

Intelligenza Artificiale e Archivi Radiotelevisivi

Opportunità e sfide

Alberto Messina
Rai - Centro Ricerche, Innovazione Tecnologica e Sperimentazione

Questo articolo introduce le problematiche, le opportunità e le sfide derivanti dall'applicazione delle tecnologie di *Intelligenza Artificiale* (IA) nell'ambito degli *Archivi Radiotelevisivi* e discute il ruolo che gli archivi possono avere come sorgenti di preziosi dati per lo sviluppo di tali tecnologie.

COSA SONO GLI ARCHIVI

Per poter correttamente contestualizzare e discutere le applicazioni dell'*Intelligenza Artificiale* negli archivi bisogna innanzitutto richiamarne una definizione. In generale un *archivio* è un *insieme di risorse e processi deputati alla conservazione e all'accesso a lungo termine di determinati beni d'interesse per una certa comunità di utilizzatori*. Ciò che differenzia un archivio da un magazzino è proprio quindi la connotazione di *lungo termine*. Mentre infatti le informazioni necessarie a descrivere i beni di un magazzino, e quindi a supportarne l'accesso, possono essere considerate conosciute e conoscibili direttamente e completamente dalla comunità di utilizzatori, anche attraverso supporti, convenzioni e relazioni implicite, ciò diventa chiaramente non applicabile quando il tempo intercorrente tra la creazione (es. registrazione, ricezione, ecc.) del bene da archiviare e il suo utilizzo è, in generale, più ampio e superiore alle capacità o disponibilità di memoria individuale o collettiva della comunità stessa. La comunità tecnico-scientifica ha già da tempo formalizzato alcuni di questi aspetti nel modello **OAIS** (*Open Archival Information System*) [1][2].

Gli archivi radiotelevisivi sono stati da sempre un ambito di riferimento per la sperimentazione di tecnologie dell'Intelligenza Artificiale (IA), grazie alla varietà, dimensione e ricchezza dei beni in essi conservati. Lo sviluppo esponenziale delle tecnologie moderne dell'IA li pone più che mai al centro dell'attenzione della comunità tecnico-scientifica.

Questo articolo illustra in maniera estremamente sintetica le opportunità derivanti dall'applicazione delle moderne tecniche dell'intelligenza artificiale al mondo degli archivi radiotelevisivi.

Si illustrano due famiglie fondamentali di utilizzo: come supporto ai processi dell'archivio e ai nuovi processi di pubblicazione e come supporto allo sfruttamento dei dati di archivio per l'addestramento di modelli di IA. Entrambi i casi sono caratterizzati dalla necessità di formalizzare e implementare processi di adeguamento e integrazione dei dati, che possono beneficiare essi stessi di tecnologie di IA. A tal proposito si accenna sinteticamente ad alcuni possibili approcci formali, rimandando il lettore a riferimenti che ne riportano una trattazione più completa.

Non essendo chiaramente questo articolo una disquisizione critica sugli archivi, ci limitiamo qui a richiamare il concetto di *comunità designata* (*Designated Community*) dal modello OAIS definita come:

“Un gruppo identificato di potenziali consumatori che dovrebbero essere in grado di comprendere un particolare insieme di informazioni. La Comunità Designata può essere composta da più comunità di utenti. Una comunità designata è definita dall’Archivio e da questo la definizione può cambiare nel tempo.”

Questa definizione introduce delle criticità esplicite e alcune latenti tipiche del contesto intrinsecamente diacronico dell’archivio:

- la comprensione delle informazioni di accesso agli archivi è solo potenziale poiché la conoscenza a priori della capacità interpretativa della comunità non può che essere parziale;
- la designazione è a carico dell’archivio, che però ha una nozione limitata delle potenziali comunità interessate ai propri beni, soprattutto quelle future.

Questo implica che i processi di generazione e conservazione delle informazioni di accesso ai beni di archivio (*metadati*) debbano essere continuativi e riguardare non solo la ricchezza e la completezza delle informazioni in sé ma anche i sottostanti modelli semantici, seguendo precise pratiche di cura del dato [3].

Queste considerazioni svelano, secondo noi, il ruolo chiave dell’IA per gli archivi, ruolo che può declinarsi secondo tre direttive principali:

1. utilizzo dell’IA per supportare e rendere maggiormente convenienti i processi attuali;
2. estensione dei processi e dei modelli informativi con dati generati dall’IA;
3. introduzione di funzionalità e processi completamente nuovi.

