

## فصل دوم

### مدل‌سازی معنایی

#### هدف کلی

آشنایی با مدل‌سازی معنایی و روش‌ها و نمودارهای آن (ER-UML-NIAM)

#### هدف‌های یادگیری

۱. عامل اصلی در طراحی پایگاه‌داده‌ها، معنای نهفته در کاربرد است. این معنی را انسان‌ها درک و به کامپیوتر منتقل می‌کنند. مثلاً یک انسان، معنای «دانشجو» و تفاوت آن را با «استاد» درک می‌کند، ولی کامپیوتر درک نمی‌کند.
۲. خوانندگان گرامی می‌آموزند که مفاهیم را می‌توان در قالب‌هایی چون پدیده یا موجودیت، ارتباط، صفت و انواع آن‌ها بیان و به کامپیوتر منتقل کرد.
۳. در یک سیستم آموزشی مفاهیمی چون «تدریس» و «کارآموزی» از نوع ارتباط هستند زیرا پدیده‌هایی چون «استاد» و «دانشجو» را با هم ارتباط می‌دهند و درنهایت یک پایگاه‌داده پدید می‌آید.
۴. معنای نهفته در کاربردها را می‌توان در قالب‌های کلی ریخت و پایگاه‌داده را طراحی کرد. یک روش همگانی به پدیده - ارتباط (ER) موسوم است و نوع پیشرفته آن EER نام دارد.
۵. مدل‌های مشابه چون UML و NIAM نیز بررسی می‌شوند. دانشجویان می‌آموزند که در هر کاربرد کدامیک از این مدل‌ها را مورد استفاده قرار دهنند.

## مقدمه

همان‌طور که می‌دانید مراحل کلی طراحی یک پایگاهداده، شامل شناخت نیازمندی‌های محیط (مهندسی خواسته‌ها و تعیین نیاز کاربران)، مدل‌سازی معنایی، طراحی ساختارها (مانند جداول یا اشیاء) و پیاده‌سازی آن‌ها در یک نرم‌افزار مدیریت پایگاهداده‌ها است؛ بنابراین مرحلهٔ شناخت نیازمندی‌های محیط و مدل‌سازی معنایی داده‌ها، یکی از مهم‌ترین مراحل طراحی پایگاهداده است که در این فصل به آن خواهیم پرداخت. یکی از بهترین راه‌ها برای تعیین هدف پایگاهداده، تهیهٔ لیستی از گزارش‌ها و خروجی‌هایی است که کاربران داده انتظار دارند. با توجه به گزارش‌های پایگاهداده، می‌توانیم لیست داده‌های مورد نیاز و نحوهٔ انجام تعاریف آن‌ها را در پایگاهداده تعیین کنیم [فروزنده، ۱۳۹۱].

برای کسب اطلاع از عناصر و پردازش‌های موجود در یک ساختار، باید با افراد مطلع و به خصوص سفارش‌دهندهٔ پایگاهداده و استفاده‌کنندگان از آن مصاحبه و نکات مطرح شده را به دقت ثبت کرد تا با پرسیدن سؤال‌هایی مناسب همچون «قصد دارید چه گزارش‌هایی از پایگاهداده دریافت کنید؟»، بخش عمده‌ای از نیازهای اطلاعاتی شما پاسخ داده شود. دقت داشته باشید عدم اطلاع کافی از خواست سفارش‌دهندهٔ پایگاهداده، باعث اشتباه در طراحی و نهایتاً دوباره‌کاری و صرف هزینه‌های بالا می‌شود. پس از انجام این مرحله که «مهندسی خواسته‌ها» نامیده می‌شود، باید به سراغ مرحلهٔ طراحی بروید. با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده می‌توانید یک مدل‌سازی معنایی از ساختار ایجاد کنید.

در گذشته اهمیت عمده سیستم‌های پایگاهداده برای پردازش «داده‌های عملیاتی» بوده‌است. داده‌های عملیاتی، برای به‌دست‌آوردن اطلاعاتی در مورد کارهای روزانه یک سازمان مناسب هستند. به عنوان مثال این داده‌ها می‌توانند شامل داده‌هایی مربوط به حساب‌های شخصی یا تقاضای فروش باشند.

داده‌های عملیاتی، پایا هستند به این معنی که اطلاعات آن‌ها بدون هیچ‌گونه تغییری بعد از اجرای هر برنامه توسط کاربران در پایگاهداده ذخیره می‌شوند، مگر اینکه دستور حذف و یا تغییر آن در طول اجرای برنامه توسط کاربران مجاز صادر شده باشد. در مجموعهٔ داده‌های یک سازمان (سیستم پایگاهداده مربوط به سازمان) داده‌ها و یا اطلاعاتی نیز وجود دارند که صرفاً به عنوان داده‌های ورودی و یا خروجی بوده و

نهایتاً در پایگاه ذخیره نمی‌شوند که این نوع داده‌ها ماهیتاً ناپایا هستند. به عنوان مثال متغیرهای ورودی و یا واسطی که در طول اجرای برنامه، تنها برای به دست آوردن نتایجی از آن‌ها و یا اعمال تغییراتی در داده‌های پایا، استفاده می‌شوند. داده‌های ذخیره‌شدنی (داده‌های عملیاتی) در پایگاه‌داده ابتدا باید در بالاترین سطح انتزاع<sup>۱</sup> مدل‌سازی معنایی شوند، یعنی ارائه یک مدل کلی از آنچه می‌خواهیم داشته باشیم و با توجه به معنایی که کاربر برای داده‌ها قائل است (با توجه به نیاز کاربران و ارائه مدلی از داده‌های محیط عملیاتی<sup>۲</sup> و یا یک محیط واقعی). به «مدل‌سازی معنایی» گاه «طراحی ادراکی<sup>۳</sup>» (مفهومی) نیز گفته می‌شود [روحانی، ۱۳۹۲]

## ۱-۲ روش‌های مدل‌سازی معنایی

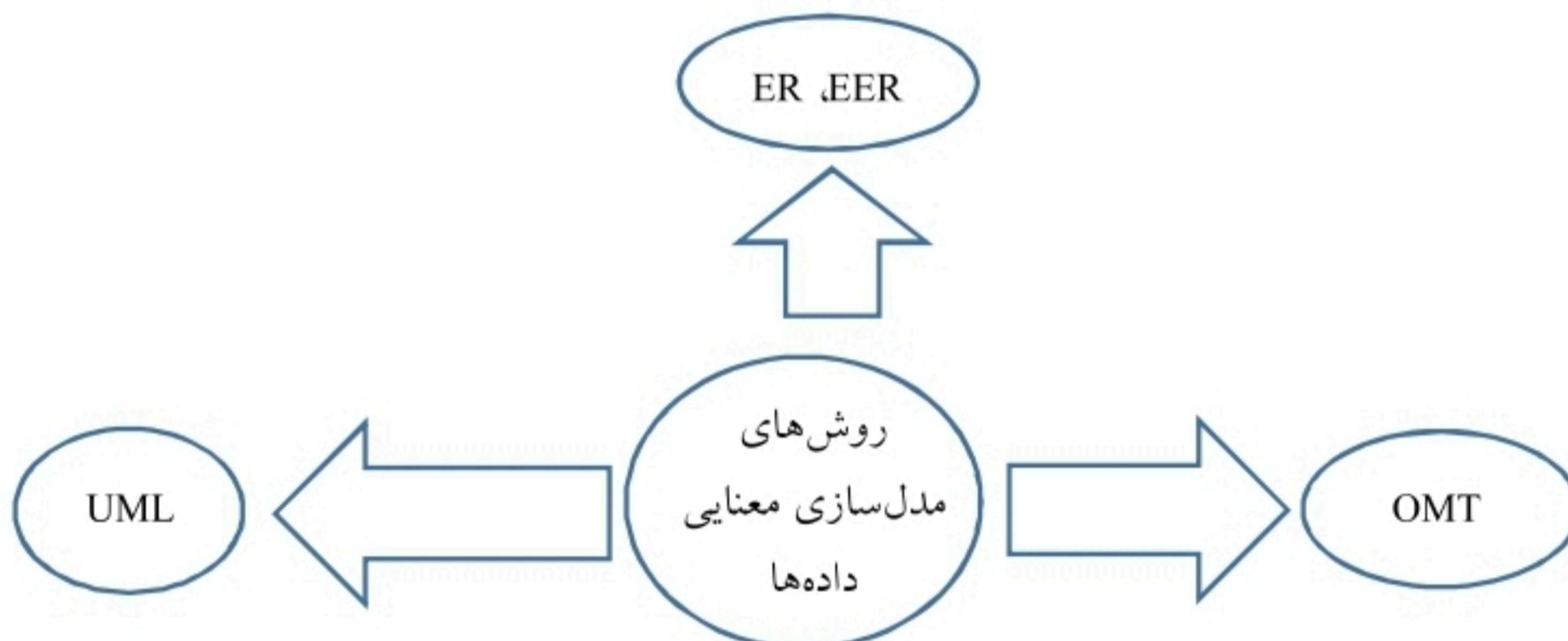
برای مدل‌سازی معنایی داده‌ها روش‌هایی وجود دارد: مدل موجودیت - ارتباط<sup>۴</sup> (ER)، زبان مدل‌سازی یکپارچه<sup>۵</sup> (UML) و همچنین روش موسوم به تکنیک مدل‌سازی شئ<sup>۶</sup> (OMT).

