

An Analysis of MetaMetadata Models: A Systematic Review

Negin Shokrzadeh Hashtroudi,¹

Zoya Abam^{*2}

Seyed Mahdi Taheri³

Abstract

Objective: Today, meta-models are used to organize and manage metadata, therefore, the aim of this review was to examine the research related to the design techniques of meta-models.

Methodology: This study was conducted based on a systematic review method. In this review, the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) framework was employed to ensure a focused review and to present coherent findings. Relevant research was identified through databases and citation sources such as Web of Science, Scopus, Emerald, Taylor & Francis, and Science Direct, and by applying inclusion and exclusion criteria, 22 scholarly outputs were selected for the systematic review.

Findings: The findings of the review indicated that metamodel refers to metadata about metadata, providing a higher-level framework that describes the structure, relationships, and contextual purpose of metadata elements in various systems. It essentially aids in the standardization, organization, and interpretation of metadata from multiple sources, facilitating and expediting the integrity, interoperability, and usability of data. Metamodel elements within systems serve as key components for information management and organization. These elements include characteristics related to the quality of metadata, such as accuracy, completeness, and currency of the metadata. Meta-models aim to enhance the capabilities of data management and retrieval in complex and heterogeneous systems, incorporating flexible and practical features into their structures.

Conclusion: Meta-metadata models, characterized by flexibility and adaptability, play a crucial role in optimizing information management and retrieval processes, especially in complex and

¹ PhD. Candidate, Department of Information Science, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran.

² Associate Professor, Department of Information Science, Faculty of Education and Psychology, Alzahra University, Tehran, Iran. (Corresponding Author)

³ Associate Professor, Department of Knowledge and Information Science, Faculty of Psychology and Education, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

diverse environments. Implementing these approaches can lead to the development of effective and efficient systems across various fields.

Keywords: Metametadata, metametadata models, metadata management, metametadata properties.

زودآیند ویراستاری نشده / نشریه بازیابی دانش و نظام‌های معنایی

تحلیلی بر مدل‌های فرآراده‌ای: یک مرور نظام‌مند

نگین شکرزاده هشرودی^۴

زویا آبام*^۵

سید مهدی طاهری^۶

چکیده

هدف: امروزه مدل‌های فرآراده‌ای برای سازماندهی و مدیریت فرآراده‌ها استفاده می‌شوند. بدین منظور، هدف از انجام این مرور بررسی پژوهش‌های مرتبط با فنون طراحی مدل‌های فرآراده‌ای بود.

روش‌شناسی: این مطالعه براساس روش مرور نظام‌مند انجام شد. در این مرور الگوی موارد ترجیحی در گزارش مقالات مروری منظم و فراتحلیل (پریزما) جهت مرور هدفمند و ارائه یافته‌های منسجم به کار رفت. برای شناسایی پژوهش‌های مرتبط به پایگاه‌های اطلاعاتی و استنادی همانند شامل وب‌علوم، اسکوپوس، امرالد، تیلور اند فرانسیس، ساینس دایرکت مراجعه شد و با اعمال معیارهای ورود و خروج ۲۲ پرونداد علمی برای مرور نظام‌مند انتخاب شدند.

یافته‌ها: یافته‌ها مرور نشان داد، صفات فرآراده‌ای یک چارچوب سطح بالاتری ارائه می‌دهند تا ساختار، روابط و بافت هدف عناصر فرآراده‌ای را در نظام‌های گوناگون توصیف کند و در اصل به استانداردسازی، سازماندهی و تفسیر فرآراده‌های منابع متعدد کمک می‌کند و یکپارچگی، میان‌کنش‌پذیری و قابلیت استفاده بهتر داده‌ها را تسریع و تسهیل می‌نماید. عناصر فرآراده‌ای در نظام‌ها به عنوان بخش‌های کلیدی برای مدیریت و سازماندهی اطلاعات به کار می‌روند. این عناصر شامل ویژگی‌های مرتبط با کیفیت فرآراده؛ نظیر دقت، جامعیت و به‌روزرسانی فرآراده‌ها هستند. مدل‌های فرآراده‌ای به دنبال ارتقاء قابلیت‌های مدیریت و بازیابی داده‌ها در نظام‌های پیچیده و ناهمگن هستند و ویژگی‌های انعطاف‌پذیر و کاربردی را در ساختارهای خود جای می‌دهند.

نتیجه‌گیری: مدل‌های فرآراده‌ای با ویژگی‌های انعطاف‌پذیری و قابلیت انطباق، در بهینه‌سازی فرآیندهای مدیریت و جستجوی اطلاعات، به ویژه در محیط‌های پیچیده و گوناگون، از اهمیت بالایی برخوردارند و به کارگیری این رویکردها می‌تواند به ایجاد نظام‌های مؤثر و کارآمد در حوزه‌های مختلف منتهی شود.

کلیدواژه‌ها: فرآراده، مدل‌های فرآراده‌ای، مدیریت فرآراده، عناصر فرآراده‌ای.

^۴ (دانشجوی دکتری بازیابی اطلاعات، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران.

negin.shokrzadeh94@gmail.com

^۵ (دانشیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه الزهراء، تهران، ایران. zoya.abam@alzahra.ac.ir)

^۶ (دانشیار، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران. taherismster@gmail.com)

امروزه با گسترش حجم و پیچیدگی داده‌ها، لزوم توصیف دقیق داده‌ها و معناشناسی مناسب آن‌ها بیش از پیش احساس شده است. بدین منظور ابزار فراداده یعنی «داده درباره داده»^۷ به منزله اصلی‌ترین ابزار مدیریت داده به کار می‌رود. فراداده به معنای صفات ساختارمندی است که به شناسایی، کشف، توصیف و استفاده از دیگر داده‌ها می‌پردازد. همه فرایندهای مرتبط با داده همانند فراهم‌آوری، پردازش، حفاظت و جزء آن‌ها را دربرمی‌گیرد. این ابزار کارآمد برای مدیریت داده‌های موجود در هر بافتی تولید و یا استخراج می‌شود. به عبارتی دیگر، فراداده که به منزله محصول نهایی فرایند پردازش و سازماندهی دانش شناخته می‌شود، موجب ثبت، سازماندهی، توصیف و پردازش و در معنای عام مدیریت انواع اشیای محتوایی^۸ و موجودیت‌های داده‌ای^۹ به شیوه‌ای ساختارمند می‌شود.

با رشد روزافزون تعداد فراداده‌ها، لزوم ساختارمندی فراداده‌های تولیدشده برای اشیای محتوایی بیش از پیش مطرح شده است؛ چرا که همه ارزش‌های ثبت‌شده برای یک شیء محتوایی در فراداده گردآوری شده و روابط آن شیء با دیگر اشیای محتوایی با استفاده از فراداده‌ها مشخص می‌گردد. در واقع، خود شیء محتوایی داده اولیه^{۱۰} به شمار آمده و فراداده تولیدشده برای آن شیء، داده ثانویه^{۱۱} قلمداد می‌گردد که خود نیاز به مدیریت دارد. منظور از مدیریت خود فراداده‌ها، حفاظت طولانی مدت از آن‌ها، پی‌گیری منشأ فراداده‌ها و نیز تغییراتی است که در طول زمان دستخوش آن بوده‌اند. آنچه که امروزه در نظام‌های سازماندهی دانش اهمیت بسزایی یافته است، مدیریت مناسب فراداده‌ها است که افزون بر ایجاد انسجام در ثبت یکدست فراداده‌ها، موجب غنی‌سازی پروفایل‌های فراداده‌ای می‌شود. مدیریت فراداده موجب استخراج فراداده‌ها، یکدستی در تولید فراداده‌ها و دسترسی مناسب به فراداده‌ها شده و تمامی اقدامات صورت گرفته در فرایند مدیریت داده‌های اشیای فرهنگی را دربرمی‌گیرد. فرایند

7 Data about Data

8 Content Object

9 Data Entity

منظور از شیء محتوایی و یا موجودیت داده‌ای هر موجودیتی است که داده و اطلاعات را دربرمی‌گیرد. این دو اصطلاح مترادف یکدیگر بوده و در محیط‌های اطلاعاتی گوناگون به جای یکدیگر به کار می‌روند. به طوری که در بافت میراث فرهنگی بیشتر از اصطلاح شیء محتوایی و در محیط وب از اصطلاح موجودیت داده‌ای استفاده می‌شود.

10 Primary Data

11 Secondary Data

مدیریت فراداده اگر به درستی انجام شود، می‌تواند ویژگی‌های با کیفیتی را در خصوص مشخصه‌های مربوط به فراداده‌های مصنوعات فرهنگی را در خود جای دهد (اکرت، پففر و استاکنشمیت^{۱۲}، ۲۰۰۹؛ تانیگوچی^{۱۳}، ۲۰۲۳).

راه‌حلی که در حوزه سازماندهی دانش برای مدیریت فراداده مطرح شده، افزودن صفات فراداده‌ای^{۱۴} برای توصیف فراداده‌ها است. فراداده که به معنای «فراداده درباره فراداده»^{۱۵} است، اطلاعاتی افزوده در خصوص ساختارمندی، ثبت و فرایندهای مرتبط با فراداده ارائه می‌دهد. همه صفاتی که برای تعیین ساختار فراداده‌ها، چگونگی ثبت، وضعیت تکمیل فراداده و جزء آن‌ها در پروفایل‌های فراداده‌ای ثبت می‌شوند، صفات فراداده‌ای به شمار می‌آیند. بدین ترتیب، صفاتی همانند منشأ فراداده، سطح و نوع توصیف فراداده، کیفیت فراداده، زمان ثبت، تاریخ ویرایش، زبان فراداده، مشخصه‌های مدیریتی فراداده، عامل‌های مرتبط (شخص، خاندان یا تنالگان) با فراداده و جزء آن‌ها برای توصیف فراداده‌ها استفاده می‌شوند (لی و سوگیموتو^{۱۶}، ۲۰۱۴). بهره‌گیری از صفات فراداده‌ای برای مدیریت و یکپارچه‌سازی فراداده‌هایی که در سامانه‌های ناهمگن ثبت می‌شوند، بسیار مهم است (اکرت، پففر و استاکنشمیت، ۲۰۰۹).