IA NEL CONTESTO ARCHIVI RADIOTELEVISIVI

Gli *archivi radiotelevisivi*, cioè gli archivi che conservano beni prodotti negli anni dai processi di produzione radiotelevisiva, sono un caso particolare di archivi che non fa tuttavia eccezione alle criticità poco prima evidenziate.

Se all’origine gli archivi radiotelevisivi erano intesi soprattutto come servizi utili alla produzione interna di un broadcaster o come memoria collettiva di una nazione^{Nota 1}, l’evoluzione del mercato dei media a partire dagli anni 2010 ha visto l’archivio acquisire crescente rilevanza come fonte per la fornitura di nuovi servizi^{Nota 2}, come ad esempio l’*Over-The-Top* (OTT) ed i *social media* [4][5][6][7]. In termini di modello OAIS, questa evoluzione equivale ad un cambio, anche piuttosto radicale, della *comunità designata* dell’archivio. Idealmente, a questo cambio dovrebbe corrispondere una altrettanto radicale revisione dei modelli descrittivi dei beni di archivio, per assicurare corrispondenza con i criteri di filtro e le aspettative dei *nuovi utenti*. Si veda l’esempio riportato in Fig. 1 di pagina seguente, che riporta la *descrizione originale conservata in archivio* e quella *pubblicata sul servizio RaiPlay* di un medesimo oggetto multimediale. La seconda descrizione è orientata ad una comunità di utenti generici non professionali, a differenza della prima, che, ad esempio, distingue la descrizione della scena video da quella sonora. Ritrovare l’oggetto con la *mentalità* degli utenti generici può essere quindi difficile se esso è annotato con la mentalità dell’archivista.

Nota 1 - Si veda il caso dell’INA francese

Nota 2 - Anche grazie alla loro, in certi casi, notevole dimensione. L’archivio Rai conta ad esempio più di 150 milioni di documenti censiti (tra foto, documenti cartacei e programmi radiofonici e televisivi, di cui 5 milioni in formato digitale)

<p>Contenuto Audio</p>	<p>Angela su storia, stile architettonico e caratteristiche della Basilica di San Vitale, costruito dopo la morte del re degli Ostrogoti Teodorico; descrizione di una vasca presente all'interno della Basilica in cui sono visibili i diversi strati di pavimentazioni costruiti nei secoli per far fronte al fenomeno della subsidenza, ossia lo sprofondamento del terreno e la risalita di acqua sottostante; caratteristiche e simbologia dei mosaici presenti all'interno della basilica con il corteo dell'Imperatore Giustiniano e della moglie Teodora. Melandri su beni di interesse culturale e storico presenti a Ravenna, sua città natale, su tradizione del mosaico a Ravenna e su suoi personali ricordi legati al mosaico</p>
<p>Contenuto Video</p>	<p>Angela cammina all'esterno e all'interno della Basilica di San Vitale. Vedute panoramiche e aeree, riprese con droni, interni e dettagli architettonici, mosaici della Basilica di San Vitale, dettagli vasca presente all'interno della Basilica in cui sono visibili i diversi strati di pavimentazioni costruiti nei secoli. Animazioni grafiche ricostruzioni all'interno della Basilica di San Vitale. Melandri parla in studio con animazione grafica sul fondo</p>

The screenshot shows a video player interface. At the top left, there is a back arrow icon and the word 'Meraviglie'. The main title is 'La Basilica di San Vitale'. Below the title, it says 'St 2019 - La Basilica di San Vitale 11 min'. The main text describes the basilica as one of the most important monuments of early Christian art in Italy, highlighting its mosaics and octagonal plan. At the bottom, there is a blue button with a play icon and the text 'VAI AL TITOLO'.

Fig. 1 – Esempio di descrizioni in diversi domini applicativi del medesimo oggetto. Sopra la descrizione d'archivio, sotto quella del servizio RaiPlay.

Questo avviene perché nel dominio dell'archivio, i documentatori annotano il contenuto secondo un modello di descrizione ben definito, che contiene elementi relativi alle decisioni prese dagli utenti degli archivi (es. se il brano archiviato è utile o meno per una nuova produzione, o se si hanno i diritti di sfruttamento o se la risorsa multimediale è di qualità sufficiente). Nel dominio di pubblicazione OTT gli editori annotano il contenuto secondo un diverso modello di descrizione, che contiene elementi che aiutano gli utenti finali a prendere decisioni sul loro interesse per un programma. Un approccio che preveda sezioni documentative separate per area di business non è tuttavia praticabile, a causa dei costi dei processi di documentazione ^{Nota 3}.