در سال ۱۹۷۶ دانشجوی دوره دکترای کامپیوتر در انسٹیتو تکنولوژی ماساچوست (MIT) به نام چن<sup>۷</sup> مدلی را برای طراحی و مدل‌سازی پایگاه‌داده ارائه کرد که تاکنون از مرسوم‌ترین و رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده بوده و هست. او مدل خود را ER نامید [P. Chen. 1976]. مدل ER در طول زمان پیشرفت کرد و ساختارهای جدیدی به آن افزوده شد. مدل ER گسترش یافته<sup>۸</sup> (EER) یکی از ابزارهای کارآمد در طراحی و مدل‌سازی معنایی پایگاه‌داده‌ها است [C.J.Date. 2006].

زبان مدل‌سازی یکپارچه (UML)، از مفاهیم شئ‌گرایی نشأت گرفته است. در این روش خصوصیات هر شئ، ارتباط بین اشیاء، رفتار اشیاء و... به کمک نمودارها نمایش داده می‌شود. این روش عمدهاً در طراحی محصولات سیستم‌های نرم‌افزاری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1. Abstract Level
2. Operational Environment
3. Conceptual Design
4. Entity Relationship (ER)
5. Object Modeling Language
6. Object Modeling Technique
7. Chen
8. Extended ER

دیدگاه شئ‌گرایی از اواسط دهه ۱۹۷۰ تا اواخر ۱۹۸۰ مطرح شد. در این دوران تلاش‌های زیادی برای ایجاد روش‌های تحلیل و طراحی شئ‌گرایی صورت پذیرفت و پیدایش زبان OMT یکی از نتایج به دست آمده این دوران محسوب می‌شود. بسیاری از عناصر مدل‌سازی OMT با UML مشترک هستند. OMT و UML خاص مدل‌سازی داده نیستند، بلکه برای مدل‌سازی سیستم‌های نرم‌افزاری نیز به کار می‌روند. شکل ۲-۲ روشهای مدل‌سازی معنایی داده‌ها را نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۲. روشهای مدل‌سازی معنایی داده‌ها

محیط عملیاتی به محیطی گفته می‌شود که می‌خواهیم در آن، یک سیستم ذخیره و بازیابی اطلاعات یا پایگاه‌داده‌ها طراحی کنیم. انتشارات کتاب، دانشگاه، آموزش رانندگی، کلینیک دندانپزشکی، فرودگاه و... نمونه‌هایی از محیط عملیاتی هستند.

## ۲-۲ مدل‌سازی با روش ER

مدل پدیده - ارتباط یا موجودیت - ارتباط بر مبنای برداشت و درک از جهان واقعی شکل گرفته و مجموعه‌ای از اشیاء به نام پدیده یا موجودیت<sup>۱</sup> و ارتباط<sup>۲</sup> بین آنها است. در روش ER از سه مفهوم معنایی<sup>۳</sup> جهت نمایش داده‌های هر محیط استفاده می‌شود.

- نوع پدیده یا موجودیت
- صفت (خصیصه)<sup>۴</sup>
- نوع ارتباط

1. Entity  
2. Relationship  
3. Semantic Concept  
4. Attribute

## ۱-۲-۲ نوع پدیده یا موجودیت

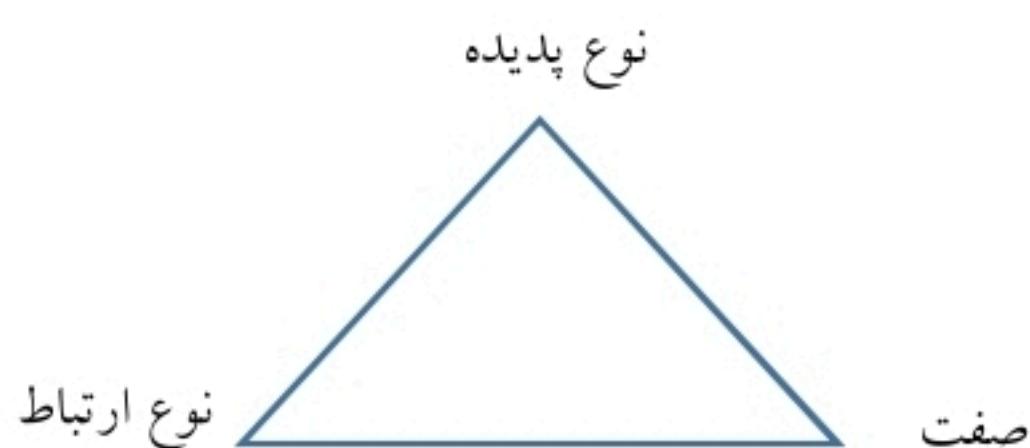
نوع پدیده یا موجودیت، یک «چیز» یا یک «شئ» در جهان واقعی است که قابل تشخیص از اشیای دیگر است، اعم از اینکه وجود فیزیکی یا ذهنی داشته باشد یا نه.

گاه به نوع موجودیت، نوع شئ هم می‌گویند [C.J.Date. 2006]

مثال:

محیط عملیاتی: انتشارات کتاب

نوع پدیده‌ها: کتاب، مؤلف، کارکنان، ناشر، فروشگاه کتاب، انبار کتاب  
ما سعی داریم در تمام مباحث کتاب، از همین محیط به عنوان مثال استفاده کنیم.  
لازم به ذکر است که تشخیص انواع موجودیت‌ها در یک محیط کاری دشوار است. بدیهی است ضابطه اصلی تصمیم‌گیری در خصوص نوع پدیده، نیازها و خواسته‌های کاربران محیط عملیاتی است [Silberschats. 2006].



به‌طور کلی یک نوع پدیده یا موجودیت دارای خصوصیات زیر است. به بیانی دیگر لازم است اطلاعات زیر در مورد هر نوع پدیده‌ای به‌دست آید:

- نام پدیده
- معنای مشخص
- مجموعه‌هایی از صفات
- مجموعه‌هایی از نمونه‌ها (هر نوع پدیده، نمونه یا مصاديقی در خرد جهان واقع دارد، مثلاً برای پدیده ناشر، نشر امیرکبیر، نشر جلوه و...)
- حالت کنش‌گری (فاعلیت) یا کنش‌پذیری (مفولیت). به بیان دیگر ارتباطاتی که یک نوع پدیده با نوع‌های دیگر دارد.
- وابستگی یا عدم وابستگی به نوع پدیده دیگر

با توجه به خصوصیات عنوان شده برای هر نوع پدیده در یک محیط عملیاتی، می‌توان ضابطه‌های زیر را، در تشخیص آن در نظر گرفت:

۱. یک نوع پدیده معمولاً دارای یک یا چندین نمونه متمایز از یکدیگر است.
۲. یک نوع پدیده معمولاً بیش از یک صفت دارد و کاربر به مجموعه‌ای از اطلاعات در مورد آن نیاز است.

۳. یک نوع پدیده معمولاً حالت کنش‌گری (فاعلیت) و یا کنش‌پذیری (مفولیت) دارد.  
انواع پدیده‌ها به قرار زیر است:

۱. پدیده قوی<sup>۱</sup> یا مستقل  
پدیده قوی یا مستقل، به پدیدهای گفته می‌شود که مستقل از هر نوع پدیده دیگر است و به خودی خود در یک محیط مشخص مطرح است.
۲. پدیده ضعیف<sup>۲</sup> یا وابسته  
پدیده ضعیف یا وابسته، پدیده‌ای است که وجودش وابسته به یک نوع پدیده دیگر باشد.