فراداده‌ها با افزودن صفات مدیریت فراداده، موجب ساختارمندی فراداده‌ها، شناسایی پردازش‌های صورت گرفته بر روی فراداده‌ها شده و نیز امکان استخراج، دستکاری، قالب‌بندی فراداده‌ها و ارائه ساختارهای کنترلی و مدیریتی بر روی فراداده‌ها را میسر می‌سازند (کرن و همکاران^{۱۷}، ۲۰۱۰). بدین منظور تاکنون مدل‌های فراداده‌ای^{۱۸} و نیز فرامدل‌ها^{۱۹} در بافت‌های گوناگون به وجود آمده‌اند. شناسایی ساختار مدل‌های فراداده‌ای، مشخصه‌ها و ساختار هر یک از آن‌ها اهمیت بسزایی در مدیریت فراداده دارد. با این وجود، در حال حاضر دقیقاً مشخص نیست چه صفاتی در مدل‌های فراداده‌ای استفاده شده‌اند و ساختار مناسب برای طراحی مدل فراداده‌ای در بافت‌های گوناگون چیست. بدین منظور، هدف اصلی این مرور شناسایی انواع مدل‌های فراداده‌ای و مشخصه‌های هر یک از آن‌ها بود. این مرور در پی آن است که به این پرسش‌ها پاسخ بدهد تاکنون مدل‌های فراداده‌ای به چه صورت طراحی شده و توسعه یافته‌ها و چه مؤلفه‌هایی در آن‌ها مدنظر قرار گرفته است.

12 Eckert, Pfeffer, & Stuckenschmidt

13 Taniguchi

14 Metametadata

15 Metadata about Metadata

16 Li, & Sugimoto

17 Kerne, et al.

18 Metametadata models

19 Metamodels

روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه از نظر هدف کاربردی بوده و هدف آن دستیابی به درکی مناسب از وضعیت کنونی پژوهش‌ها در زمینه مدل‌های فرافرا داده‌ای بود، بدین منظور از روش مرور نظام‌مند استفاده شد. دلیل استفاده از مرور نظام‌مند در این مطالعه شناسایی پژوهش‌های طراحی مدل‌های فرافرا داده‌ای و تلفیق نتایج کاربردی این پژوهش‌ها بود. در این مرور از الگوی موارد ترجیحی در گزارش مقالات مروری منظم و فراتحلیل (پریزما)^{۲۰} جهت مرور هدفمند و ارائه یافته‌های منسجم استفاده شد. منظور از پریزما، دستورالعملی برای ارزیابی کیفیت و بهبود مقاله‌های مروری است. در ادامه به فرایند انتخاب پژوهش‌ها برای مرور اشاره می‌شود:

- در گام نخست، پرسش‌های مرور به دقت تدوین شدند و همگام انتخاب منابع برای مرور مدنظر قرار گرفتند.
- در گام دوم، راهبرد جستجو برای شناسایی برون داده‌های علمی مرتبط طراحی شده و کلیدواژه‌های “metametadata”، “metadata about metadata”، “meta-metadata”، براساس ساختار پایگاه‌های اطلاعاتی با یکدیگر ترکیب شدند.

- در گام سوم، با مراجعه به پایگاه‌های استنادی و اطلاعاتی معتبر همانند شامل وب علوم^{۲۱}، اسکوپوس^{۲۲}، امرالد^{۲۳}، تیلور اند فرانسیس^{۲۴}، ساینس دایرکت^{۲۵}، پروکوئیست^{۲۶}، گوگل اسکالر^{۲۷}، اشپرینگر^{۲۸}، بانک نشریات کشور^{۲۹} و پایگاه نشریات جهاد دانشگاهی^{۳۰}، برون داده‌های علمی مورد نظر شناسایی شده و در جستجوی نخست ۳۰۷۸ برون داده علمی به دست آمدند.

- در گام چهارم، برون داده‌های علمی تکراری حذف شدند و تعداد ۱۰۵۱ منبع بررسی شدند.

- در گام پنجم، برون داده‌های غیر پژوهشی همانند فصل‌های کتاب، مقالات کنفرانسی، نقدها و جز

آن‌ها از مرور کنار گذاشته شدند و تعداد ۷۱ مقاله برای بررسی بیشتر انتخاب شدند.

20 PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis

21 Web of Science

22 Scopus

23 Emerald

24 Taylor & Francis

25 ScienceDirect

26 Proquest

27 Google scholar

28 Springer

29 Magiran

30 SID

- سپس، معیارهای ورود و خروج مشخصی برای بررسی بروندهای علمی تعیین شد. بدین منظور، معیارهایی همانند ارتباط موضوعی بروندهای علمی با مدل‌های فرآراده‌ای، توجه کافی به فرآراده و جز آن‌ها پالایش شدند و در نهایت ۲۲ برونداد علمی برای مرور نظام‌مند در نظر گرفته شدند.

- در گام پسین، داده‌های مورد نیاز پژوهش با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی به دست آمده و با استفاده از نرم‌افزار اکسل تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها

در این بخش، یافته‌های به دست آمده از مرور نظام‌مند بروندهای پژوهشی، ارائه می‌گردد. یافته‌های به دست آمده از بررسی پیشینه‌های پژوهش در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱. داده‌های به دست آمده از مرور پیشینه‌های پژوهش

ردیف	پیشینه مورد بررسی	هدف	بستر نحوی	عناصر فرآراده‌ای	بافت هدف	کاربردها
۱	ویلارد و بربرت ^{۳۱} (۱۹۹۹)	یافتن داده‌های تصادفی در ماهواره‌ها	ODL	<ul style="list-style-type: none"> صفت مرکز داده مشخصات محصول ذخیره شده داده‌های موقعیت دارای برجسب زمانی ابزار فضا-زمان خطای پرس و جو 	داده‌های ماهواره‌ای	<ul style="list-style-type: none"> رفع چالش دسترسی به داده‌های تصادفی دستیابی بلادرنگ به داده‌ها
۲	گنوک و اشتاوسبرگ ^{۳۲} (۲۰۰۳)	منبع یادگیری مبتنی بر فرآراده برای پزشکی	XML XSLT XSQL	<ul style="list-style-type: none"> ویژگی‌های مربوط به کیفیت فرآراده گزاران‌های کاربران 	بافت یادگیری پزشکی	<ul style="list-style-type: none"> امکان ثبت ویژگی‌های کیفیت در فرآراده‌ها نمایش یادداشت‌های کاربر نمایش داده‌های ساخت یافته افزایش ارزیابی کیفیت
۳	بچاره‌ویچ، و رانتی ^{۳۳} (۲۰۰۴)	مشخصه‌های فرامدل آدی‌ام‌جی	XML XSQL	<ul style="list-style-type: none"> انتزاع سطح بالا ویژگی‌های فرآراده‌ها روابط فرآراده‌ها ویژگی وراثت طرح‌واره فرامدل 	پایگاه داده چند رسانه‌ای	<ul style="list-style-type: none"> تسهیل ادغام پایگاه داده‌های ناهمگن امکان ارسال پرس و جوهای پویا بهبود مدیریت داده میان‌کنش پذیری

³¹ Willard & Berbert

³² Geueke, M., & Stausberg

³³ Bećarević & Roantree

کاربردها	بافت هدف	عناصر فرافراددهای	بستر نحوی	هدف	پیشینه مورد بررسی	ردیف
<ul style="list-style-type: none"> - نگاشت معنایی پویا - اشتراک گذاری بهتر فراداده - بهینه سازی شیوه های استفاده از اشیای یادگیری - پشتیبانی از جستجوی غنی - بهبود کیفیت تجربه آموزشی از طریق شناسایی منابع یادگیری 	بافت یادگیری	<ul style="list-style-type: none"> - منشاء فراداده - محل نگهداری - چرخه حیات فراداده - کنش های مرتبط با فراداده - بافت هدف 	XML	مشاهده فراداده در بافت یادگیری	اسماعیل و جوی ³⁴ (۲۰۰۷)	
<ul style="list-style-type: none"> - برچسب گذاری فراداده ها - بهبود جستجوی معنایی - بهبود الگوریتم های جستجو - بهبود بازیابی منابع یادگیری مرتبط 	منابع یادگیری	<ul style="list-style-type: none"> - منشاء فراداده - محل نگهداری - چرخه حیات فراداده - کنش های مرتبط با فراداده - بافت هدف 	XML RDF	طراحی یک مدل نوین برای کشف منابع یادگیری	اسماعیل ³⁵ و همکاران (۲۰۰۹ الف)	۵
<ul style="list-style-type: none"> - بهبود مکانیسم جستجوی معنایی 	داده های آموزشی	<ul style="list-style-type: none"> - منشاء فراداده - محل نگهداری - چرخه حیات فراداده - کنش های مرتبط با فراداده - بافت هدف 	XML RDF	معماری فرافرادده برای شرح داده های آموزشی	اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ ب)	۶
<ul style="list-style-type: none"> - ارتقای برنامه های مصورسازی - ایجاد انتزاعی مناسب از فراداده 	برنامه های کاربردی مصورسازی مجموعه ها	<ul style="list-style-type: none"> - شیوه باز نمود - نوع فراداده - قوانین استخراج اطلاعات 	XML HTML XPath	ایجاد زبان فرافراددهای و معماری نرم افزار	ماتور ³⁶ (۲۰۰۹)	۷
<ul style="list-style-type: none"> - توسعه پروفایل های کاربردی فراداده ای - بهبود گذرهای تطبیقی فراداده ها - پشتیبانی از نگهداری فراداده - ادغام کارآمد گزارمان های موضوعی - بهبود کیفیت - میان کنش پذیری - قابلیت استفاده از فراداده های حجیم 	بافت گردآوری فراداده	<ul style="list-style-type: none"> - کیفیت و فرمت فراداده - منشأ گزارمان ها - ادغام گزارمان های موضوعی 	RDF	روشی یکپارچه برای باز نمود فرافرادده	اکرت، پففر و استاکشمیت (۲۰۰۹)	۸
<ul style="list-style-type: none"> - بهبود میان کنش پذیری فراداده ای 	داده های مرتبط با منشأ فراداده	<ul style="list-style-type: none"> - کیفیت فراداده - مجوزها - منشأ فراداده 	RDF	منشأ فراداده	اکرت، پففر و استاکشمیت (۲۰۱۰)	۹