In termini pratici ciò si traduce nella necessità di un'integrazione/adattamento della documentazione dei beni d'archivio, che ha chiaramente dei costi non trascurabili. L'utilizzo dell'IA può quindi, di principio, sopperire alla difficoltà di reperire le risorse adeguate e supportare l'arricchimento della documentazione d'archivio per includere nuove comunità di utilizzatori, nell'ipotesi, tutta da veri-

ficare, che i processi di arricchimento basati su IA siano più convenienti dei processi manuali [8][9]. Esempi pratici di tali arricchimenti comprendono il rilevamento e l'identificazione di personaggi storici, la traduzione del parlato in testo, l'annotazione didascalica delle scene, l'identificazione di punti di riferimento o di interesse (ad esempio, monumenti), il rilevamento dell'utilizzo di opere d'autore [10] [11]. Una criticità rilevante nel caso degli archivi è costituita dalla *diacronia* degli stessi, che implica che un medesimo concetto o oggetto possa presentarsi con caratteristiche tecniche o esteriori molto variabili (Fig. 2 risp. (a) e (b)). Al di là dei casi in cui queste tecniche sono di supporto a processi di documentazione manuale, i dati provenienti da questi processi consentono anche di rendere i beni di archivio ricercabili e quindi riutilizzabili in contesti più ampi rispetto a quelli originariamente identificati all'atto della prima documentazione.

Nota 3 - Il costo medio per la documentazione di un'ora di programma televisivo è di circa 30€.

Fig. 2 – Esempi di diacronia dell'archivio Rai.



Il recente sviluppo di tecnologie di intelligenza artificiale basate su reti profonde (DNN – Deep Neural Networks) ha incrementato notevolmente le performance di molte di queste applicazioni, e allo stesso tempo introdotto nuovi approcci, rendendo oggi possibile l'adozione di tali tecniche in molti contesti industriali concreti, tra cui gli archivi radiotelevisivi. La Tabella 1 riporta alcuni esempi di tali applicazioni nell'area relativa all'annotazione degli oggetti di archivio.

Un altro campo applicativo promettente dell'IA negli archivi è quello dell'utilizzo di tecniche finalizzate al rintracciamento di relazioni non esplicite o latenti fra i beni anche appartenenti ad archivi eterogenei. Da un punto di vista qualitativo si può apprezzare come questo tipo di analisi sia più complesso rispetto alla semplice documentazione di singoli beni d'archivio poiché richiede di considerare insieme di

beni nel loro complesso, le loro caratteristiche, e le mutue relazioni che tra questi possono esistere. Le tecnologie di IA utili in questo caso sono quindi quelle che simulano le capacità umane di confronto, aggregazione, astrazione, similarità tra oggetti. Tra i molti approcci sviluppati, citiamo il lavoro pionieristico di Rai nel campo dell'aggregazione multimodale automatica degli archivi giornalistici [12]. Tra i lavori più recenti e interessanti in questo campo spicca anche il tentativo di BBC di costruire un palinsesto lineare attingendo al proprio archivio attraverso un agente intelligente che sfrutta le descrizioni estratte automaticamente [13]. Un approccio alternativo è quello di utilizzare tecnologie di ragionamento automatico per esplorare le relazioni semantiche tra i beni di archivio, rappresentate attraverso linguaggi del Semantic Web come OWL [14], sia esplicite che dedotte dall'applicazione di tecniche di inferenza sui dati [15].

Tabella 1 – Esempi di applicazioni di annotazione dell'archivio abilitate dall'IA.