مثال: در پایگاهداده نشر کتاب، نوع پدیده فروش (شماره فروش، نام کتاب، تاریخ فروش، آدرس، قیمت) می‌تواند یک پدیده ضعیف باشد چون وابسته به نوع پدیده «کتاب» است که خود نوع پدیده قوی و مستقل از سایر پدیده‌ها است.

## ۲-۲-۲ صفت و انواع آن

خصیصه یا ویژگی است که حالت یا وضعیت یک پدیده (یا ارتباط) را توصیف می‌کند. مدل‌ساز پایگاهداده باید بر اساس مستندات مرحله برآورد و تحلیل نیازمندی‌ها و خواسته‌ها، مجموعهٔ صفات هر پدیده را مشخص کند. به همین دلیل است که ابتدا بایستی شناسایی محیط و تحلیل نیازمندی‌ها (مهندسی نیازمندی‌ها) صورت پذیرد و سپس به مرحله مدل‌سازی پایگاهداده پرداخت.

بنابراین مراحل طراحی معنایی پایگاهداده عبارت‌اند از [فروزنده، ۱۳۹۱]:

۱. مطالعه و تجزیه و تحلیل محیط عملیاتی
۲. بازشناسایی انواع پدیده‌های محیط

---

1. Strong  
2. Weak

## ۳. تعیین صفات هر نوع پدیده

۴. بازشناسایی ارتباطات میان انواع پدیده‌ها و تعیین صفات آن‌ها

مثال: نوع پدیده «کتاب» را در نظر می‌گیریم. صفات آن عبارت‌اند از: شماره کتاب (مانند شابک)، نام کتاب، تاریخ چاپ، شناسه مؤلف، نسخه چاپ، قیمت.

نکته: هر صفتی از یک مجموعه مقادیر معتبر و مجاز، مقدار می‌گیرد به این مجموعه از مقادیر، اصطلاحاً دامنه<sup>۱</sup> یا میدان مقادیر آن صفت گفته می‌شود.

مثال: برای نوع پدیده «کتاب»، مجموعه مقادیر مجاز برای صفت شماره کتاب، همان دامنه یا میدان مقادیر صفت مانند عدد صحیح است.

صفات را می‌توان از چند منظور رده‌بندی کرد:

- ساده یا مرکب
- تک‌مقداری یا چند‌مقداری
- شناسه یا ناشناسه
- هیچ‌مقدارپذیر یا هیچ‌مقدارنایپذیر
- ذخیره‌شده یا مشتق‌شده

۱. صفت ساده<sup>۲</sup> یا مرکب<sup>۳</sup>

صفت ساده، صفتی است که مقدار آن به لحاظ معنایی نمی‌توان به زیربخش‌های ساده‌تر تقسیم کرد، به همین جهت تجزیه‌ناپذیری (اتمیک) از ویژگی‌های صفت ساده است.

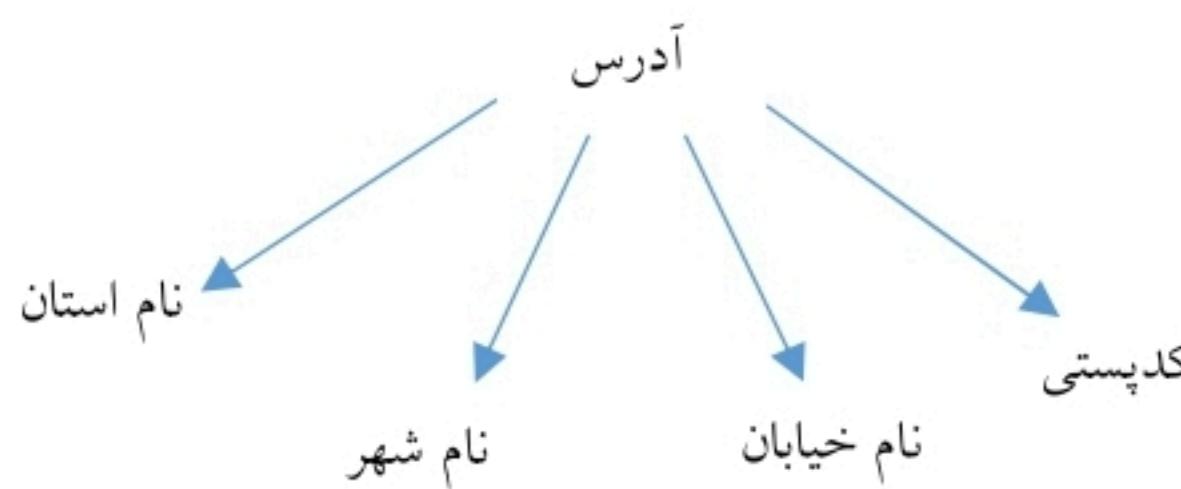
صفت مرکب، صفتی است که به لحاظ معنایی می‌توان آن را به زیربخش‌های ساده‌تر تقسیم کرد. به عبارت ساده‌تر صفت مرکب از چند صفت ساده تشکیل شده است.

مثال: صفت آدرس یک نوع صفت مرکب است که از صفات ساده‌تری تشکیل شده و قابلیت تجزیه به صفات ساده‌تر را دارد نیستند.

1. Domaiin

2. Single

3. Composite



مثال: صفت «تاریخ چاپ» از نوع پدیده «كتاب» را می‌توان به صفات «شماره سال»، «شماره ماه» و «شماره روز» تجزیه کرد، ولی هریک از صفات بالا دیگر ساده‌تر نخواهد شد.

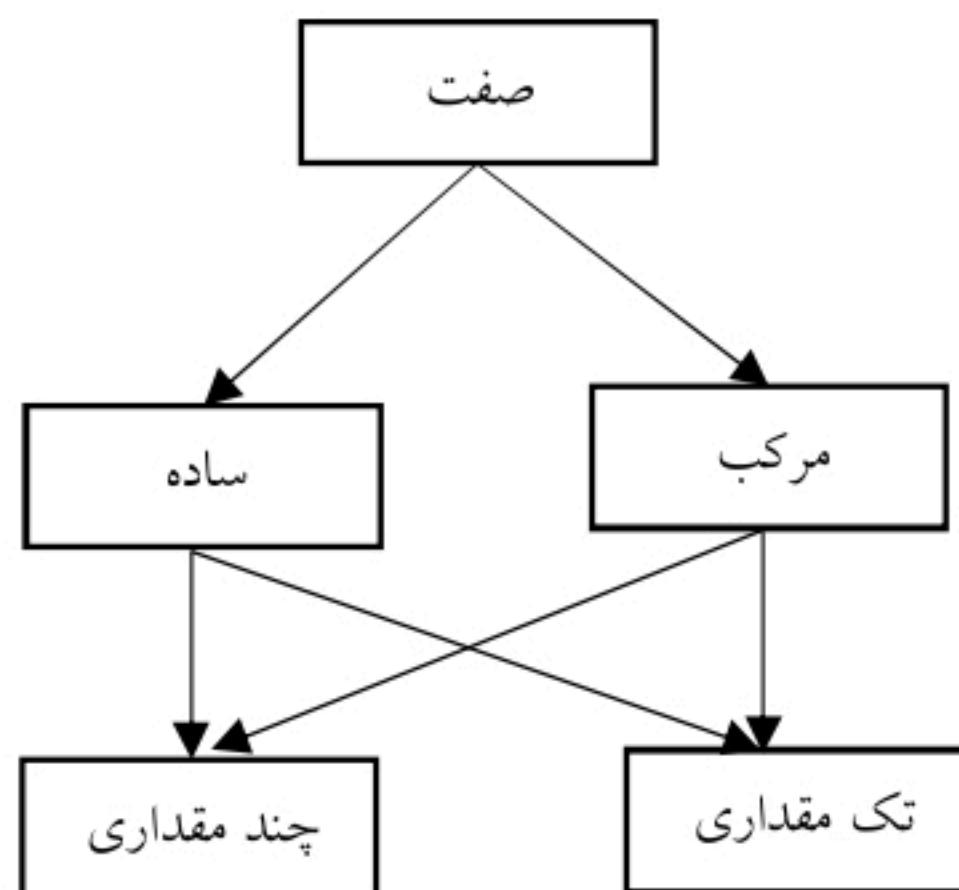
## ۲. صفت تک‌مقداری<sup>۱</sup> یا چند‌مقداری<sup>۲</sup>

صفت تک‌مقداری، صفتی است که به‌ازای یک نمونه پدیده، حداقل‌تر یک مقدار از دامنه مقادیر به خود می‌گیرد؛ مانند صفت «شماره کتاب» از نوع پدیده «كتاب» (چون شماره هر کتاب می‌بایستی یک عدد غیرتکراری و یکتا باشد)

صفت چند‌مقداری، صفتی است که به‌ازای یک نمونه از نوع پدیده می‌تواند بیش از یک مقدار بگیرد، مانند صفت «نام ناشر» از نوع پدیده «ناشر» که می‌تواند مقادیری همچون انتشارات پیام‌نور، نشر کاج، نشر امیرکبیر، نشر جلوه و... را به خود بگیرد

[Cattell. 1996]

نکته: هر صفت می‌تواند ساده یا مرکب و تک‌مقداری یا چند‌مقداری باشد، مطابق نمودار ساده زیر.