³⁴ Ismail & Joy

³⁵ Ismail

³⁶ Mathur

کاربردها	بافت هدف	عناصر فرافراداده‌ای	بستر نحوی	هدف	پیشینه مورد بررسی	ردیف
<ul style="list-style-type: none"> - مدیریت معنایی فراداده‌ها - انعطاف‌پذیری بیشتر برنامه‌های کاربردی - بازاستفاده از فراداده‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> برنامه‌های بازنمود مجموعه‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> - چرخه حیات فراداده - زبان فراداده زبان تعریف فراداده (MDL) - استخراج اطلاعات - کنش‌های معنایی - قوانین ارائه 	XML XPath	زبان معناشناختی فراداده	کرن و همکاران (۲۰۱۰)	۱۰
<ul style="list-style-type: none"> - یکپارچه‌سازی فراداده‌ها - جستجوی هوشمند 	<ul style="list-style-type: none"> بافت معماری آموزشی 	<ul style="list-style-type: none"> - منشاء فراداده - محل نگهداری - چرخه حیات فراداده - کنش‌های مرتبط با فراداده بافت هدف 	XML RDF	ارائه مدلی فرافراداده‌ای برای بافت معماری	اسماعیل و همکاران (۲۰۱۰)	۱۱
<ul style="list-style-type: none"> - نگاشت معنایی فراداده‌ها - تبادل معنایی اطلاعات 	<ul style="list-style-type: none"> نظام‌های نوع مقابل زبان 	<ul style="list-style-type: none"> - نام - طرح‌واره - کنش‌های معنایی - قواعد استخراج/ارائه 	Json xml S.IM.P. L.	زبان معناشناختی فراداده	کرن و خو ^{۳۷} (۲۰۱۱)	۱۲
تبادل معنایی فراداده‌ها	<ul style="list-style-type: none"> مونورهای گوش 	<ul style="list-style-type: none"> طرح‌واره کنش معنایی 	Xml Json	معناشناختی میان‌کنش‌پذیر فراداده با استفاده از فرافراداده	خو ^{۳۸} و همکاران (۲۰۱۱)	۱۳
<ul style="list-style-type: none"> - میان‌کنش‌پذیری فراداده‌ای - کشف منبع - تولید خودکار فراداده 	<ul style="list-style-type: none"> داده‌های علمی پایگاه‌های داده 	<ul style="list-style-type: none"> زبان تعریف طرح‌واره طرح‌واره فراداده نمونه فراداده 	XML	پشتیبانی از کشف و مدیریت داده‌های علمی	خین، بال و گرینبرگ ^{۳۹} (۲۰۱۲)	۱۴
<ul style="list-style-type: none"> - ایجاد پایگاه داده انعطاف‌پذیر - بهبود روند توسعه نظام‌ها 	<ul style="list-style-type: none"> نظام‌های اطلاعاتی 	<ul style="list-style-type: none"> - همانند راهنمای سلسله مراتبی - نمونه موجودیت - ارزش صفت - ساختار رابطه 	XML	فراپایگاه داده	روگوزوف، سو یریدوف و کوچرو ^{۴۰} (۲۰۱۲)	۱۵

³⁷ Kerne & Qu

³⁸ Qu

³⁹ Qin, Ball & Greenberg

⁴⁰ Rogozov, Sviridov & Kucherov

ردیف	پیشینه مورد بررسی	هدف	بستر نحوی	عناصر فرآرادهای	بافت هدف	کاربردها
۱۶	ریستیک ^{۴۱} و همکاران (۲۰۱۳)	فرامدل‌های پایگاه داده	معماری مشتق شده از مدل (ام‌دی‌ال)	- سیاست‌های مدنظر - قوانین حاکم	نظام‌های مدیریت پایگاه داده	- بهبود انعطاف پذیری - بهبود سازگاری - همبستگی مناسب نظام‌های داده‌ای
۱۷	سوردلج ^{۴۲} و فوگاراچی ^{۴۳} و همکاران (۲۰۱۵)	مدل فراداده‌ای برای توصیف اسناد ذخیره شده روی یک دی‌ام‌اس	SWRL	- شخص مرتبط - سازمان - یادداشت رده‌بندی - طرح‌واره رده‌بندی - پیوند بیرونی - شناساگر بیرونی	نظام مدیریت اسناد	- ایجاد هستی‌شناسی فراداده‌ای - استدلال مبتنی بر وب معنایی
۱۸	سوردلج- فوگاراچی و همکاران (۲۰۱۷)	ادغام معنایی نظام‌های اطلاعات سازمانی	XML	- اعلان‌های مرتبط با فراداده - مکانیسم استخراج اطلاعات - داده‌های ایکس‌ام‌ال‌ای - توصیف خود اشیای فراداده‌ای	نظام‌های اطلاعات مدیریت سازمانی	- میان‌کنش‌پذیری بین نظام‌های اطلاعات مدیریت سازمانی (ای‌آی‌اس) - مرور معنایی - امکان ترجمه خود کار فراداده‌ها - تبادل داده بین نظام‌های ناهمگن - یکپارچه‌سازی معنایی نظام‌ها
۱۹	مکالا، ژانگ و شانگ ^{۴۳} (۲۰۲۰)	نظارت غنی‌سازی شده براساس فراداده	نامشخص	- نوع - پیوندها	داده‌های متنی	- بهبود عملکرد طبقه‌بندی در مقایسه با مدل‌های پیشین
۲۰	تانیکوچی	بررسی منشأ داده و اطلاعات مدیریتی در داده‌های مرتبط با کتابخانه	RDF	- منشأ فراداده	بافت کتابخانه	- ثبت اطلاعات مدیریتی - بهبود نظم‌های کتابخانه‌ای - رصد تغییرات فراداده
۲۱	کینگ ^{۴۴} (۲۰۲۴)	فراداده‌های بافت آرشیو	XML	- تاریخ بازنگری - هویت فرد بازنگری کننده - نگهداری پیشنهادها	بافت آرشیو	- بهبود توصیف و دسترسی به کمک افزارها - شناسایی دقیق چرخه حیات فراداده
۲۲	خالید و زیمانی ^{۴۵} (۲۰۲۴)	بازسازی فراداده‌ها برای مدیریت آنها	XML	- شناسایی عناصر فراداده‌ای - مشخصه‌های بستر نحوی	پایگاه داده	- شناسایی صفات فراداده‌ای بهبود - فراداده‌های ساختاری - تقویت بسترهای نحوی

⁴¹ Ristic

⁴² Cverdelj-Fogaraši

⁴³ Mekala, Zhang & Shang

⁴⁴ King

⁴⁵ Khalid & Zimányi

کاربردها	بافت هدف	عناصر فرافراددهای	بستر نحوی	هدف	پیشینه مورد بررسی	ردیف
		- داده‌های مربوط به بهبود خوانایی و قابلیت استفاده مجدد از فراداده‌ها				

در جدول ۱، اطلاعات مربوط به مرور پژوهش‌های پیشین، قابل مشاهده است. بررسی‌های صورت گرفته بر روی پژوهش‌های پیشین از جمله گئوک و اشتاوسبرگ (۲۰۰۳) و اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ ب) نشان می‌دهد از اواخر دهه ۸۰ میلادی بحث قابلیت‌های ناکافی نظام‌های مدیریت داده برای یکپارچه‌سازی و مدیریت فراداده در آن‌ها مطرح شده است و به دلیل تفاوت‌هایی که بین داده و فراداده آن مطرح است، همواره مسئله مدیریت فراداده‌ها با چالش روبه‌رو بوده است. در پژوهش‌های مربوط به مدل‌های فرافراددهای و مدیریت فراداده‌ها همانند اسماعیل و جوی (۲۰۰۷)؛ سوردلج-فوغاراشی و همکاران (۲۰۱۷) و یا کینگ (۲۰۲۴)، افزون بر لزوم یکپارچه‌سازی فرآیند مدیریت داده‌ها، به مسائلی همانند ارزیابی مشخصه‌های اساسی موجودیت‌های فراداده‌ای، شیوه دسترسی به فراداده‌ها، الگوهای به‌روزرسانی آن‌ها، تحلیل موجودیت‌های فراداده‌ای^{۴۶}، ویژگی‌ها، روابط و کارکردهای فراداده‌ها و نیز توسعه هستی‌شناسی‌های فرافراددهای^{۴۷} توجه داشته‌اند و در ادامه پژوهش‌های این حوزه براساس تمرکزی که داشته‌اند گروه‌بندی و تحلیل شده‌اند.

ساختار مدل‌های فرافراددهای

مدل‌های فرافراددهای گوناگونی تاکنون مطرح شده‌اند که هر یک ویژگی‌هایی و ساختار چند لایه‌ای دارند تا به‌منظور سازماندهی و مدیریت فراداده‌ها استفاده شوند. در برخی از ساختارها، مدل‌های فرافراددهای به‌عنوان یک انتزاع از خود فراداده تعریف شده است که برای پاسخ به نیاز بازنمود کارآمد فراداده‌ها برای بهبود جستجوی داده‌های در شبکه‌ها و محیط‌های پیچیده به کار می‌رود. به‌طور نمونه، ویلارد و بربرت (۱۹۹۹) در مطالعه خود فرافرادده را به‌عنوان ابزاری برای بهبود کارآیی یافتن داده‌های همزمان از ماهواره مورد بحث قرار داد. در این مقاله فرافرادده انتزاعی از خود فراداده تعریف شده است که روشی کارآمد برای نمایش فراداده ارائه می‌دهد.

بچاره‌ویچ و رانتری (۲۰۰۴) در پژوهش خود یک فرامدل برای فدراسیون‌های پایگاه داده چند رسانه‌ای با تمرکز بر ساختار فراداده ایجاد نمودند که ویژگی‌های گوناگون عناصر فرافراددهای را مشخص می‌کند. در این پژوهش

⁴⁶ Metadata entities

⁴⁷ Metametadata Ontology

فرافراداده به منزله فراداده‌ای برای توصیف و ساختار ویژگی‌های خود فراداده مورد استفاده قرار گرفت. در این مقاله چندین عنصر فرافراداده‌ای استفاده شدند. به‌طور نمونه عنصر «m_Abstract» به منزله یک انتراع و عنصر سطح بالا در فرامدل در نظر گرفته شده است که برای توصیف ویژگی‌های مشترک عناصر فراداده‌ای استفاده می‌شود. عنصر «m_Attribute» نشان‌دهنده ویژگی‌های عناصر و انواع منحصر به فرد آن‌ها است. عنصر «m_Association» روابط بین عناصر را توصیف می‌کند که می‌تواند یک‌طرفه و یا دوطرفه باشد. عنصر «m_Generalisation» ویژگی وراثت را بین عناصر فراداده‌ای نشان می‌دهد. عنصر «m_Schema» نیز محفظه‌ای برای همه عناصر موجود در مدل فراداده‌ای است که طرح‌واره فرامدل خاص را بازنمود می‌کند. پژوهشگران بیان داشتند این فرامدل با یکپارچه‌سازی پرس‌وجوها و مدیریت بهینه فراداده‌ها به طراحی نظام‌های پایگاه داده کارآمد کمک می‌کند.