Segmentazione editoriale	<i>Suddividere il contenuto in scene dal punto di vista editoriale (ad esempio distinguendo tra introduzione, dibattito e conclusioni in un talk show)</i>
Sommario testuale	<i>Creare un sommario testuale a partire da un oggetto d'archivio</i>
Descrizione didascalica	<i>Descrivere un contenuto attraverso brevi frasi che descrivono la scena dal punto di vista visuale o sonoro</i>
Identificazione e caratterizzazione dei personaggi	<i>Identificare le persone presenti nella scena (in video o in audio) e darne una caratterizzazione anagrafica (età, sesso), emozionale o di contesto (ruolo)</i>
Riconoscimento elementi di interesse	<i>Identificare elementi di interesse (opere d'arte, brani musicali, monumenti, oggetti specifici) ripresi in video o in audio</i>
Indicizzazione e ricerca per contenuti	<i>Ricerca attraverso esempi visuali o sonori per identificare copie o trasformazioni presenti in archivio</i>
Classificazione concettuale	<i>Classificare il contenuto audio o video secondo tassonomie concettuali (es. genere, argomento) o contenutistiche (es. oggetti, azioni)</i>
Caratterizzazione di qualità	<i>Classificare i contenuti audio o video in categorie di qualità</i>
Rilevamento difetti	<i>Identificare la presenza di difetti di ripresa, artefatti di codifica o di degradazione del supporto di memorizzazione</i>

Infine, ma non da ultimo, citiamo le applicazioni orientate a supportare i processi di gestione della qualità degli oggetti d'archivio e al loro riutilizzo nei processi di produzione. Il ciclo di vita di un oggetto di archivio è tipicamente caratterizzato da varie fasi, la più importante delle quali è senz'altro la *digitalizzazione*, qualora il supporto di memorizzazione originale sia analogico. Durante questa fase si introducono i tipici difetti intrinseci dei sistemi di codifica [16]. La fase analogica può essere inoltre caratterizzata da fenomeni di degradazione del supporto, che introducono artefatti e difetti che si riflettono nell'oggetto digitalizzato [17]. Il riutilizzo in contesti di produzione moderni, potrebbe inoltre richiedere adattamenti di formato e di risoluzione.

Assieme alle tecniche di annotazione, utili ai processi di ricerca e reperimento di oggetti d'archivio, possiamo quindi annoverare tecniche orientate al miglioramento dei contenuti, utili in fase di riutilizzo degli oggetti stessi. La Tabella 2 riporta alcuni esempi di tali applicazioni.

L'ARCHIVIO COME DATASET: UN PROBLEMA FORMALE

Assieme alle tecniche di IA che supportano direttamente i processi di gestione e riutilizzo in produzione degli archivi, si assiste di recente allo sviluppo di approcci teorici e pratici orientati all'utilizzo degli oggetti d'archivio come fonte dati per l'addestramento^{Nota 4} di tecnologie di IA [18][19]. Il problema intrinseco a questo genere di applicazioni è la *rappresentatività* delle informazioni associate agli oggetti d'archivio [20]. Al fine della seguente discussione, possiamo definire un *dataset* come un insieme D di affermazioni S che associano oggetti multimediali, o loro parti spaziotemporali, $m \in M$ a concetti $c \in C$. Tali affermazioni sono enunciate da una serie di osservatori $u \in U$, espresse in qualche forma dichiarativa la cui interpretazione $\mathcal{I}(S)$ risulta vera^{Nota 5} in qualche dominio del discorso \mathcal{D} . Sinteticamente:

$$\begin{aligned} D &= \{S\} \\ S &= [(m, c), u] \\ m &\in M, c \in C, u \in U \\ \mathcal{I}((m, c)) &\in \text{True}(\mathcal{D}) \end{aligned}$$

Tabella 2 – Esempi di tecniche di miglioramento della qualità abilitate dall'IA.

Video super resolution	<i>Incrementare la risoluzione di un video (ad esempio da HD a UHD)</i>
Restauro digitale	<i>Rimuovere/mitigare l'effetto degli artefatti di codifica</i>
Denoising	<i>Ridurre il livello di rumore presente nelle immagini o nel suono</i>
Conservazione della grana pellicola	<i>Conservare l'effetto tipico della grana pellicola</i>
Colorazione	<i>Colorare contenuti originariamente prodotti in bianco e nero, oppure ripristinare il colore di contenuti sbiaditi dal tempo</i>

Nota 4 - Una fonte dati per l'addestramento di una tecnologia di intelligenza artificiale è di solito denotata con il termine *dataset*

Nota 5 - L'associazione di un valore di verità alle dichiarazioni che compongono un dataset può essere intesa come un'operazione di verifica da parte di altri osservatori

Le dichiarazioni che possono essere generate dall'osservatore di un oggetto sono quindi potenzialmente molte, ma solo quelle vere possono far parte di un dataset. Inoltre, dataset diversi possono comprendere solo un sottoinsieme di tutte le possibili dichiarazioni. La Fig. 3 illustra un esempio pratico di tale formalizzazione, nel quale due osservatori $o1$ e $o2$ generano due diversi insiemi di affermazioni a proposito di un'immagine e viene definito un dataset che ne contiene una particolare combinazione ^{Nota 6}.