- 
1. Single-Value
  2. Multiple-Value

### ۳. صفت شناسه

صفت شناسه، یکتاپی مقدار<sup>۱</sup> دارد و عامل تشخیص نمونه‌ها است؛ مانند کد ملی برای هر مؤلف یا شخص که در هیچ دو نمونه از یک نوع پدیده، مقدارش یکسان نیست. توجه داشته باشید که مقدار صفت شناسه همیشه باید معلوم و مشخص باشد. نکته: هر نوع پدیده (اگر ضعیف نباشد) حداقل یک صفت شناسه دارد که در مرحله طراحی پایگاهداده می‌توان به عنوان «کلید» از آن استفاده کرد. هر صفتی که شناسه نباشد، ناشناسه است.

### ۴. صفت هیچ‌مقدارپذیر<sup>۲</sup>

صفت «هیچ‌مقدارپذیر» یعنی صفتی که می‌تواند دارای یک مقدار ناشناخته و یا مقدار هیچ<sup>۳</sup> باشد.

به عنوان مثال صفت «شماره تلفن» از نوع پدیده «مؤلف» می‌تواند، هیچ‌مقدارپذیر باشد و به این معنی است که برای یک مؤلف ممکن است هیچ‌مقداری برای شماره تلفن او در اختیار نباشد یا نامشخص باشد.

صفت «هیچ‌مقدارنапذیر» نمی‌تواند مقدار هیچ را بپذیرد و از جمله صفاتی است که همیشه حداقل باید یک مقدار برای آن تعیین شده باشد. به طور مثال مقدار صفت «شماره مؤلف» برای نوع پدیده «مؤلف».

نکته: صفت شناسه نوع پدیده نمی‌تواند هیچ‌مقدارپذیر باشد و یا به عبارت دیگر صفت شناسه «هیچ‌مقدارنапذیر» است.

پرسش: چرا صفت هیچ‌مقدارنапذیر داریم؟

پاسخ: چون مقدار صفت می‌تواند: ۱. ناموجود ۲. غیرقابل اعمال ۳. تعریف‌نشده باشد.

### ۵. صفت ذخیره‌شده<sup>۴</sup> و صفت مشتق<sup>۵</sup>

صفت ذخیره‌شده (واقعی یا مبنا)، صفتی است که مقادیر مربوط آن در پایگاهداده ذخیره می‌شود. البته مقدار صفت ذخیره‌شده می‌تواند هیچ‌مقدار هم باشد (اگر شناسه نباشد).

1. Uniqueness

2. Null-Valued

3. Null

4. Stored

5. Derived

6. Real

صفت‌های مشتق (مجازی<sup>۱</sup>) صفاتی هستند که برخلاف صفات ذخیره‌شده در پایگاهداده ذخیره نمی‌شوند، بلکه سیستم با پردازشی، معمولاً از نوع محاسبه، مقدار آن‌ها را در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

مثال: در پایگاهداده نشر کتاب، صفت «تاریخ تولد» برای نوع پدیده «مؤلف» یک صفت ذخیره‌شده و واقعی است که برای هر نفر کاملاً مشخص است، ولی صفت «سن» صفت مشتق شده‌است که بر اساس پردازش و محاسبات انجام‌شده توسط سیستم حاصل می‌شود و مقدار این صفت در پایگاهداده ذخیره نمی‌شود.

نکته: اگر صفتی ماهیت محاسبه شوندگی داشته باشد، لزوماً مشتق (مجازی) نیست و ممکن است برای افزایش سرعت، درصورتی که تعداد ارجاع به این صفت در پایگاهداده زیاد باشد، مقدار ذخیره شده داشته باشد.

### ۲-۳-۲ نوع ارتباط<sup>۲</sup>

یکی از مفاهیم بسیار مهم در مدل‌سازی معنایی داده‌ها، مفهوم ارتباط است. ارتباط یک مفهوم و یا یک عملکرد است و هنگام تعریف سیستم از آن به صورت «مصدر» یاد می‌شود، مثل خرید کردن، انتخاب کردن، ثبت‌نام کردن، پذیرفته شدن و... به بیان دیگر نوع ارتباط عبارت است از تعامل (اندرکنش<sup>۳</sup>) بین  $n \geq 1$  پدیده که نوع وابستگی بین انواع پدیده‌ها را نشان می‌دهد.

مثال: نوع پدیده «کتاب» و «فروشگاه کتاب» را در نظر بگیرید. بین این دو نوع پدیده نوع ارتباط‌های زیر می‌تواند وجود داشته باشد:

- فروشگاه کتاب، کتاب را می‌فروشد.
- فروشگاه کتاب، کتاب را از ناشر خریداری می‌کند.

نکات مهم مربوط به نوع ارتباط:

۱. هر نوع ارتباط، یک نام دارد.
۲. هر نوع ارتباط، یک معنا دارد.
۳. هر نوع ارتباط، شرکت‌کنندگانی دارد.

1. Virtual  
2. Relationship Type  
3. Interaction

به تعداد پدیده‌های شرکت‌کننده در هر نوع، ارتباط درجه<sup>۱</sup> یا کاردینالیتی می‌گویند.

### ۲-۳ نمودار ER

نمودار ER، نموداری است که در آن سه مفهوم اصلی مدل ER یعنی صفت، نوع پدیده و نوع ارتباط نمایش داده می‌شود. رسم نمودارهای پدیده – ارتباط، روشی برای نمایش ارتباط میان پدیده و کارکرد و ماهیت این روابط است. به این ترتیب یک مدل‌سازی معنایی از داده‌ها ایجاد می‌شود و ما یک گام به طراحی نهایی پایگاهداده نزدیک می‌شویم.

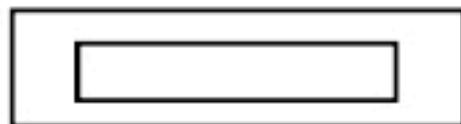
نمادهایی که برای رسم نمودار ER از آن‌ها استفاده می‌شود در جدول ۲-۲ آمده‌است [روحانی، ۱۳۹۲].

### ۲-۳-۱ صفت در نوع ارتباط

نوع ارتباط می‌تواند صفت (صفاتی) داشته باشد. به عنوان مثال نوع ارتباط زیر را در نظر می‌گیریم:

- کتاب توسط مؤلف تألیف شد.
- ناشر کتاب را چاپ و منتشر کرد.

