelli dei liutai contenuti nella base di conoscenza del sistema. Poiché anche i modelli dei liutai sono definiti in termini di macro-attributi, è possibile valutare

una funzione di distanza tra la caratterizzazione prodotta per lo strumento esaminato e ciascuno dei modelli in esame. La funzione distanza così valutata permette di individuare quali tra gli autori noti al sistema presentano un sufficiente grado di compatibilità col violino considerato.

Per tali autori viene quindi attivata una fase di analisi specifica, nella quale vengono presentate all'utente alcune domande ulteriori che permettono al sistema di confermare o smentire l'ipotesi di attribuzione. Tali domande riguardano dettagli peculiari della produzione e dello stile di ciascun autore e non avrebbe quindi senso porle nella fase di analisi iniziale.

Unendo i risultati di questa fase di analisi specifica con quelli ottenuti in precedenza, il sistema è infine in grado di produrre delle ipotesi di attribuzione da presentare all'utente.

Ogni ipotesi di attribuzione si può considerare composta da tre parti:

- una formulazione sintetica che stabilisce se il violino sia o non sia attribuibile ad un certo autore: nel caso il violino sia attribuibile, viene specificato se le ragioni che supportano l'attribuzione possono essere considerate sufficienti, buone o ottime;
- una giustificazione, che presenta le motivazioni sulle quali l'ipotesi di attribuzione è basata;
- una quantificazione di credibilità, che sintetizza quanto credibile sia l'ipotesi di attribuzione proposta, a partire dalle valutazioni di credibilità sui macro-attributi ottenute nella fase di aggregazione; tale quantificazione può assumere i valori: basso, medio, alto (possibili ipotesi attributive caratterizzate da valori di credibilità non ritenuti sufficienti non vengono sviluppate).

Un esempio di attribuzione è riportato di seguito. Ulteriori giustificazioni più dettagliate possono essere forniti a richiesta dell'utente.

Attribuzione: Ci sono buone ragioni per attribuire il violino a Bignami.

Giustificazione: Il violino considerato presenta una generale compatibilità con i modelli noti di Bignami per quanto riguarda morfologia della effe, morfologia del riccio, forma della cassa, tecnica costruttiva e datazione.

I seguenti particolari specifici supportano inoltre il giudizio di attribuzione positivo:

- Colore della vernice: rosso
- Posizione della giunta del filetto sul fondo: circa in mezzo
- Presenza di chiodi sul fondo: assenti
- Tipo di bottone: ovale con il marchio
- Presenza del segno del compasso sul manico: assente
- Ampiezza del taglio del corpo della effe: accennato

Credibilità: l'attribuzione presenta un grado di credibilità medio.

Lo studio di fattibilità ha permesso di ottenere i seguenti risultati:

- lo sviluppo di un modello astratto e generale del processo di analisi e attribuzione di un violino, in grado di rendere conto dei tratti principali del lavoro di un liutaio esperto;
- la costruzione di una base di conoscenza generale sull'analisi di un violino e di una base di conoscenza specifica sui violini di Bignami (e, marginalmente, di Contavalli);
- il progetto e lo sviluppo di un prototipo basato sulla conoscenza in grado di supportare l'utente nella complessa attività di analisi di uno strumento e di fornire indicazioni sull'attribuzione, chiaramente quantificate dal punto di vista della credibilità e della accuratezza e accompagnate da giustificazioni esplicite e razionali;
- la valutazione del prototipo realizzato con l'esperto e la proposta di possibili linee di sviluppo.

Il lavoro realizzato dimostra la concreta possibilità d'impiego di tecniche di ingegneria della conoscenza per modellare competenze specifiche in settori caratterizzati da forte empirismo e individualismo, quale appunto il dominio della attribuzione di violini di interesse storico. Fornisce inoltre una prova più che convincente della fattibilità di un progetto ambizioso, mai tentato prima d'ora, che lancia un ponte concreto fra i metodi razionali dell'ingegneria e i problemi complessi e sfumati delle scienze umane.

Lo studio ha anche permesso di comprendere come il compito della attribuzione, seppur molto complesso, colga solo un aspetto specifico del ben più vasto dominio della comprensione e della conservazione del patrimonio di conoscenza della liuteria di un dato ambito storico-geografico. Da questa osservazione ha avuto origine la nuova definizione del progetto presentato nelle sezioni precedenti.

## Bibliografia

- [Azzolina 64] U. Azzolina, *Liuteria Italiana del Novecento*, Ceschina, Milano, 1964.
- [Beare 87] C. Beare, *Capolavori di Antonio Stradivari*, Mondadori, Milano, 1987.
- [Bignami et al. 98] W. Bignami, R. Regazzi, M. Pollastri, B. Stefanini, L. Ghelfi, P. Malaguti, *Otello Bignami, Liutaio in Bologna*, Turrus Editrice, Cremona, 1998.
- [Bugatti Ragazzi 98] A. Bugatti, A. Ragazzi, *Tecniche basate sulla conoscenza per la classificazione di oggetti complessi: un'applicazione all'analisi di violini di interesse storico*, tesi laurea, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Brescia, 1998.
- [Chorafas 90] D.N. Chorafas, *Knowledge Engineering*, Van Nostrand Reinhold, New York, NY, 1990.
- [Diaper 89] D. Diaper (Ed.), *Knowledge Elicitation: Principles, Techniques and Applications*, Ellis Horwood, Chichester, UK, 1989.
- [Firley and Hellens 91] M. Firley and D. Hellens, *Knowledge Elicitation - A Practical Handbook*, Prentice-Hall, London, UK, 1991.
- [Ford and Bradshaw 93] K. Ford and J.M. Bradshaw (editors), *Knowledge Acquisition as Modeling*, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 1993.
- [Gai 88] V. Gai, *La Voluta degli Strumenti ad Arco*, Torre d'Orfeo, Roma, 1988.
- [Greenwell 88] M. Greenwell, *Knowledge Engineering for Expert Systems*, Ellis Horwood, Chichester, UK, 1988.
- [Guida and Tasso 94] G. Guida and C. Tasso, *Design and Development of Knowledge-Based Systems: From Life Cycle to Methodology*, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 1994.
- [Kidd 87] A. Kidd (ed.), *Knowledge Acquisition for Expert Systems, A Practical Handbook*, Plenum Press, New York, 1987.
- [Prerau 90] D.S. Prerau, *Developing and Managing Expert Systems - Proven Techniques for Business and Industry*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1990.
- [Sacconi 72] S. F. Sacconi, *I Segreti di Stradivari*, Libreria del Convegno, Cremona, 1972.
- [Vettori 79] C. Vettori, *Linee Classiche della Liuteria Italiana*, Giardini Editore, Pisa, 1979.

**Rigraziamenti.** Si ringraziano il Liutaio Roberto Regazzi di Bologna che ha offerto la propria disponibilità per lo sviluppo del prototipo illustrato nella sezione 5 e gli Ingegneri A. Bugatti e A. Ragazzi che hanno dedicato a tale attività l'intero lavoro della loro tesi di laurea.