Un dataset utilizzabile per l'addestramento di una tecnologia di intelligenza artificiale dovrebbe essere caratterizzato da almeno i seguenti aspetti:

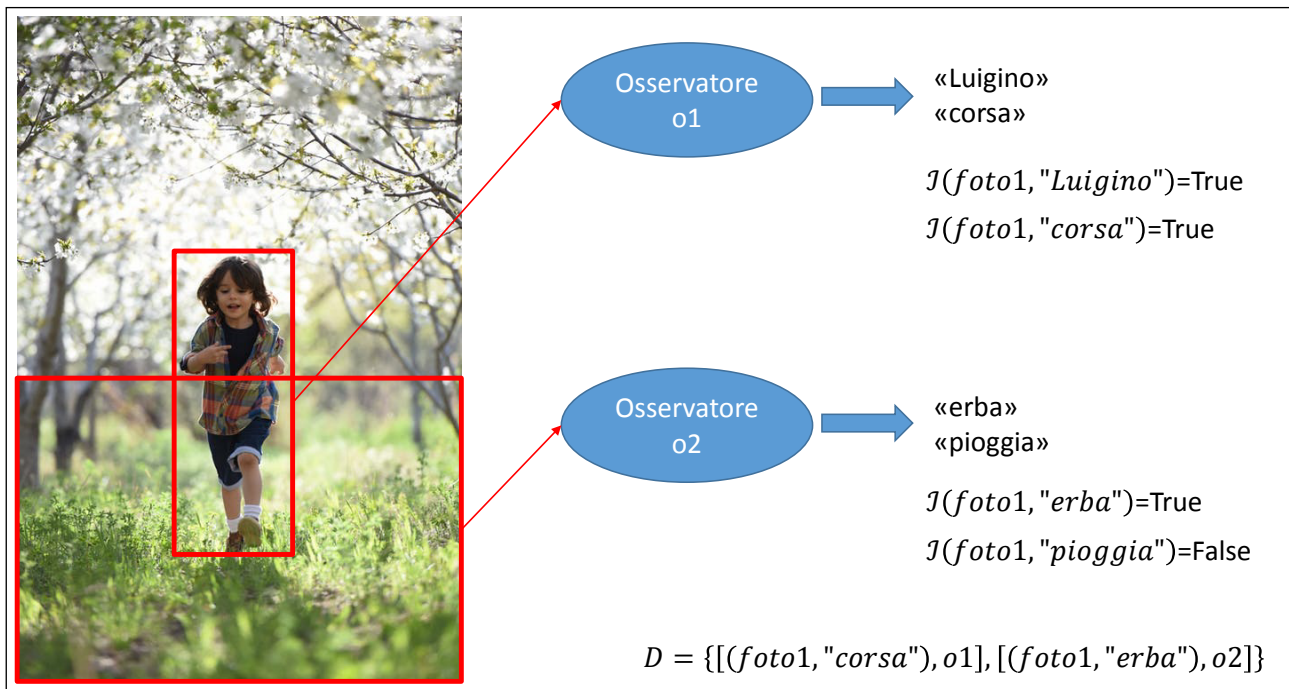
- sufficiente *copertura* del dominio applicativo di riferimento;

- sufficiente *rappresentatività* degli oggetti d'archivio rispetto al medesimo dominio;
- sufficiente *significatività/qualità* delle associazioni tra concetti del dominio di riferimento e oggetti di archivio (*annotazioni*).

Se ad esempio volessimo costruire un classificatore automatico di immagini o sequenze video di disastri naturali, basato sulle più moderne architetture neurali disponibili dallo stato dell'arte, riferendoci ad una *tassonomia standard* ^{Nota 7} dovremmo verificare che:

1. l'archivio disponga di un sufficiente numero di esempi di ciascuna delle categorie presenti nella tassonomia;
2. le annotazioni siano *vere*, cioè in linea con le definizioni concettuali della medesima tassonomia.