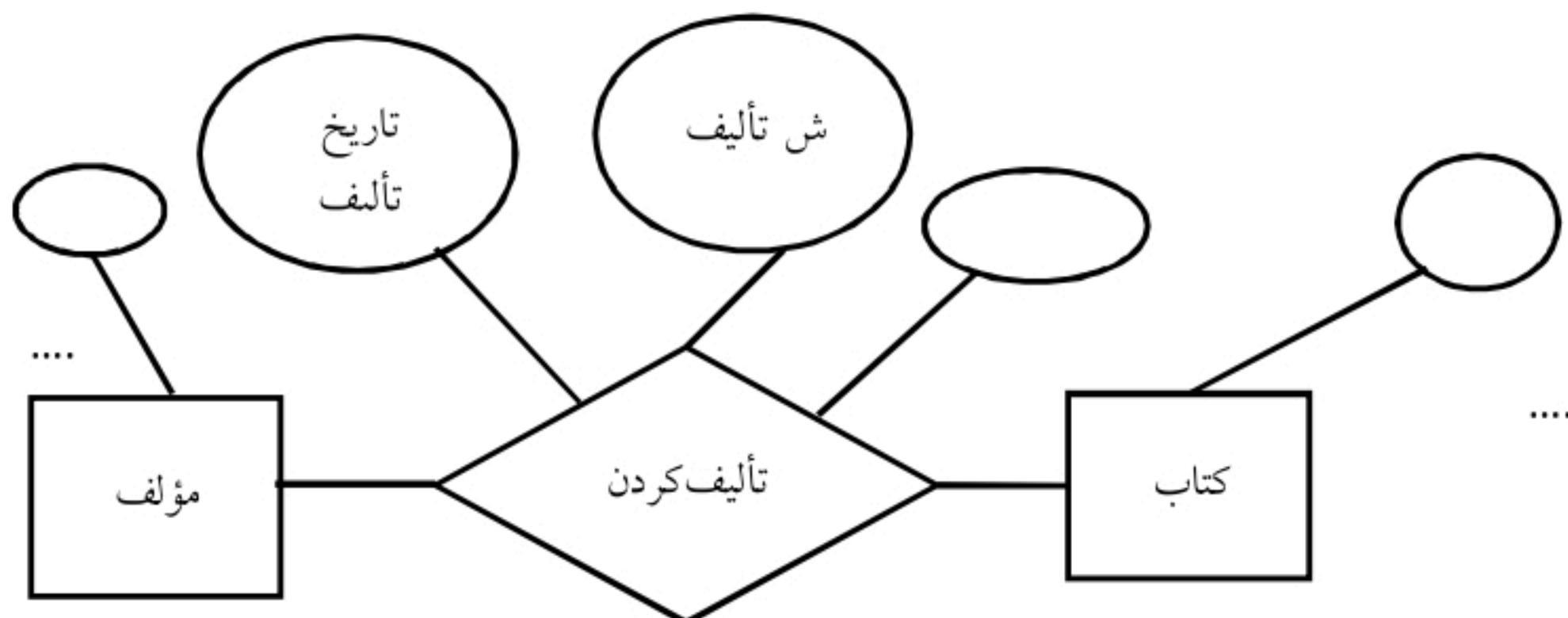
این نمونه ارتباط، اطلاعاتی در مورد یک واقعیت به ما می‌دهد اما معلوم نیست که مؤلف، کتاب را در چه تاریخی تألیف کرده است.

	نوع پدیده
	نوع پدیده ضعیف
	نوع ارتباط
	نوع ارتباط پدیده ضعیف با قوی

	مشارکت نوع پدیده در نوع ارتباط
	مشارکت الزامی
	صفت
	صفت شناسه اول
	صفت شناسه دوم (درصورت وجود)
	صفت شناسه مرکب (مثلاً دوصفتی)
	صفت چندمقداری
	صفت مرکب
	<p>چندی ارتباط R</p> <p>N به ۱</p> <p>۱ به ۱</p> <p>N به M</p>
	ارتباطگونه‌ای است از (E2 به E1)

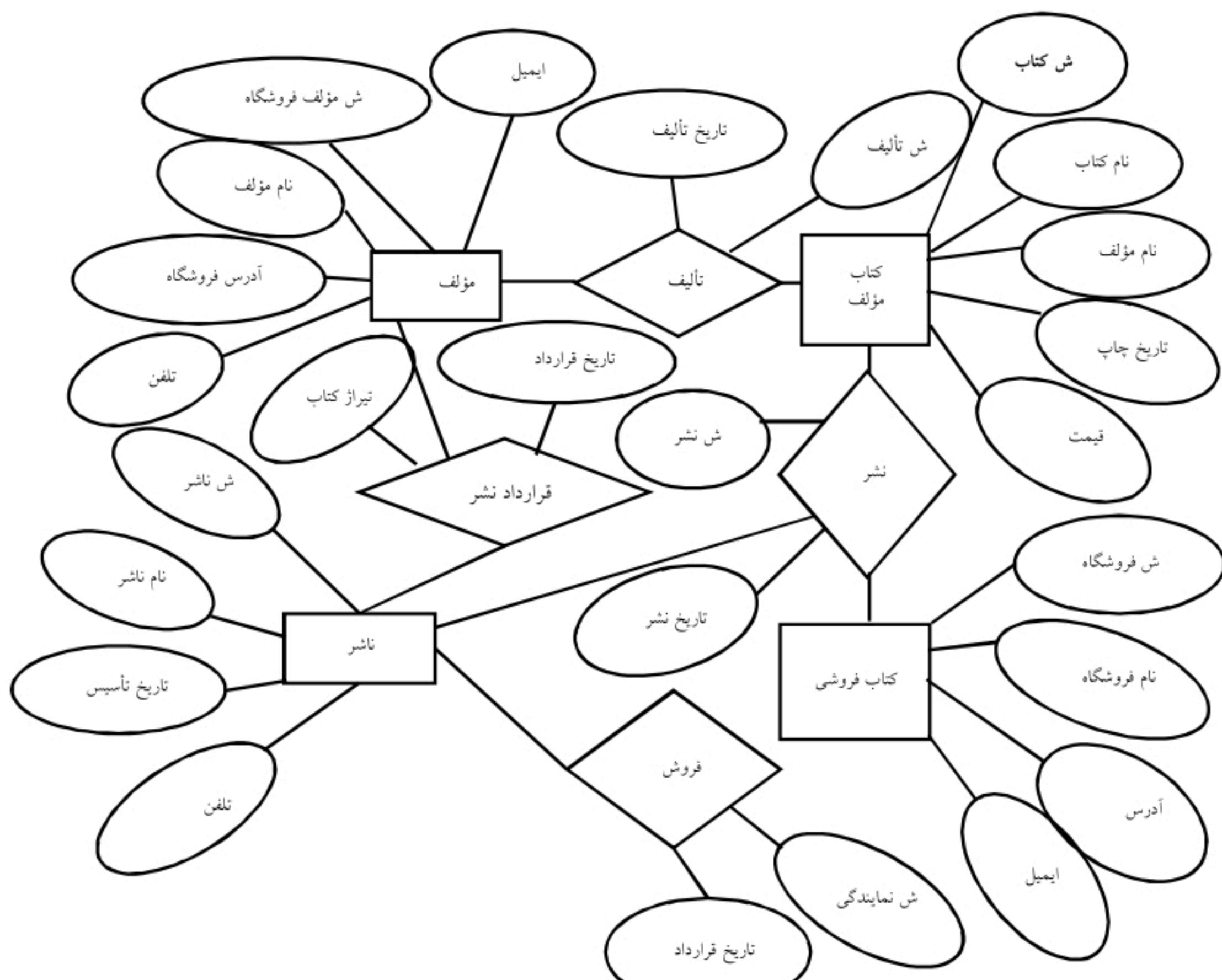
شکل ۲-۲. نمادهای نمودار ER

درواقع لازم است که اطلاعات بیشتری از این نوع ارتباط داشته باشیم. برای پاسخ به این نیاز، باید برای نوع ارتباط، صفت یا صفاتی نیز در نظر بگیریم. شکل ۳-۲ مثالی برای صفت نوع ارتباط نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۳. مثالی برای صفت نوع ارتباط

با این توضیحات، نمودار ER سیستم فروش یک موسسه انتشاراتی به صورت شکل ۴-۲ است:



شکل ۴-۲. مثالی از نمودار ER برای محیط عملیاتی نشر کتاب

### ۲-۳-۲ وضعیت مشارکت در ارتباط

مشارکت نوع پدیده E در نوع ارتباط R می‌تواند یکی از موارد زیر باشد [فروزنده، ۱۳۹۱]:

- مشارکت الزامی (کامل<sup>۱</sup>)
- مشارکت غیرالزامی (ناقص<sup>۲</sup>)

وقتی همه نمونه پدیده‌ها در ارتباط شرکت داشته باشند، این نوع مشارکت الزامی و در غیر این صورت مشارکت غیرالزامی است. مشارکت الزامی با دو خط مشخص می‌شود.