یکی از مسائلی که در پژوهش‌ها بسیار به آن تأکید شده است کیفیت و قالب فراداده‌ها است. به‌طوری که هنگام گردآوری داده‌ها از منابع گوناگون و ایجاد نگاهت‌ها و گذرگاه‌های تطبیقی بین قالب‌های گوناگون، عناصر فراداده‌ای به‌منزله یکی از اجزای مهم مطرح است. در این راستا، اکرت، پففر و استاکنش‌میت (۲۰۰۹) مدلی برای بازنمود فراداده طراحی کردند. در این پژوهش از آردی‌اف به‌منزله روشی برای بازنمود بهتر فراداده پیشنهاد شد تا شرح و توصیف مناسبی در خصوص فراداده‌های موجود فراهم شود و ذخیره اطلاعات افزوده همانند منشأ و کیفیت میسر گردد. این مقاله مواردی همانند کیفیت و قالب فراداده، نگاهت‌ها و به‌روزرسانی آن‌ها، منشأ داده‌های گزارمانی، ادغام گزارمان‌های موضوعی و جز آن‌ها را مدنظر قرار داد؛ به‌طوری که اهمیت هماهنگ‌سازی کیفیت و قالب فراداده را هنگام جمع‌آوری داده‌ها از منابع گوناگون، لزوم استفاده از گذرگاه‌های تطبیقی برای نگاهت بین قالب‌های گوناگون فراداده، مدیریت فرآیند تبدیل و قوانین نگاهت، بهره‌گیری از فراداده‌ها به‌منظور ردیابی منشأ فراداده‌ها، امکان رصد داده‌های گزارمانی و جز آن‌ها را برجسته می‌کند.

در ساختار مدل‌های فراداده‌ای قابلیت جستجو و مصورسازی به‌منزله مکانیسمی مطرح شده است که در جستجوی مؤثر فراداده‌ها و ساختارهای فراداده‌ای کاربرد دارد که موجب انعطاف‌پذیری بیشتر فرایند مدیریت داده‌ها می‌شود. بدین منظور، ماتور (۲۰۰۹) به طراحی زبان معنایی اطلاعات و معماری نرم‌افزار برای کاربردهای مصورسازی مجموعه‌ها پرداخت. در این مدل یک زبان مبتنی بر ایکس‌ام‌ال برای تعریف ساختار، قوانین استخراج و ارائه فراداده برای منابع اطلاعاتی مختلف طراحی شده است که برای توصیف کلی فراداده به کار می‌رود. معماری این مدل شامل نوشتن تعاریف فراداده و جاسازی آن‌ها در کلاس‌های فراداده‌ای غنی است. دیگر گام‌های طراحی

این مدل فرافراداده‌ای، تعیین زبان تعریف فراداده، طراحی مکانیسم استخراج فراداده‌ها، عملیات معنایی فراداده، شناسایی نحوه عملکرد برنامه‌ها بر روی اشیای فراداده‌ای، بازنمود مصور از فراداده‌ها و اعتبارسنجی بود. آنچه که در بهره‌گیری از مدل‌های فرافراداده‌ای بیشتر مورد توجه پژوهشگران پیشین قرار گرفته است، جستجو و بازیابی معنایی در نظام‌های مدیریت داده است. در پژوهش‌هایی همانند اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ الف) و اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ ب) لزوم بهره‌گیری از عناصر فرافراداده‌ای به منظور بهبود جستجوی معنایی و بازیابی اطلاعات در نظام‌های مدیریت داده مورد توجه قرار گرفته است. با استفاده از عناصر فرافراداده‌ای امکان استخراج بهینه پرس و جوها، تطبیق و نگاشت بین پرس و جو و نتایج بازیابی شده، امکان تجزیه فراداده‌های ذخیره‌شده در قالب ایکس‌ام‌ال و استخراج روابط معنایی با استفاده از هستی‌شناسی‌ها بهبود می‌یابد.

در برخی مدل‌ها، اصول شیء‌سازی و گراف‌های نام‌گذاری شده به عنوان روشی برای سازماندهی گزاره‌ها و فراداده‌ها در نظر گرفته شده بود. این ساختار اجازه می‌دهد تا ارتباطات و ساختارهایی که بین گزاره‌های مختلف وجود دارد، به راحتی قابل دسترسی و قابل مدیریت شوند. اکرت، پففر و استاکشمیت (۲۰۱۰) در مقاله خود به میان‌کنش‌پذیری منشأ فراداده پرداختند؛ چراکه اطلاعات منشأ توصیف مناسبی در خصوص منبع، مجوز، کیفیت فراداده و میان‌کنش‌پذیری فراداده در محیط‌های داده‌ای فراهم می‌کند. این شامل نیاز به نمایش ثابت منشأ در مجموعه داده‌های مختلف است. در این مقاله دو بعد شیء‌سازی^{۴۸} مبتنی بر آردی‌اف و گراف‌های نام‌گذاری شده^{۴۹} در طراحی مدل فرافراداده‌ای مدنظر قرار گرفته‌اند. در شیء‌سازی امکان فرمول‌بندی گزاره‌ها بررسی شده و نمودارهای نام‌گذاری شده توسعه‌ای از آردی‌اف است که امکان گروه‌بندی گزاره‌های آردی‌اف را در یک گراف فراهم می‌کند. با این حال، چالش‌هایی همانند قابلیت‌های ناکافی استانداردها و شیوه‌های کنونی برای بازنمود فراداده، میان‌کنش‌پذیری فراداده‌ای و امکان ثبت منشأ فراداده‌ها مدنظر پژوهشگران بوده است.

خین، بال و گرینبرگ (۲۰۱۲) در مقاله خود به بررسی ملزومات کارکردی مدیریت فراداده‌ها برای پشتیبانی از کشف و مدیریت داده‌های علمی پرداختند. این مقاله بر نقش حیاتی فرافراداده در کارکردپذیری فراداده و کشف، مدیریت و حفظ داده‌های علمی تاکید دارد. در این پژوهش ۱۰ کارکرد اصلی برای انواع گوناگون فراداده‌ها مثل فراداده توصیفی، فراداده مدیریتی و فراداده فنی ارائه داده است. برای فراداده‌های مدیریتی کارکردهایی همانند مدیریت و آرشیوسازی در این مطالعه مدنظر بودند. در این مقاله ملزوماتی همانند میان‌کنش‌پذیری فراداده‌ها، کنترل کیفیت فراداده‌ها، کشف منبع، قابلیت تجزیه و تحلیل و پیونددهی از ملزومات کارکردی مدیریت فراداده بودند. در

⁴⁸ Reification

⁴⁹ Named Graphs

نهایت، این مقاله به این نتیجه رسید که بهره‌گیری از فرآفراده‌ها کارآیی و اثربخشی استانداردهای فراداده‌ای را در مدیریت داده‌های علمی بهبود می‌بخشد.

یکی از ویژگی‌های کلیدی مدل‌های فرآفراده‌ای، توانایی سازگاری آن‌ها با تغییرات است. این مدل‌ها به‌طور خاص طراحی شده‌اند تا تغییرات در طرحواره‌ها و فراداده‌ها را بدون ایجاد اختلال در کل نظام مدیریت کنند. در این راستا، ریستیک و همکاران (۲۰۱۳) به ارائه فرامدلی در پشتیبانی از دگرذیسی در مدل‌های پایگاه داده پرداختند. در این فرامدل، فرآفراده‌ها به‌منظور سازماندهی فراداده‌ها در لایه‌های چندگانه استفاده شده و بر قوانین و چارچوب‌هایی که خود فراداده را توصیف می‌کند، حاکم است. فرآفراده‌ها به‌منظور طراحی فرامدل‌ها به کار می‌روند و با استفاده از آن‌ها یک نظام می‌تواند تکامل مدل‌های پایگاه داده را به روشی ساختاریافته مدیریت نموده و انعطاف‌پذیری و یکپارچگی بالایی داشته باشد. از سوی دیگر فرآفراده برای پشتیبانی از تکامل طرحواره‌ها^{۵۰} در پایگاه داده در طول زمان طراحی شده است. فرآفراده سازگاری پایگاه‌های داده‌ای را با تعریف چارچوب‌های انعطاف‌پذیری که در آن تغییرات طرحواره می‌تواند بدون ایجاد اختلال در کل نظام مدیریت شود، امکان‌پذیر می‌کند. در این مقاله بیان شده بود هنگامی که یک طرحواره یا فراداده تغییر یابد، فرآفراده تضمین می‌کند که این تغییرات به درستی در سراسر نظام منتشر شده و روابط بین داده‌ها، فراداده‌ها و قوانین حاکم بر آنها حفظ می‌شود.

مکالا، ژانگ و شانگ (۲۰۲۰) به مسئله نظارت ضعیف بر طبقه‌بندی متن اشاره داشته و بهره‌گیری از فراداده را در کنار داده‌های متنی برای بهبود عملکرد طبقه‌بندی متن را ضروری دانست. چارچوب پیشنهادی این مقاله META نام داشت که در آن فراداده به‌منزله یک عنصر اثربخش برای تقویت نظارت ضعیف مورد توجه قرار گرفت. بدین ترتیب، فرآفراده‌هایی برای توصیف خود فراداده‌ها در یک «شبکه غنی از متن» سازمان‌دهی شدند که اجازه می‌دهد دیدی کل‌نگر از پیکره به دست بیاید و امکان ثبت روابط درجه بالاتر را از طریق الگوهای به دست آمده فراهم می‌کند. الگوهای موتیف که در این چارچوب به کار رفته‌اند، نشانگر چگونگی ادغام فراداده‌ها و ارتباطات بین فراداده‌های گوناگون بودند که امکان شناسایی فراداده‌های نشان‌دهنده برچسب‌ها را فراهم نمودند.