Fig. 3 – Esempio della caratterizzazione formale di un dataset.



Nota 6 - Si noti la ritenzione dell'informazione relativa all'osservatore nel dataset

Nota 7 - Ad esempio <https://iptc.org/standards/media-topics/> (ultimo accesso 10/12/2020)

Ad esempio, supponiamo di voler classificare per genere elementi multimediali pubblicati su un servizio OTT, e per fare questo vogliamo riutilizzare un set di dati dagli archivi per addestrare un classificatore basato su IA a riconoscere i generi. Si supponga che i due domini (archivi e OTT) abbiano tassonomie di riferimento diverse e criteri diversi per associare un determinato elemento multimediale a un termine di tassonomia (si veda la Fig. 4). In questo caso il problema dell'adattamento è composto da tre sotto-problemi separati:

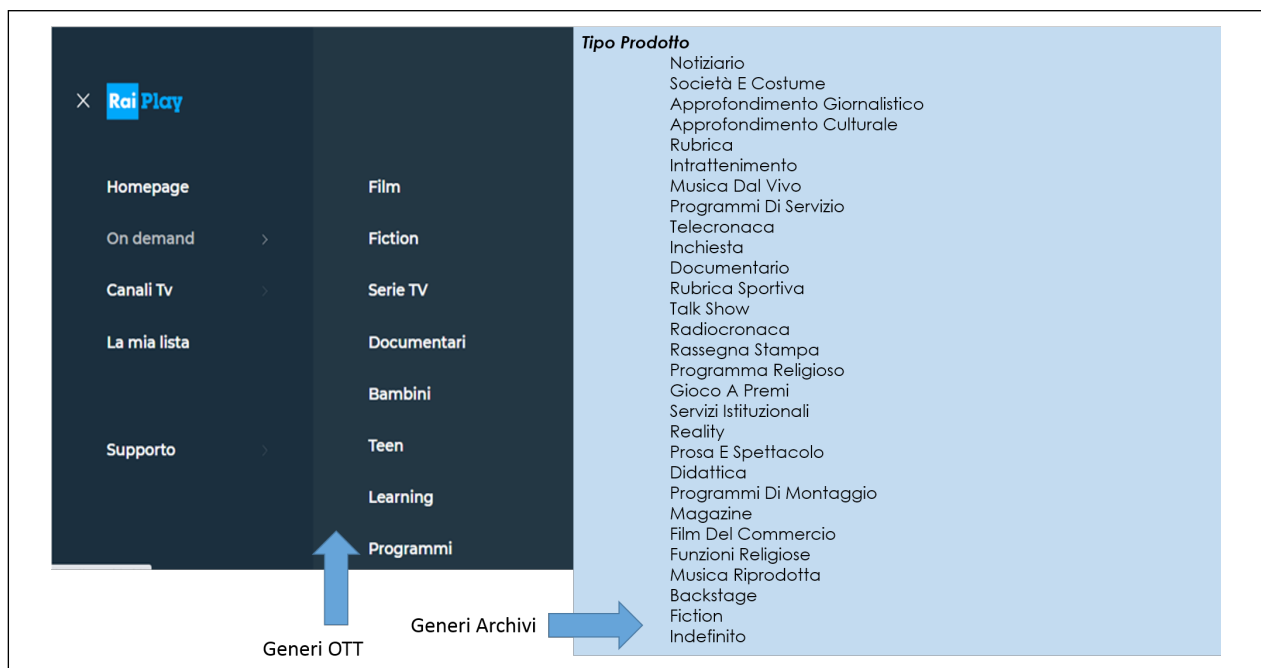
1. *mappatura* della tassonomia di genere tra sorgente (archivi) e destinazione (OTT);
2. *integrazione* del set di dati con nuovi elementi multimediali dal dominio OTT;
3. *classificazione* degli elementi multimediali complessivi dagli utenti del dominio di destinazione.

Questo processo di trasformazione/adattamento può essere parzialmente automatizzato ad es. considerando le mappature della tassonomia statica o

utilizzando approcci più sofisticati che impiegano tecniche basate sull'intelligenza artificiale. Non c'è dubbio, tuttavia, che questo processo ha un'impronta economica non banale e come tale deve essere adeguatamente progettato.