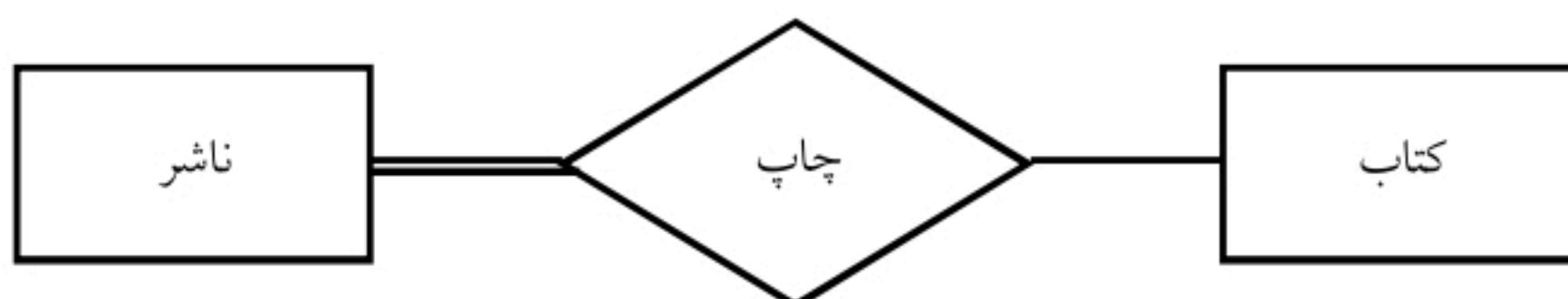
نکته: الزامی بودن مشارکت از محدودیت‌های معنایی محیط است (ناظر به نوع ارتباط) که در طراحی پایگاهداده تأثیرگذار است.

مثال: در محیط عملیاتی مؤسسه انتشاراتی:

مشارکت غیرالزامی: همه کتاب‌ها توسط فروشگاه‌های کتاب به فروش نمی‌رسد.



مشارکت الزامی: هر کتاب لزوماً توسط یک ناشر چاپ می‌شود.



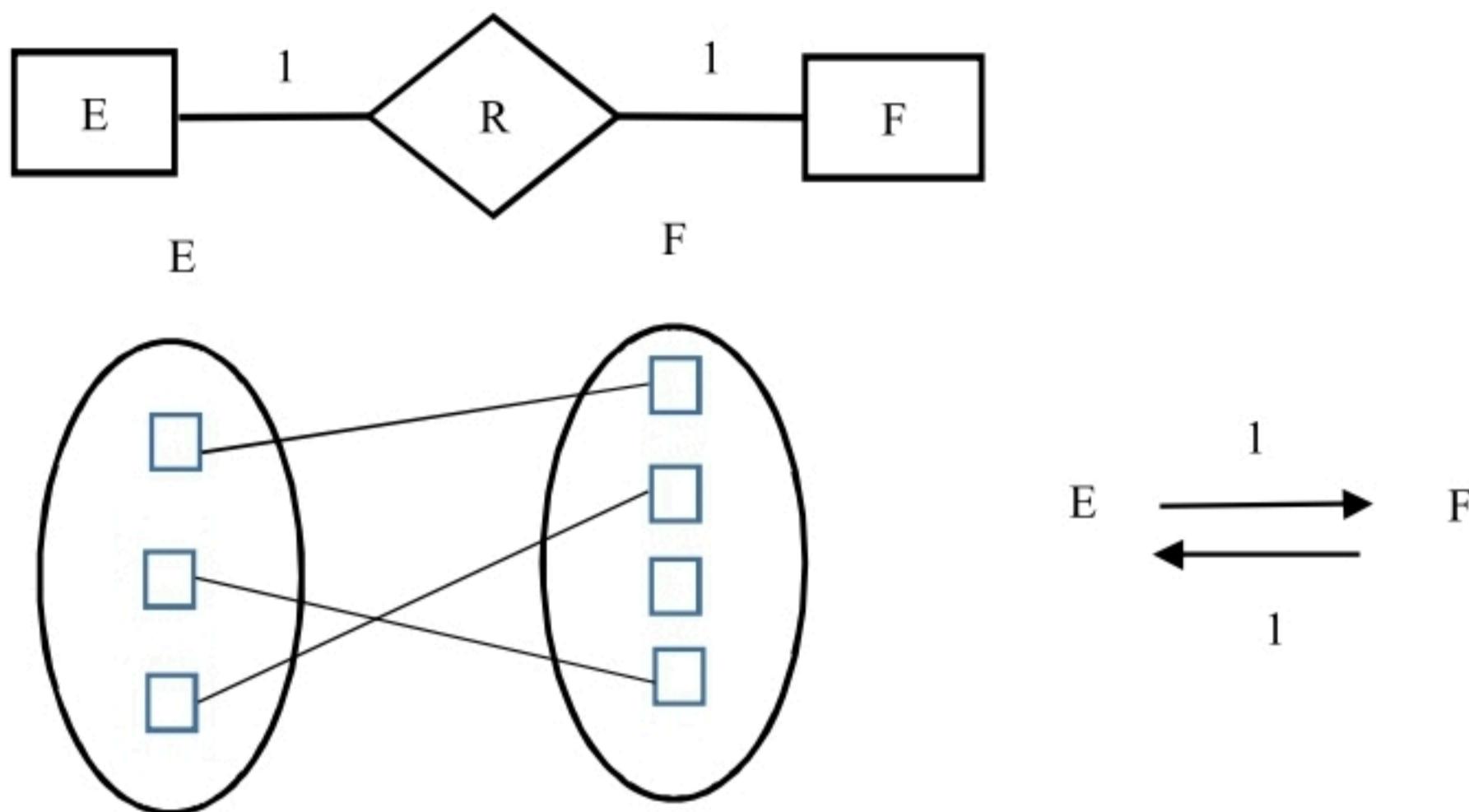
### ۲-۳-۳ چندی<sup>۳</sup> یا ماهیت ارتباط (کاردینالیتی)

چندی ارتباط بین دو نوع پدیده E و F، عبارت است از چگونگی تناظر بین عناصر مجموعه نمونه‌های پدیده E و عناصر مجموعه نمونه‌های پدیده F حق جو، ۱۳۹۲].

اگر دو نوع موجودیت E و F را در نظر بگیریم:

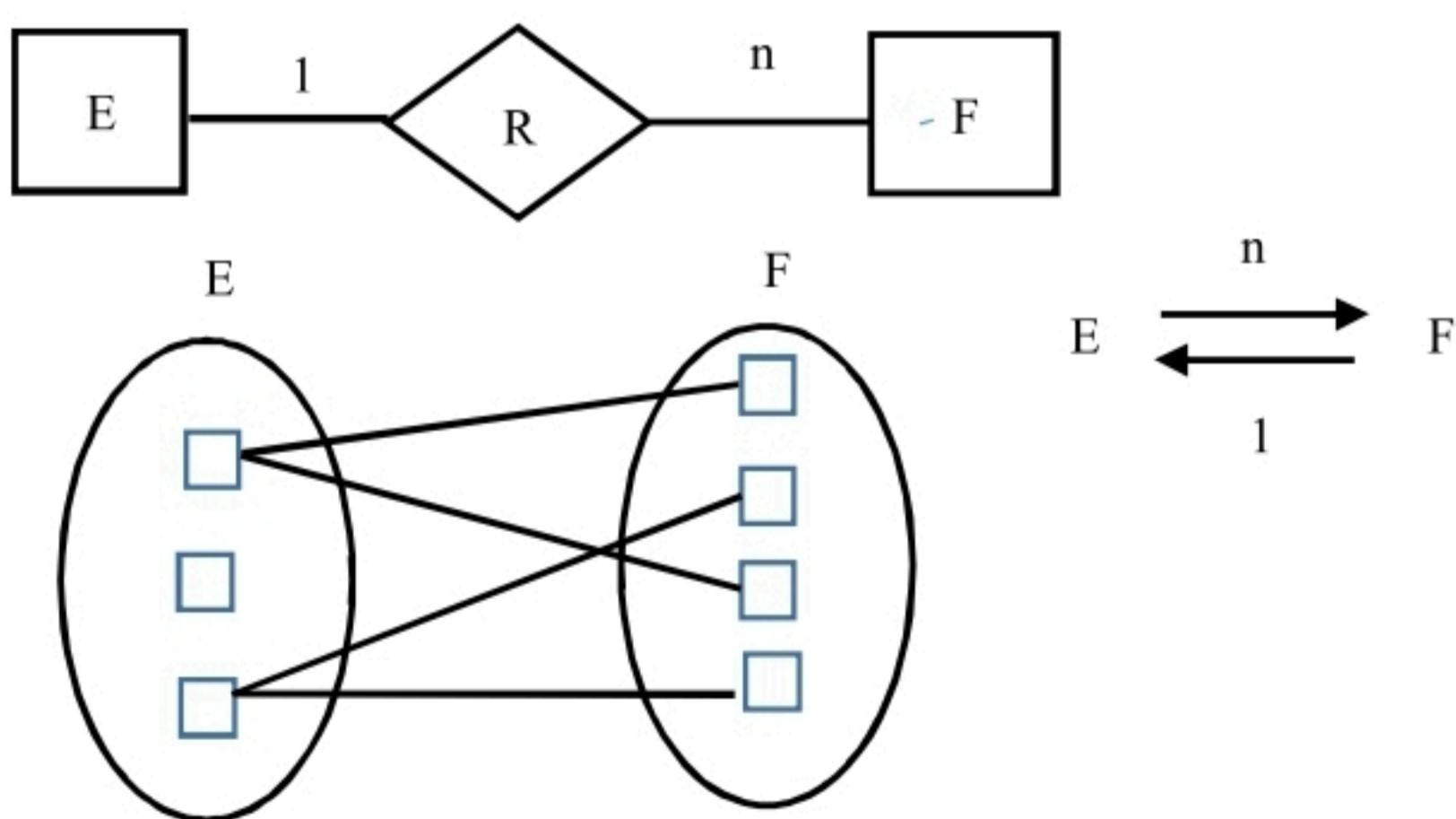
- 
1. Total Participant
  2. Participant
  3. Multiplicity