زبان‌های فرآفراده‌ای برای معناشناسی فراداده‌ها

زبان‌های فرآفراده‌ای^{۵۱} به زبان‌هایی اطلاق می‌شود که برای توصیف و مدیریت فراداده‌ها طراحی شده و موجب ساختارمندی فراداده‌ها می‌شوند. در این زبان‌ها از بسترهای نحوی همانند ایکس‌ام‌ال، آردی‌اف، زبان هستی‌شناسی

⁵⁰ Schema Evolution

⁵¹ Metametadata Languages

وب و نیز جیسان-ال دی استفاده می‌شود که برای توصیف و مدیریت فراداده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله مؤلفه‌های اصلی زبان‌های فراداده‌ای می‌توان به ساختارمندی صفات فراداده‌ای، تدوین دستورالعمل‌ها و استانداردهایی برای کاربرد فراداده، سازگاری و میان‌کنش‌پذیری با دیگر زبان‌ها و نظام‌ها، قابلیت گسترش و امکان افزودن قابلیت‌ها و ویژگی‌های جدید بر اساس نیازهای خاص و جز آن‌ها اشاره کرد.

در پژوهش‌های پیشین بسترهای نحوی گوناگونی برای مدل‌های فراداده‌ای استفاده شده‌اند. در بیشتر مطالعات از بستر نحوی ایکس‌ام‌ال استفاده شده است. پژوهش‌های گوناگونی همانند گنوک و اشتاوسبرگاکر (۲۰۰۳)؛ بچاره‌ویچ، و رانتری (۲۰۰۴)؛ اسماعیل و جوی (۲۰۰۷)؛ کرن و همکاران (۲۰۱۰)؛ خو و همکاران (۲۰۱۱)؛ خین، بال و گرینبرگ (۲۰۱۲)؛ روگوزوف، سویریدوف و کوچرو (۲۰۱۲)؛ سوردلج-فوگاشی و همکاران (۲۰۱۵) و کینگ (۲۰۲۴) از ایکس‌ام‌ال به عنوان یک زبان نشانه‌گذاری برای تعریف ساختار داده‌ها و فراداده‌ها استفاده نمود؛ چراکه این زبان با قابلیت‌های خود، امکان انتقال و تبادل داده‌ها را تسهیل و تسریع می‌بخشد. آردی‌اف نیز به منزله مدل داده‌ای وب معنایی در تعدادی از پیشینه‌ها، از جمله پژوهش‌های اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ الف)؛ اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ ب)؛ اکرت، پففر و استاکنشمیت (۲۰۰۹)؛ اکرت، پففر و استاکنشمیت (۲۰۱۰) و اسماعیل و همکاران (۲۰۱۰) مورد استفاده قرار گرفته بود. آردی‌اف به منظور توصیف روابط و معنانشناسی داده‌ها طراحی شده است و به درک و پردازش داده‌ها در محیط وب کمک می‌کند. در برخی از منابع همانند کرن و خو (۲۰۱۱) و خو و همکاران (۲۰۱۱) از بستر نحوی جیسان-ال دی در زبان‌های فراداده‌ای استفاده شده است.

زبان‌های فراداده‌ای که با استفاده از بسترهای نحوی ایجاد شده‌اند، به ایجاد و سازماندهی صفات فراداده‌ای کمک می‌کنند تا اطلاعات به صورت منظم و قابل فهم ارائه شوند. زبان‌های فراداده‌ای به تنظیم قواعد و استانداردهایی برای استفاده صحیح از فراداده‌ها پرداخته و به صورت میان‌کنش‌پذیر با دیگر زبان‌ها توسعه می‌یابند. ویژگی دیگر این زبان‌ها آن است که آن‌ها باید توانایی افزودن ویژگی‌ها و قابلیت‌های جدید را بر اساس نیازهای خاص داشته باشند. در این راستا، کرن و خو (۲۰۱۱) در پژوهش خود مدلی نوین برای یک نظام نوع متقابل زبان برای معنانشناسی فراداده پیشنهاد دادند که در آن از سریال‌سازی^{۵۲} مبتنی بر ایکس‌ام‌ال و جیسان برای نمایش معنانشناسی اطلاعات بهره گرفتند. همچنین برای استفاده از داده‌ها و میان‌کنش‌پذیری مناسب آن‌ها در محیط وب از سریال‌سازی پشتیبانی از نگاشت اطلاعات در زبان‌های برنامه‌نویسی^{۵۳} استفاده نمودند. در این مدل، یک نظام نوع فراداده^{۵۴} برای پشتیبانی

⁵² Serialization

⁵³ Support for Information-Mapping in Programming Languages (S.IM.P.L.)

⁵⁴ Meta-metadata type

از نمایش بین زبانی و تبادل معنایی اطلاعات استفاده شد تا ننگاشت معنایی اطلاعات به اشیای زبان برنامه‌نویسی تسهیل و تسریع گردد. این نوع فرافراداده به فراماهای نام‌گذاری شده (ساختار و واژگان فراداده) برای معناشناسی اطلاعات دلالت دارد. برخی فرافراداده‌ها همانند قواعد استخراج و ارائه را می‌توان گنجانند. در این مدل امکان توصیف موجودیت‌ها با استفاده از ویژگی وراثت و رابطه "is-a" فراهم شده است.

کرن و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود با بررسی نظام‌های گوناگون مدیریت فراداده، چارچوب و زبانی جامع برای چرخه حیات فراداده ارائه دادند. در این چارچوب از یک زبان رسمی برای نوشتن بسته‌های معنایی فرافراداده استفاده شد که نحوه ساختار، استخراج و ارائه فراداده را تعریف کرد. زبان تعریف فراداده نیز به کاربران اجازه می‌دهد تا ساختارهای داده‌ای را برای انواع گوناگون فراداده مشخص کنند که دربرگیرنده تعاریف وراثت، نوع پشتیبانی، ایجاد اعلان‌هایی در خصوص فراداده‌های ساختاریافته و غنی‌سازی شده است. این مقاله مکانیسم‌هایی را برای استخراج فراداده از منابع اطلاعاتی مختلف، از جمله اسناد اچ‌تی‌ام‌ال و ایکس‌ام‌ال به کار برده است که شامل استفاده از ایکس‌پث^{۵۵} و عبارات منظم برای تجزیه و استخراج داده‌های مربوطه است. در این مطالعه افزون بر عملکردهای معنایی که نحوه عملکرد برنامه را بر روی اشیای فراداده‌ای تعیین می‌کند، قوانین ارائه نیز ارائه شده است که نحوه بازنمود فراداده‌ها را برای کاربران مشخص نموده و با پنهان‌سازی صفات غیرضروری و تأکید بر صفات مهم فرافراداده‌ای، امکان بررسی بهتر فراداده‌ها را میسر می‌سازد.

در مطالعه‌ای دیگر، خو و همکاران (۲۰۱۱) معناشناختی میان‌کنش‌پذیر فراداده‌ها را در موتورهای کاوش مورد بررسی قرار دادند. هسته اصلی این مقاله معرفی و استفاده از زبان فرافراداده‌ای است که به عنوان چارچوبی برای تعریف طرحواره‌ها، قالب‌بندی‌ها و ساختار معنایی فرافراداده عمل می‌کند. این زبان ادغام فراداده‌ها از منابع مختلف را تسهیل بخشیده و امکان همکاری بین طرحواره‌های فراداده‌ای گوناگون را فراهم می‌کند. بدین ترتیب، فرافراداده به منزله یک کلاس پایه مشترک برای نتایج جستجو در موتورهای کاوش، همانند گوگل و بینگ عمل می‌کند. از سوی دیگر، فرایند توسعه درپوش‌های^{۵۶} نوین که داده‌ها را از نتایج جستجوی اچ‌تی‌ام‌ال استخراج می‌کند، شرح داده شده است که این بسته‌بندی‌ها طرح‌واره‌های فراداده‌ای، قوانین استخراج و قوانین ارائه را توصیف نموده و نمایش ساختار یافته نتایج جستجو را امکان‌پذیر می‌سازند. از دیگر ویژگی‌های مدل‌های فرافراداده‌ای چند شکلی بودن^{۵۷} و وراثت^{۵۸} است و امکان به ارث بردن کلاس‌های پایه با تطبیق طرح‌واره‌های گوناگون فراداده‌ای و ارائه

^{۵۵} ایکس‌پث (XPath) یک زبان نشانه‌گذاری است که برای انتخاب گره‌ها در یک سند مبتنی بر ایکس‌ام‌ال استفاده می‌شود.

^{۵۶} Wrapper

^{۵۷} Polymorphism

^{۵۸} Inheritance

بازنمودی ثابت از فراداده‌ها در مدل‌های فرافراداده‌ای امکان‌پذیر است. کنش‌پذیری معنایی از دیگر قابلیت‌های مدل‌های فرافراداده‌ای بوده و شامل عملیاتی است که فراداده‌ها را با کاربردهای گوناگون مرتبط می‌سازد و این عملیات شامل دستکاری و پردازش فراداده‌ها به شیوه‌ای سطح بالا است که بازاستفاده از فراداده‌ها را میسر می‌سازد. در این مقاله قوانین استخراج، همانند ایکس‌پث برای استخراج فراداده‌های مرتبط معرفی شده‌اند که امکان استخراج خودکار معنایی فراداده و بازنمودی غیررسمی از آن را ارائه می‌دهد. برای قالب‌بندی و سریال‌سازی نیز ایکس‌ام‌ال و جی‌سان مدنظر بودند که براساس آن‌ها ذخیره‌سازی و ارتباط آسان نتایج جستجوی یکپارچه تسهیل می‌گردد.

مدل‌های فرافراداده‌های مرتبط با یادگیری مبتنی بر فراداده

در برخی منابع که بر روی یادگیری مبتنی بر فراداده در حوزه‌های موضوعی گوناگون همانند پزشکی تمرکز داشتند، ثبت صفات فرافراداده‌ای به منزله یکی از انواع مهم عناصر در کنار دیگر عناصر مدنظر قرار گرفته‌اند. به‌عنوان نمونه، در پژوهش گئوک و استاسبرگ^{۵۹} (۲۰۰۲) که به طراحی یک سرور منابع یادگیری مبتنی بر فراداده در حوزه پزشکی پرداخته بودند، افزون بر عناصری همانند چرخه حیات منبع، اطلاعات فنی، اطلاعات آموزشی، حقوق و گزارمان‌ها از صفات فرافراداده‌ای نیز برای شرح خود توصیف استفاده نمودند. این مدل برای تسهیل و تسریع دسترسی به منابع یادگیری الکترونیکی توسعه یافت و مجموعه‌ای از فراداده‌ها همانند توصیف عام، چرخه حیات و روابط بین صفات فراداده‌ای را برای توصیف منابع الکترونیکی را طراحی کرد.