In generale quindi, al fine di utilizzare in maniera efficace i dati di archivio come dataset, è necessario immaginare, progettare e implementare processi di adattamento/trasformazione dei dati che permettano di sopperire ai difetti evidenziati^{Nota 8}. Ed è proprio analizzando questo problema che si rivela necessaria una riflessione fondamentale relativamente a come valutare, possibilmente in maniera oggettiva, l'opportunità di applicare processi di trasformazione di dati esistenti rispetto alla generazione ex-novo del dataset e a come comparare approcci di trasformazione basati essi stessi su IA con approcci di trasformazione manuale. Una teoria relativa a questa problematica è stata sviluppata in [21], lavoro al quale si rimanda per una trattazione dettagliata anche dal punto di vista formale. Nel contesto del presente articolo è sufficiente richiamare il risultato fondamentale.

Fig. 4 – Due differenti tassonomie di genere, rispettivamente RaiPlay e Archivio Rai.



Nota 8 - Le trasformazioni possono essere di natura molto diversa: aggiunta o rimozione di affermazioni, adattamento degli schemi descrittivi, estensione dell'insieme di osservatori

Esistono tre approcci per trasformare un dataset nativo in un dataset adatto ad essere usato come addestramento di strumenti di IA:

1. riscrittura completa delle annotazioni da parte di un team dedicato di osservatori esperti;
2. adattamento dei dati esistenti da parte di un team dedicato di osservatori esperti;
3. adattamento dei dati esistenti con il supporto di strumenti di IA.

La decisione su quale approccio intraprendere dipende fortemente dal caso specifico, ma in generale si può porre un problema di ottimizzazione dei costi delle trasformazioni necessarie per passare dal dataset iniziale a quello finale come segue:

$$\max \left\{ \sum_{i=1}^N \gamma_{\epsilon}(T_{ii+1}), \sum_{i=1}^{N'} \gamma_{\epsilon}(T'_{ii+1}) + \gamma_{\epsilon}^{CHK}(T'_{ii+1}) \right\} < \gamma_{\epsilon}(T_{0j})$$

Dove N è il numero di trasformazioni manuali necessarie, N' il numero di trasformazioni supportate da IA necessarie, γ_{ϵ} è una funzione di costo dei processi di trasformazione dipendente dall'errore accettato ϵ , γ_{ϵ}^{CHK} è una analoga funzione di costo per i processi di correzione, T_{ii+1} è il processo di trasformazione del dataset dallo stato i allo stato $i+1$, T_{0j} è il processo di trasformazione che produce il dataset ex-novo. In pratica questa formulazione indica una regola di selezione di una catena di processi di trasformazione del dataset di partenza (rispettivamente di trasformazione manuale, di trasformazione assistita o di creazione ex-novo) sulla base della stima dei relativi costi medi di processo. La difficoltà pratica di applicare questo approccio risiede tuttavia nell'effettiva misurabilità a priori dei parametri di costo dei processi coinvolti nelle diverse opzioni considerate.

CONCLUSIONI

Questo articolo illustra in maniera estremamente sintetica le opportunità derivanti dall'applicazione delle moderne tecniche dell'intelligenza artificiale al mondo degli archivi radiotelevisivi, intesi come particolare caso di archivi definiti secondo il mo-

dello OAIS. Assieme a ciò, si sono anche presentate le problematiche fondamentali relative all'utilizzo dei dati d'archivio come dataset per l'intelligenza artificiale introducendo un possibile approccio oggettivo di soluzione.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CCSDS, *Reference Model for an Open Archival Information System*, Magenta Book CCSDS 650.0-M-2, 2012, <https://public.ccsds.org/pubs/650x0m2.pdf> (ultimo accesso 10/12/2020)
- [2] ISO 14721:2012, *Space data and information transfer systems - Open archival information system (OAIS) - Reference model*, <https://www.iso.org/standard/57284.html> (ultimo accesso 10/12/2020)
- [3] T.R. Bruce e D. Hillmann, *The Continuum of Metadata Quality: Defining, Expressing, Exploiting*, in D. Hillmann e E. Westbrook (ed), "Metadata in Practice", ALA Editions, 2004, ISBN: 0838908829
- [4] European Audiovisual Observatory, *The Exploitation of Film Heritage Works in the Digital Era*, European Commission (web), 2016, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/exploitation-film-heritage-works-digital-era> (ultimo accesso 10/12/2020)
- [5] *Uefa.tv home page*, UEFA.tv (web), <https://www.uefa.tv/> (ultimo accesso 10/12/2020)
- [6] *Raiplay home page*, RaiPlay (web), <https://www.raiplay.it/> (ultimo accesso 10/12/2020)
- [7] *BBC Archive home page*, BBC (web), <https://www.bbc.co.uk/archive/> (ultimo accesso 10/12/2020)
- [8] A. Messina, *Documenting the Archive - Using Content Analysis Techniques*, in "EBU Technical Review" (online), n. 305, 2006, https://tech.ebu.ch/publications/trev_305-messina (ultimo accesso 10/12/2020)