۱. در ارتباط یک‌به‌یک، یک نمونه از E حداکثر با یک نمونه از F ارتباط دارد و بر عکس (شکل ۲-۵).



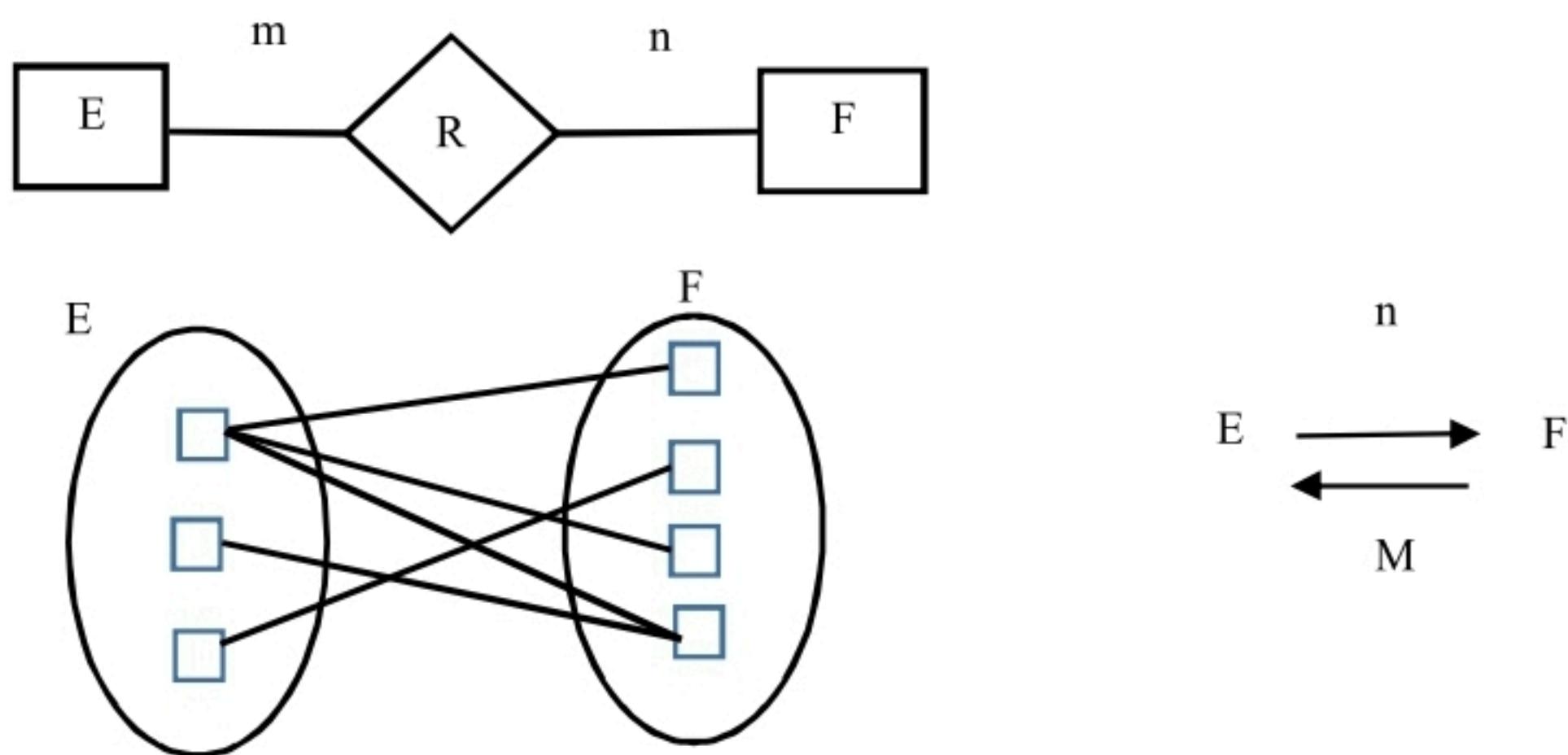
شکل ۲-۵. ارتباط یک‌به‌یک

۲. در ارتباط یک به چند (از E به F)، یک نمونه از E با  $n$  نمونه از F ( $n > 1$ ) و در صورت مشارکت غیرالزامی،  $n=0$  ارتباط دارد، ولی یک نمونه از F حداکثر با یک نمونه از E ارتباط دارد (شکل ۲-۶).



شکل ۲-۶. ارتباط یک‌به‌چند

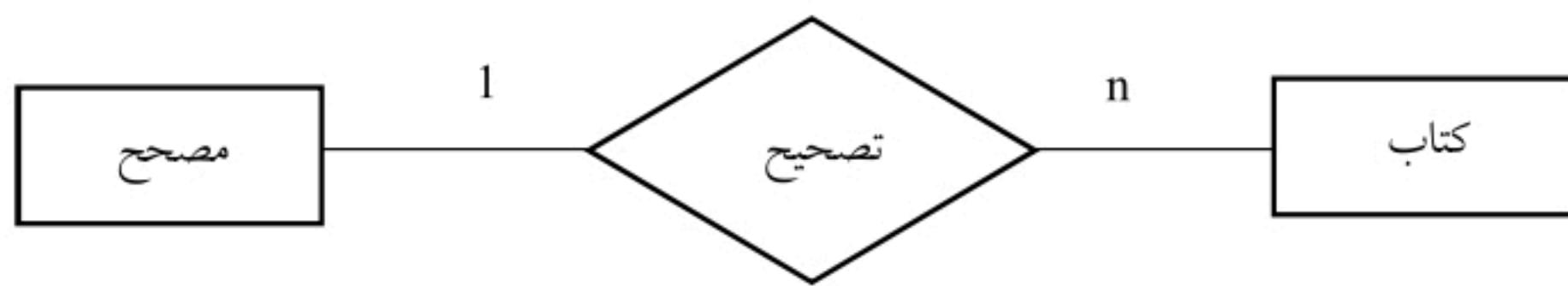
۳. ارتباط چندبه‌چند، یک نمونه از E با  $n$  نمونه از F ( $n > 1$ ) ارتباط دارد و بر عکس (شکل ۲-۷).