در همین راستا، اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ الف) در این خصوص بیان داشتند که فرافراداده ویژگی‌های مرتبط و روابط بین فراداده‌ها را به‌منظور بهبود جستجو، مدیریت و بازیابی داده‌های مرتبط با منابع یادگیری و آموزشی نشان می‌دهد. در همین راستا، اسماعیل و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود به ایجاد یک مدل فرافراداده‌ای در زمینه معماری آموزشی از اشیای فرهنگی پرداختند. انگیزه اصلی استفاده از فرافراداده در بافت معماری آموزشی که از اشیای یادگیری استفاده می‌کند این است که اگر طراح یا مدیر بخواهد فراداده را از مخازن یا منابع گوناگون گردآوری و یکپارچه کند، ساختار، بسترنحوی و عناصر فراداده‌ای ممکن است به‌طور قابل توجهی متفاوت باشد. بدین منظور، فرافراداده به منزله یک نمای سطح بالا از فراداده شناخته شده و به کار می‌رود.

هستی‌شناسی‌های فرافراداده‌ای

⁵⁹ Martin Geueke, Jürgen Stausberg

یکی دیگر از کاربردهای عناصر فراداده‌ای، طراحی هستی‌شناسی‌های فراداده‌ای است. هستی‌شناسی‌های فراداده‌ای به منظور سازماندهی فراداده‌ها در لایه‌های مختلف استفاده می‌شوند. این لایه‌ها می‌توانند شامل اطلاعات توصیفی، تعاملات، و ساختارهای پیونددهنده باشند که در نهایت به ایجاد یک نظام داده‌ای منسجم و یکپارچه کمک می‌کنند. به عنوان نمونه، سوردلج-فوگاراشی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه خود یک هستی‌شناسی فراداده‌ای بر اساس مشخصه‌های مدل اطلاعات ثبت براساس زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر تجارت الکترونیک (ابریم)^{۶۰} توسعه دادند. این هستی‌شناسی رویکردی ساختارمند، منسجم و معنایی برای غنی‌سازی نظام‌های مدیریت اسناد (دی‌ام‌اس)^{۶۱} است. در این مقاله لایه‌های پیاده‌سازی گوناگونی برای مدل‌سازی فراداده‌ای در نظر گرفته شده است که به شرح زیر هستند:

- مدل اطلاعات هسته^{۶۲}: به منظور تعریف کلاس‌ها و ویژگی‌های فراداده اصلی به کار می‌رود.
 - مدل اطلاعات رده‌بندی^{۶۳}: ردگان‌شناسی‌های مناسب برای رده‌بندی فراداده‌ها را شناسایی می‌کند.
 - مدل اطلاعات ارتباطی^{۶۴}: روابط بین نمونه‌های فراداده را تعریف می‌کند.
 - مدل اطلاعات منشأ^{۶۵}: اطلاعات منبع را برای فراداده‌ها ثبت می‌کند.
- این هستی‌شناسی منعطف و قابل گسترش است؛ به گونه‌ای که امکان گسترش آن و ادغام هستی‌شناسی‌های فراداده‌های خاص فراهم است. هستی‌شناسی ابریم می‌تواند فراداده‌های مبتنی بر یک بافت خاص را پشتیبانی کند. این پژوهشگران در مطالعه‌ای دیگر به ادغام معنایی نظام‌های اطلاعات سازمانی با استفاده از هستی‌شناسی فراداده پرداخته و یک نظام مدیریت اسناد مبتنی بر مدل معنایی (دی‌ام‌اس)^{۶۶} را مورد بحث قرار دادند که از هستی‌شناسی فراداده‌ای استفاده می‌کند. هستی‌شناسی فراداده‌ای این پژوهش به دامنه خاصی محدود نبوده و براساس مشخصه‌های مدل اطلاعات ثبت ایکس‌ام‌ال تجارت الکترونیک (ابریم) توسعه یافت. ابریم به منزله لایه‌اساسی برای توصیف فراداده‌های محتوایی عمل می‌نماید. لایه دوم این مدل لایه معنایی است که از سه جزء لایه پایه، لایه دامنه و لایه نگاشت مدل به مدل تشکیل شده است. در لایه پایه یک نمای کلی از فراداده ارائه می‌گردد. در لایه دامنه، هستی‌شناسی فراداده‌ای توصیف قضایی^{۶۷} و توصیف آرشیوی^{۶۸} که برای دامنه‌های خاص مناسب است، قرار

⁶⁰ ebXML Registry Information Model (ebRIM)

⁶¹ document management systems (DMS)

⁶² Core Information Model

⁶³ Classification Information Model

⁶⁴ Association Information Model

⁶⁵ Provenance Information Model

⁶⁶ Semantic model-based document management system (DMS)

⁶⁷ Jurisdiction description

⁶⁸ Archival Description

گرفته است. در لایه نگاشت مدل به مدل، امکان ایجاد نگاشت مدل به مدل بین لایه‌های معنایی با استفاده از زبان قوانین وب معنایی (اس دیلیو آرال)^{۶۹} شرح داده شده است که موجب مرور معنایی و ترجمه خودکار معنایی فراداده از یک دامنه به دامنه دیگر شده و میان کنش‌پذیری بین نظام‌های اطلاعات سازمانی مختلف را تسهیل می‌بخشد. در برخی موارد نیز از واژه ردگان‌شناسی برای پشتیبانی از جستجوی معنایی استفاده شده است. به‌طور نمونه، در پژوهش اسماعیل و جوی (۲۰۰۷) یک ردگان‌شناسی فراداده‌ای برای حوزه یادگیری طراحی شد. این رده‌بندی به‌منزله یک ابزار مرجع برای پیوند معنایی هستی‌شناسی‌ها و فراداده‌ها عمل می‌کند و رده‌بندی پویا را در یک معماری آموزشی تسهیل و تسریع می‌بخشد. در این مقاله، نویسندگان با توجه به تغییرات بافتی در سامانه‌های گوناگون، به اهمیت فراداده در پیوند دادن نسخه‌های پیشین و کنونی فراداده اشاره نمودند که امکان شناسایی تغییرات و حفظ یکپارچگی منابع یادگیری را فراهم می‌کند. در مطالعه اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ الف) یک ردگان‌شناسی فراداده‌ای برای انبارهای فراداده‌ای به کار رفت. منظور از ردگان‌شناسی فراداده‌ای در این پژوهش، یک طبقه‌بندی ساختاریافته بود که نمونه‌های فراداده را با استفاده از ویژگی‌ها و ویژگی‌های مشتق شده از هستی‌شناسی‌ها محصور می‌کند. در این ردگان‌شناسی از نشانگرهای رابطه‌ای گوناگونی برای ثبت و توصیف فراداده‌ها، ثبت روابط نمونه‌های فراداده‌ها (منشأ^{۷۰}، مجموعه کتابخانه^{۷۱}، محیط^{۷۲}، رفتار^{۷۳}، معناشناسی^{۷۴} و تاریخچه زندگی^{۷۵}) استفاده شده است.

در همین راستا، مقاله اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ ب) یک ردگان‌شناسی جدید ایجاد نمودند که فراداده‌ها را دسته‌بندی نموده و چارچوبی را برای یک موتور جستجوی معنایی برای استخراج، تطبیق و نگاشت مؤثر پرس و جوها فراهم می‌کند. این طبقه‌بندی شامل انواع مختلفی از رابطه‌هایی است که روابط بین نمونه‌هایی از فراداده را تعریف می‌کند. در این مقاله دو نوع فراداده معرفی شده‌اند. نخست، فراداده ضمنی^{۷۶} است که روابط استنباط‌شده از یک بافت خاص را نشان می‌دهد و دیگری، فراداده صریح^{۷۷} است که روابط به وضوح تعریف شده را بیان می‌کند. برای افزایش درک و بازیابی بهینه اشیای یادگیری استفاده از هر دو نوع فراداده ضروری است.

⁶⁹ Semantic Web Rule Language (SWRL)

⁷⁰ Origin

⁷¹ Library Collection

⁷² Environment

⁷³ Behavior

⁷⁴ Semantic

⁷⁵ Lifehistory

⁷⁶ Implicit metatadata

⁷⁷ explicit metatadata

استفاده از مدل‌های فرافراداده‌ای در بافت میراث فرهنگی

یکی دیگر از جنبه‌های مورد مطالعه بررسی کاربرد فرافراداده در بافت‌های اطلاعاتی گوناگون همانند کتابخانه‌ها، آرشیوها و موزه‌ها است. به‌طور نمونه، تانگوچی (۲۰۲۳) به بررسی منشأ داده و اطلاعات مدیریتی در داده‌های مرتبط با کتابخانه پرداخت و آردی‌ای، بیب‌فریم و ویکی‌دیتا را در ساختار داده‌ای آردی‌اف بررسی کرد. در این پژوهش صفات فراداده‌ای گوناگون در چارچوب توصیف منبع (آردی‌اف) مورد بررسی قرار گرفتند. بدین منظور صفاتی نوین همانند “provenance”، “provenanceFor” و رده “Provenance” معرفی شدند. تمامی این صفات در دسته‌های گوناگون طبقه‌بندی شدند و شرح توصیف و یا مجموعه اطلاعاتی در این دسته‌ها ثبت شدند. سپس، الگوهای نمایش مناسب آردی‌اف برای هر واحد ثبت فهرست‌بندی شدند. یافته‌های این مطالعه نشان داد در نتیجه این پروژه روش‌های ثبت گسترده‌ای برای اطلاعات منشأ ارائه شده است. راهنمای آردی‌ای برای “منشأ داده‌ها” و، برای عنصر نام‌نما^{۷۸} در بخش “Data provenance of nomens” با استفاده از دستورالعمل‌های مربوط به نام‌گذاری و نام‌ها نیز نشانگر این است که عناصر آردی‌ای شامل دستورالعمل‌هایی که است که روش‌های ثبت اطلاعات منشأ را مشخص می‌کنند. از سوی دیگر، یافته‌های این پژوهش نشان داد در آردی‌ای، نه تنها اطلاعات منشأ، بلکه اطلاعات مدیریتی نیز به عنوان “منشأ داده” شناخته شده و اطلاعاتی درباره فراداده‌های مربوط به ثبت یک عنصر را ارائه می‌دهند.