- [9] W. Bailer, A. Messina e F. Negro, *Task-based assessment of performance and cost-effectiveness of automatic metadata extraction*, in "2014 12th International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI)", 2014, pp. 1-6, DOI: [10.1109/CBMI.2014.6849826](https://doi.org/10.1109/CBMI.2014.6849826)
- [10] E. Caimotti, M. Montagnuolo e A. Messina, *An Efficient Visual Search Engine for Cultural Broadcast Archives*, in "Proceedings of the 11th International Workshop on Artificial Intelligence for Cultural Heritage co-located with the 16th International Conference of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI*CH@AI*IA 2017)", 2017, pp: 1-8, http://ceur-ws.org/Vol-2034/paper_1.pdf
- [11] A. Mercier ed altri, *Examples of Uses of Artificial Intelligence in Video Archives*, in "AI4TV '19: Proceedings of the 1st International Workshop on AI for Smart TV Content Production, Access and Delivery", 2019, pp. 49-50, DOI: [10.1145/3347449.3357486](https://doi.org/10.1145/3347449.3357486)
- [12] A. Messina ed altri, *Hyper Media News: a fully automated platform for large scale analysis, production and distribution of multimodal news content*, in "Multimedia Tools and Applications", 2013, vol. 63, n. 2, pp. 427-460, DOI: [10.1007/s11042-011-0859-1](https://doi.org/10.1007/s11042-011-0859-1)
- [13] *BBC Four announces experimental AI and archive programming*, BBC Media Centre (web), 17/08/2018, <https://www.bbc.co.uk/mediacentre/latestnews/2018/bbc-four-ai> (ultimo accesso 10/12/2020)
- [14] *Web Ontology Language (OWL) home page*, W3C Semantic Web (web), <https://www.w3.org/OWL/> (ultimo accesso 10/12/2020)
- [15] Y. Raimond ed altri, *Using the Past to Explain the Present: Interlinking Current Affairs with Archives via the Semantic Web*, in "The Semantic Web – ISWC 2013", 2013, Lecture Notes in Computer Science, vol. 8219, pp. 146-161, DOI: [10.1007/978-3-642-41338-4_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41338-4_10)
- [16] A. Punchihewa, *Artefacts in image and video systems: Classification and mitigation*, in "Image and Vision Computing New Zealand", 2002, https://www.researchgate.net/publication/264237884_Artefacts_in_image_and_video_systems_Classification_and_mitigation
- [17] A. C. Kokaram, *Motion Picture Restoration: Digital Algorithms for Artefact Suppression in Degraded Motion Picture Film and Video*, Springer Science & Business Media, 2013, ISBN: 1447134850
- [18] F. Salmon, F. Vallet, *An Effortless Way To Create Large-Scale Datasets For Famous Speakers*, in "Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'14)", 2014, pp. 348-352, http://www.lrec-conf.org/proceedings/lrec2014/pdf/32_Paper.pdf
- [19] G. B. Fonseca ed altri, *Hierarchical multi-label propagation using speaking face graphs for multimodal person discovery*, in "Multimed Tools Appl (2020)", DOI: [10.1007/s11042-020-09692-x](https://doi.org/10.1007/s11042-020-09692-x)
- [20] Jinfang Niu, *Organisation and description of datasets*, in "Archives and Manuscripts", vol. 44, n. 2, 2016, pp. 73-85, DOI: [10.1080/01576895.2016.1179585](https://doi.org/10.1080/01576895.2016.1179585)
- [21] A. Messina, *Dataset Production As A New Process In Future AI-Empowered Media*, in "IBC 2020 Conference", 2020, <https://www.ibc.org/technical-papers/dataset-production-as-a-new-process-in-future-ai-empowered-media/6763.article>