کینگ (۲۰۲۴) در پژوهش خود از عناصر فرافراداده‌ای برای موقعیت‌یابی و بازنگاری ابزارهای کمکی^{۷۹} استفاده نمود. در این پژوهش از فرافراداده آرشیو به‌عنوان داده‌هایی در خصوص توصیف‌های آرشیو همانند اطلاعات مربوط به تألیف، تاریخچه تجدید نظر و موقعیت آرشیویست‌ها صحبت شده است. یافته‌های این پژوهش نشان داد، آرشیوها می‌توانند با مستندسازی و به اشتراک‌گذاری فرافراداده‌ها، درک واضح‌تری از بافت آرشیوی به کاربران ارائه دهند. خالید و زیمانی (۲۰۲۴) در پژوهش خود به بازسازی فراداده‌ها برای مدیریت آن‌ها پرداخته و از صفات فراداده‌ای بهره گرفتند. محققان بیان داشتند فراداده‌های ثبت‌شده ممکن است ناسازگاری‌هایی مانند قالب‌های متنوع ثبت ارزش‌ها، نویسه‌های خاص و مقادیر وارد شده نادرست را نشان دهند. محققان در این مقاله مدل خود را MDPrep نام نهادند و آن را نظامی معرفی نمودند که قابلیت استفاده و کاربرد تکنیک‌های آماده‌سازی داده‌ها را در بهبود کیفیت فراداده بررسی می‌کند. رویکرد این مدل شامل سه مرحله بود: (۱) شناسایی و تعیین عناصر فرافراداده‌ای، (۲)

⁷⁸ Nomen

⁷⁹ finding aids

استفاده از یک رویکرد مبتنی بر واژگان کلیدی برای تقویت عناصر فرافراده‌ای و یک رویکرد مبتنی بر بستر نحوی برای اصلاح مسائل مرتبط با فرادهای ساختاری، و (۳) مقایسه نتایج برای اطمینان از بهبود خوانایی و قابلیت استفاده مجدد فایل‌های فراداده آماده شده. در اصل در این پژوهش مسائلی همانند شناسایی صفات فرافراده‌ای، بررسی فرادهای ساختار و بررسی بسترهای نحوی مدنظر قرار گرفته است.

همان‌طور که بیان شد، هر یک از مدل‌های فرافراده‌ای به جنبه‌هایی خاص از فرایند مدیریت فراداده پرداخته‌اند و ویژگی‌های منحصر به فردی دارند. بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد هر یک از این مدل‌ها مؤلفه‌های متفاوتی را مدنظر داشته‌اند و از رویکردی خاص به مدیریت فراداده پرداخته‌اند. با توجه به اهمیت هر یک مؤلفه‌ها در جدول ۲ خلاصه‌ای از مؤلفه‌های اصلی مدل‌های فرافراده‌ای ارائه شده است.

جدول ۲. مؤلفه‌های اصلی مدل‌های فرافراده‌ای

ردیف	مؤلفه اصلی	مؤلفه فرعی	منابع مرتبط	
۱	زبان‌های فرافراده‌ای	ساختاردهی صفات فرافراده‌ای	کرن و خو (۲۰۱۱)	
۲		هازگاری و میان‌کنش‌پذیری با دیگر زبان‌ها	خو و همکاران (۲۰۱۱)	
۳		تدوین دستورالعمل‌ها و قوانین	ماتور (۲۰۰۹)	
۴		زبان تعریف فراداده (ام‌دی‌ال)	کرن و همکاران (۲۰۱۰)	
۵		قابلیت گسترش		خو و همکاران (۲۰۱۱)
				ماتور (۲۰۰۹)
۶	وراثت	کنش‌پذیری معنایی	کرن و خو (۲۰۱۱) خو و همکاران (۲۰۱۱) کرن و همکاران (۲۰۱۰)	
۷		وراثت صفات فرافراده‌ای	خو و همکاران (۲۰۱۱)	
۸		قوانین استخراج	استخراج و گردآوری فرادهای	ماتور (۲۰۰۹) اکرت، پفر و استاکنشمیت (۲۰۰۹)
	کرن و خو (۲۰۱۱)			
۹	قوانین ارائه	قوانین مربوط به نمایش فرادهای	ماتور (۲۰۰۹) کرن و همکاران (۲۰۱۰) کرن و خو (۲۰۱۱)	
۱۰	مشخصه‌های مدل‌های فرافراده‌ای	پرس و جوی پویا	بچاره‌ویچ، و رانتری (۲۰۰۴)	
۱۱		ادغام نظام‌های ناهمگن با یکدیگر	بچاره‌ویچ، و رانتری (۲۰۰۴)	
۱۲		جستجوی معنایی	اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ الف) اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ ب)	
۱۳	برجسب‌گذاری فرادهای	توصیف و مقوله‌بندی فرادهای	اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ ب) مکالا، ژانگ و شانگ (۲۰۲۰)	
۱۴	کیفیت فراداده	ویژگی‌ها و قابلیت گردآوری فرادهای	گنوک و اشتاوسبرگ‌اگر (۲۰۰۳)	

اکرت، پففر و استاکشمیت (۲۰۰۹)			
اکرت، پففر و استاکشمیت (۲۰۱۰)			
خین، بال و گرینبرگ (۲۰۱۲)			
اسماعیل و جوی (۲۰۰۷)	امکان تبادل فراداده‌ها	میان‌کنش‌پذیری فراداده‌ها	۱۵
اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ الف)	میان‌کنش‌پذیری معنایی		۱۶
اسماعیل و جوی (۲۰۰۷)	بررسی تاریخچه فراداده	منشأ فراداده	۱۷
اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ الف)			
اکرت، پففر و استاکشمیت (۲۰۱۰) تانگوجی (۲۰۲۳)			
اسماعیل و جوی (۲۰۰۷)	رده‌بندی خاص از فراداده‌ها	ردگان‌شناسی فراداده‌ای	۱۸
اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ الف)			
اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹ ب)			
سوردلج-فوگاراشی و همکاران (۲۰۱۵)	رویکردی ساختارمند، منسجم و معنایی	هستی‌شناسی فراداده‌ای	۱۹
سوردلج-فوگاراشی و همکاران (۲۰۱۵)	ثبت اطلاعات هسته	لایه‌های مدل‌سازی فراداده‌ای	۲۰
سوردلج-فوگاراشی و همکاران (۲۰۱۵)	ثبت داده‌های مربوط به ردگان‌شناسی		۲۱
سوردلج-فوگاراشی و همکاران (۲۰۱۵)	ثبت اطلاعات انجمنی		۲۲
سوردلج-فوگاراشی و همکاران (۲۰۱۵)	ثبت اطلاعات منشأ		۲۳
سوردلج-فوگاراشی و همکاران (۲۰۱۵)	ثبت مشخصه‌های دامنه		

مؤلفه‌های اصلی مدل‌های فراداده‌ای در جدول ۲ نشان داده شده است و شامل چندین عنصر کلیدی هستند که به بهبود ساختار و کارایی داده‌ها کمک می‌کند. زبان‌های فراداده‌ای به عنوان زبانی برای تعریف و توصیف فراداده‌ها نقش اساسی دارند. وراثت، قابلیت انتقال ویژگی‌ها و خصیصه‌های یک فراداده به فراداده‌های دیگر را فراهم می‌کند، در حالی که قوانین استخراج به مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها اشاره دارد که برای جمع‌آوری و پردازش فراداده‌ها استفاده می‌شوند. قوانین ارائه نیز به شیوه‌های نمایش فراداده‌ها در نظام‌های مختلف پرداخته و تضمین می‌کنند که این اطلاعات به صورت موثر و کاربرپسند ارائه شوند. مشخصه‌های مدل‌های فراداده‌ای و دیگر ویژگی‌ها، همانند برجسب‌گذاری فراداده‌ها، کیفیت آن‌ها و میان‌کنش‌پذیری است که به مدیریت و دسترسی به داده‌ها کمک می‌کند. رده‌گان‌شناسی فراداده‌ای به ساختار و طبقه‌بندی فراداده‌ها می‌پردازد و هستی‌شناسی فراداده‌ای روابط و مفاهیم موجود بین داده‌ها را شناسایی می‌کند. همچنین، لایه‌های مدل‌سازی فراداده‌ای این امکان را فراهم می‌کند که روش‌های مختلفی برای ساخت و بهره‌برداری از فراداده‌ها را در یک نظام یکپارچه اعمال کنیم، که این امر به تحلیل و پیش‌بینی داده‌ها کمک شایانی می‌کند.

بحث و نتیجه گیری

فرافراداده به فراداده در مورد فراداده اشاره دارد که یک چارچوب سطح بالاتری را ارائه می دهد تا ساختار، روابط و بافت هدف عناصر فراداده ای را در نظام های گوناگون توصیف کند و در اصل به استانداردسازی، سازماندهی و تفسیر فراداده های منابع متعدد کمک می کند و یکپارچگی، میان کنش پذیری و قابلیت استفاده بهتر داده ها را تسریع و تسهیل می نماید. از اهداف توجه به فرافراداده ها به مواردی همانند ارائه اطلاعات کافی در مورد فراداده به منظور جستجوی هوشمند، پیاده سازی نگاشت معنایی پویا و انعطاف پذیر بین واژگان فراداده ای، ایجاد ارتباط بین مجموعه ای از داده های مرتبط با شناسایی روابط معنایی بین فراداده های آن ها و ارائه معناشناسی و ساختارهای سازگار برای فراداده ها در مخازن یا طرحواره های پایگاه داده اشاره شده است.

بررسی های این مرور نشان داد، مدل های فرافراداده ای به دنبال ارتقاء قابلیت های مدیریت و بازیابی داده ها در نظام های پیچیده و ناهمگن هستند و ویژگی های انعطاف پذیر و کاربردی را در ساختارهای خود جای می دهند. این مدل ها بر اساس ویژگی های میان کنش پذیری، شیء سازی، لایه بندی، قابلیت انطباق، و استفاده از شبکه های غنی از متن شکل می گیرند و هدف آن ها ایجاد یک محیط ساختاریافته برای مدیریت مؤثر فراداده ها و ارائه اطلاعات مرتبط است. مدل های فرافراداده ای باید قادر به نمایش و مدیریت منشأ فراداده ها باشند. این ساختار به ارائه گزارشی از منابع، مجوزها و کیفیت فراداده ها می پردازد و به کاربران امکان تعامل و کشف اطلاعات منبع را می دهد.

عناصر فرافراداده ای در نظام ها به عنوان بخش های کلیدی برای مدیریت و سازماندهی اطلاعات به کار می روند. بررسی پژوهش های پیشین نشان داد، این عناصر شامل ویژگی های مرتبط با کیفیت فراداده؛ نظیر دقت، جامعیت و به روزرسانی فراداده ها هستند که به تعیین اعتبار و قابلیت استفاده از فراداده ها کمک می کنند. به عنوان مثال، ویژگی های وراثت و روابط فراداده ها نقش بسزایی در ساختاردهی اطلاعات و نحوه تعامل این داده ها در نظام های پیچیده دارند. افزون بر این، اطلاعاتی در خصوص چرخه حیات فراداده و محل نگهداری آن، اصولی مهم در اطمینان از دسترسی به داده ها و مدیریت مؤثر آن ها به شمار می روند.

از دیگر عناصر مهم می توان به کنش های مرتبط با فراداده اشاره کرد که به کاربردپذیری مؤثر فراداده ها در فرآیندهای گوناگون کمک می کند. همچنین، ویژگی های مربوط به کیفیت و قالب فراداده، به منظور تسهیل در پردازش و تجزیه و تحلیل آن ها، حائز اهمیت هستند. طرحواره فراداده و زبان تعریف طرحواره نیز به ساختاردهی و ایجاد ارتباط بین متون و اطلاعات مختلف کمک می کند. به طور کلی، این عناصر به بهبود کیفیت داده، تسهیل فرآیندهای مربوط به استخراج و ارائه داده و جلوگیری از خطاهای پرس و جو در نظام ها کمک می کنند.

قوانین و سیاست‌های حاکم بر استخراج و ارائه اطلاعات، به عنوان عناصر کلیدی در مدیریت فراداده‌ها عمل می‌کنند. این قوانین نه تنها به اعتبارسنجی و صحت فراداده‌ها کمک می‌کنند، بلکه فرآیندهای خودکارسازی و به‌روزرسانی را تسهیل می‌کنند. همچنین، ایجاد مکانیزم‌های استخراج اطلاعات و پیشینه‌های تاریخی و منشأ مرتبط با فراداده‌ها، موجب بهبود قابلیت‌های تجزیه و تحلیل وضعیت پیشین فراداده‌ها شده و یک نظام سازگار و موثر برای مدیریت اطلاعات در فضای دیجیتال با اطمینان از کیفیت و دسترسی به فراداده‌ها به وجود می‌آورند.

بررسی‌های این مرور نشان داد، طراحی هستی‌شناسی‌های فراداده‌ای و ردگان‌شناسی‌های مرتبط از دیگر ویژگی‌های مدل‌های فراداده‌ای است. هستی‌شناسی‌های شناسایی شده به عنوان ابزارهای کارآمد در زمینه مدیریت و سازمان‌دهی داده‌ها عمل می‌کنند. طراحی ساختارمند و قابلیت‌های این هستی‌شناسی‌ها، به ویژه در زمینه مدیریت اسناد و جستجوی معنایی، می‌تواند به فرایند تسهیل و بهبود تعاملات میان داده‌ها و نظام‌های اطلاعاتی اعضای سازمان‌ها کمک نماید. همچنین، این هستی‌شناسی‌ها در شفاف‌سازی و سازمان‌دهی اطلاعات در حوزه‌های مختلف، به ویژه در آموزش و تجارت الکترونیک کاربرد دارند.

در مجموع می‌توان بیان داشت، فراداده به‌مثابه یک چارچوب مدیریت و تفسیر داده‌ها، نقش حیاتی در استانداردسازی، سازمان‌دهی و بهبود قابلیت استفاده از فراداده‌ها ایفا می‌کند. این فراداده‌ها با ارائه اطلاعات معنایی و ارتباطی، به کاربران کمک می‌کنند تا با استفاده از ویژگی‌هایی مانند وراثت، قوانین استخراج و لایه‌گذاری، بتوانند داده‌ها را به صورت مؤثرتر مدیریت و بازیابی کنند. همچنین، زبان‌های فراداده‌ای به عنوان ابزارهایی برای تسهیل تعامل و ایجاد فضای همکاری میان فراداده‌ها، به بهبود کیفیت و دقت در جستجوهای اطلاعاتی و تبادل داده‌ها کمک شایانی می‌نمایند. افزون بر آن، طراحی هستی‌شناسی‌ها و رده‌گان‌شناسی‌های مرتبط با فراداده، امکان مدیریت منسجم و هوشمندانه اطلاعات را فراهم می‌کند و به تسهیل روابط و تعاملات میان داده‌ها و نظام‌ها کمک می‌نماید. به‌طور کلی، مدل‌های فراداده‌ای با ویژگی‌های انعطاف‌پذیری و قابلیت انطباق، در بهینه‌سازی فرآیندهای مدیریت و جستجوی اطلاعات، به ویژه در محیط‌های پیچیده و گوناگون، از اهمیت بالایی برخوردارند و به‌کارگیری این رویکردها می‌تواند به ایجاد نظام‌های مؤثر و کارآمد در حوزه‌های مختلف منتهی شود. براساس بررسی‌های این مرور پیشنهاد می‌شود در بافت‌های اطلاعاتی گوناگون مدل‌های فراداده‌ای طراحی شوند تا بتوان به مدیریت مناسب فراداده‌ها دست یافت. بدین منظور توجه به کیفیت فراداده، منشأ، ساختار، چرخه حیات فراداده، بهره‌گیری از جستجوی معنایی پیشنهاد می‌شود. همچنین، طراحی مدل‌های فراداده‌ای با در نظر گرفتن نیازها و ویژگی‌های بومی بافت‌های اطلاعاتی گوناگون، به منظور افزایش کارآمدی و سازگاری آن‌ها با محیط‌های محلی و

سیستم‌های موجود توصیه دیگری است که این مرور به آن دست یافت. از سوی دیگر، در طراحی مدل‌های فرافراداده‌ای ضروری است از هستی‌شناسی‌ها، زبان تعریف فراداده و بسترهای نحوی مناسب استفاده شود تا افزون بر همگامی با پیشرفت‌های سطح بین‌المللی ساختاردهی نظام‌ها نیز تقویت شود.

منابع

- Bećarević, D., & Roantree, M. (2004). A metadata approach to multimedia database federations. *Information and Software Technology*, 46(3), 195-207.
- Cverdelj-Fogaraši, I., Sladić, G., Gostojić, S., Segedinac, M., & Milosavljević, B. (2015). A meta-metadata ontology based on ebRIM specification. In *Proceedings of the 5th International Conference on Information Society and Technology (ICIST 2015)* (pp. 241-246).
- Cverdelj-Fogaraši, I., Sladić, G., Gostojić, S., Segedinac, M., & Milosavljević, B. (2017). Semantic integration of enterprise information systems using meta-metadata ontology. *Information Systems and e-Business Management*, 15, 257-304.
- Eckert, K., Pfeffer, M., & Stuckenschmidt, H. (2009, September). A Unified Approach for Representing Metametadata. In *Proceedings of the International Conference on Dublin Core and Metadata Applications*. Dublin Core Metadata Initiative.
- Eckert, K., Pfeffer, M., & Völker, J. (2010). Towards Interoperable Metadata Provenance. In *SWPM@ ISWC*.
- Geueke, M., & Stausberg, J. (2003). A meta-data-based learning resource server for medicine. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 72(3), 197-208.
- Ismail, A., & Joy, M. (2007, June). A novel approach for metametadata views in learning domains. In *EdMedia+ Innovate Learning* (pp. 3550-3557). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Ismail, A., Joy, M. S., Sinclair, J. E., & Hamzah, M. I. (2009 a). A metametadata taxonomy to support semantic searching algorithms in metadata repository. In *2009 International Conference on Electrical Engineering and Informatics* (Vol. 2, pp. 1-6). IEEE.
- Ismail, A., Joy, M. S., Sinclair, J. E., & Hamzah, M. I. (2009 b). A Metametadata Architecture for Pedagogic Data Description. *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 3(1), 1-6.
- Ismail, A., Joy, M., Sinclair, J., & Hamzah, M. (2010). A structured model metametadata technique to enhance semantic searching in metadata repository. In: *4th International Conference on Knowledge Generation, Communication and Management (KGCM 2010)*, Orlando, Florida, 29 June - 2 July 2010
- Kerne, A., & Qu, Y. (2011) A Cross-Language Type System for Information Semantics. The 10th International Semantic Web Conference (Iswc). Bonn, Germany.
- Kerne, A., Qu, Y., Webb, A. M., Damaraju, S., Lupfer, N., & Mathur, A. (2010, October). Meta-metadata: a metadata semantics language for collection representation applications. In

- Proceedings of the 19th ACM international conference on Information and knowledge management* (pp. 1129-1138).
- Khalid, H., & Zimányi, E. (2024). Repairing raw metadata for metadata management. *Information Systems*, 122, 102344.
- King, O. C. (2024). Archival meta-metadata: revision history and positionality of finding aids. *Archival Science*, 24(3), 509-529.
- Mathur, A. (2011). *Meta-Metadata: An Information Semantic Language and Software Architecture for Collection Visualization Application* (Doctoral dissertation, Texas A & M University).
- Mekala, D., Zhang, X., & Shang, J. (2020, January). Meta: Metadata-empowered weak supervision for text classification. In *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*.
- Pinoli, P., Ceri, S., Martinenghi, D., & Nanni, L. (2019). Metadata management for scientific databases. *Information Systems*, 81, 1-20.
- Qin, J., Ball, A., & Greenberg, J. (2012, September). Functional and architectural requirements for metadata: Supporting discovery and management of scientific data. In *International Conference on Dublin Core and Metadata Applications* (pp. 62-71).
- Qu, Y., Kerne, A., Webb, A. M., & Herstein, A. (2011, September). Interoperable metadata semantics with meta-metadata: A use case integrating search engines. In *Proceedings of the 11th ACM symposium on Document engineering* (pp. 171-174).
- Ristic, S., Aleksic, S., Celikovic, M., & Lukovic, I. (2013). Meta-Models in Support of Database Model Transformations. *Ubiquitous Computing and Communication Journal*, 8(3), 1427.
- Rogozov, Y., Sviridov, A., & Kucherov, S. (2012). Meta-database for the information systems development platform. In *Proceedings of the Spring/Summer Young Researchers' Colloquium on Software Engineering* (No. 6). Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт системного программирования Российской академии наук.
- Taniguchi, S. (2023). Data Provenance and Administrative Information in Library Linked Data: Reviewing RDA in RDF, BIBFRAME, and Wikidata. *Cataloging & Classification Quarterly*, 61(1), 67-90.
- Willard, T., & Berbert, J. (1999, March). Finding coincident data from satellites: using "meta-metadata" to reduce load on archive. In *16th IEEE Symposium on Mass Storage Systems in cooperation with the 7th NASA Goddard Conference on Mass Storage Systems and Technologies* (Cat. No. 99CB37098) (pp. 252-261). IEEE.