شکل ۲-۷. ارتباط چندبه‌چند

مثال: در محیط عملیاتی مؤسسه انتشاراتی کتاب:

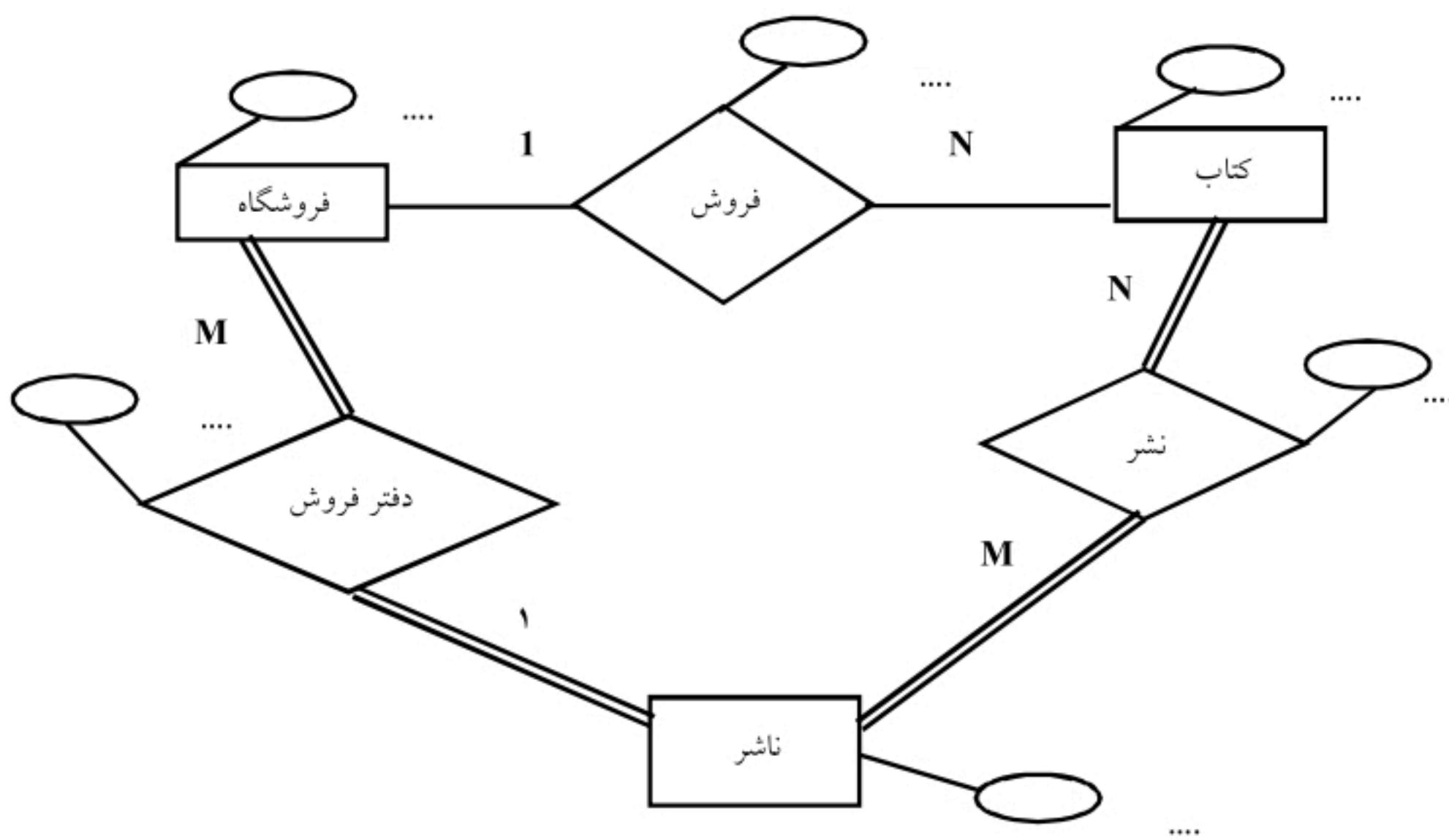
- ارتباط بین مصحح (ویراستار) و کتاب: هر مصحح می‌تواند  $n$  کتاب تصحیح کند، ولی هر کتاب تنها می‌تواند یک مصحح داشته باشد.



- ارتباط بین ناشر و کتاب: هر کتاب می‌تواند توسط چندین ناشر چاپ شود و همچنین هر ناشر می‌تواند چندین کتاب چاپ کند.



شکل ۲-۸ مثالی برای انواع ارتباط‌های چندگانه نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۲ مثالی برای انواع ارتباط‌های چندگانه

نکته: یکتایی شناسه، تک‌مقداری بودن صفت، هیچ‌مقدار ناپذیری صفت، چندی نوع ارتباط، درجه نوع ارتباط و وضعیت مشارکت در یک نوع ارتباط از جمله محدودیت‌های معنایی در محیط عملیاتی (خرد جهان واقع) می‌باشند. در فصل‌های آینده خواهیم دید که چگونه این محدودیت‌ها در طراحی منطقی<sup>۱</sup> پایگاه‌داده تأثیرگذار هستند.

### ۴-۳-۲ حد<sup>۲</sup> ارتباط

روش دیگری برای نمایش چندی ارتباط در مدل ER حد ارتباط است که براساس جفت عدد صحیح به صورت ( $\min$  و  $\max$ ) نشان‌داده می‌شود و:

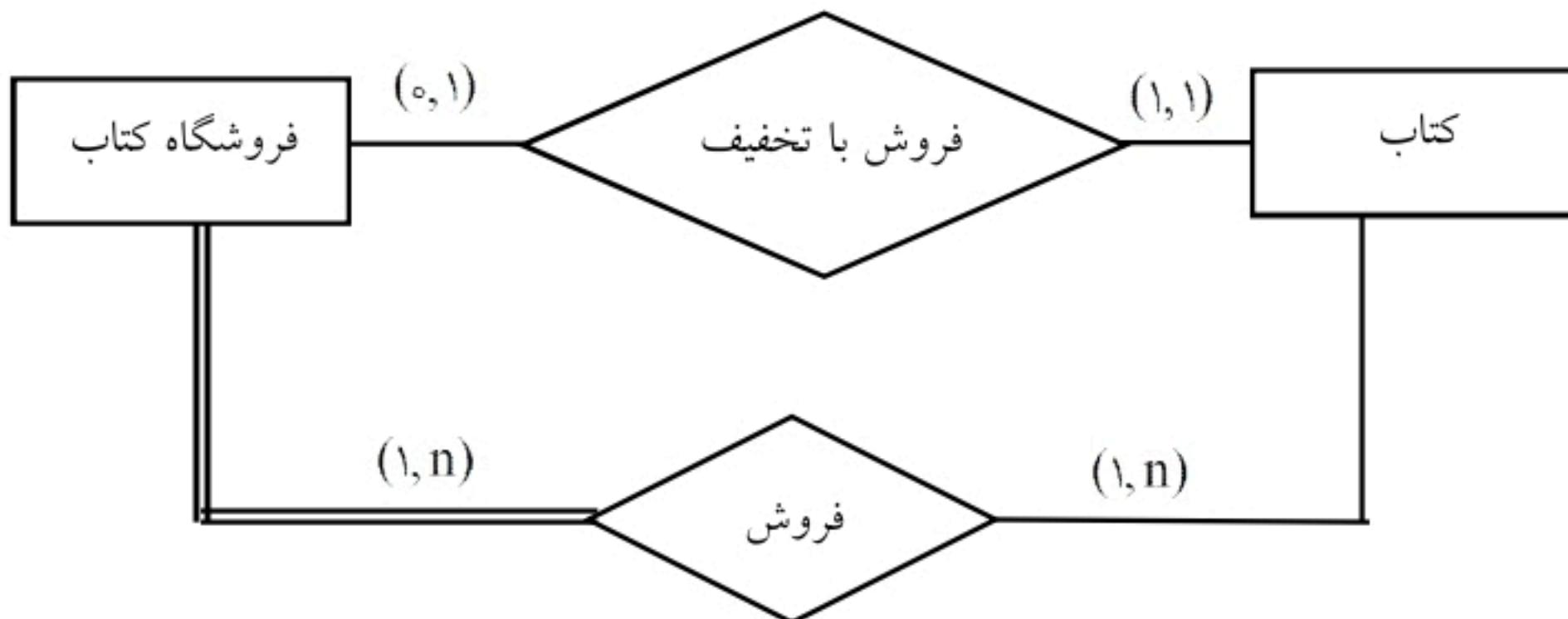
$$\circ = < \min < = \max 1 < = \max$$

معنای این دو عدد این است که در هر لحظه هر نمونه  $e$  از پدیده  $E$  حداقل در تعداد  $\min$  و حداکثر در تعداد  $\max$  نمونه از نوع ارتباط  $R$  شرکت داشته باشد. اگر  $\min = 0$  باشد، مشارکت غیرالزامی و اگر  $\max > 0$  باشد، مشارکت الزامی است.

مثال:

- هر ناشر، تعدادی کتاب چاپ می‌کند.
- هر ناشر در یک شهر فروشگاه دارد.

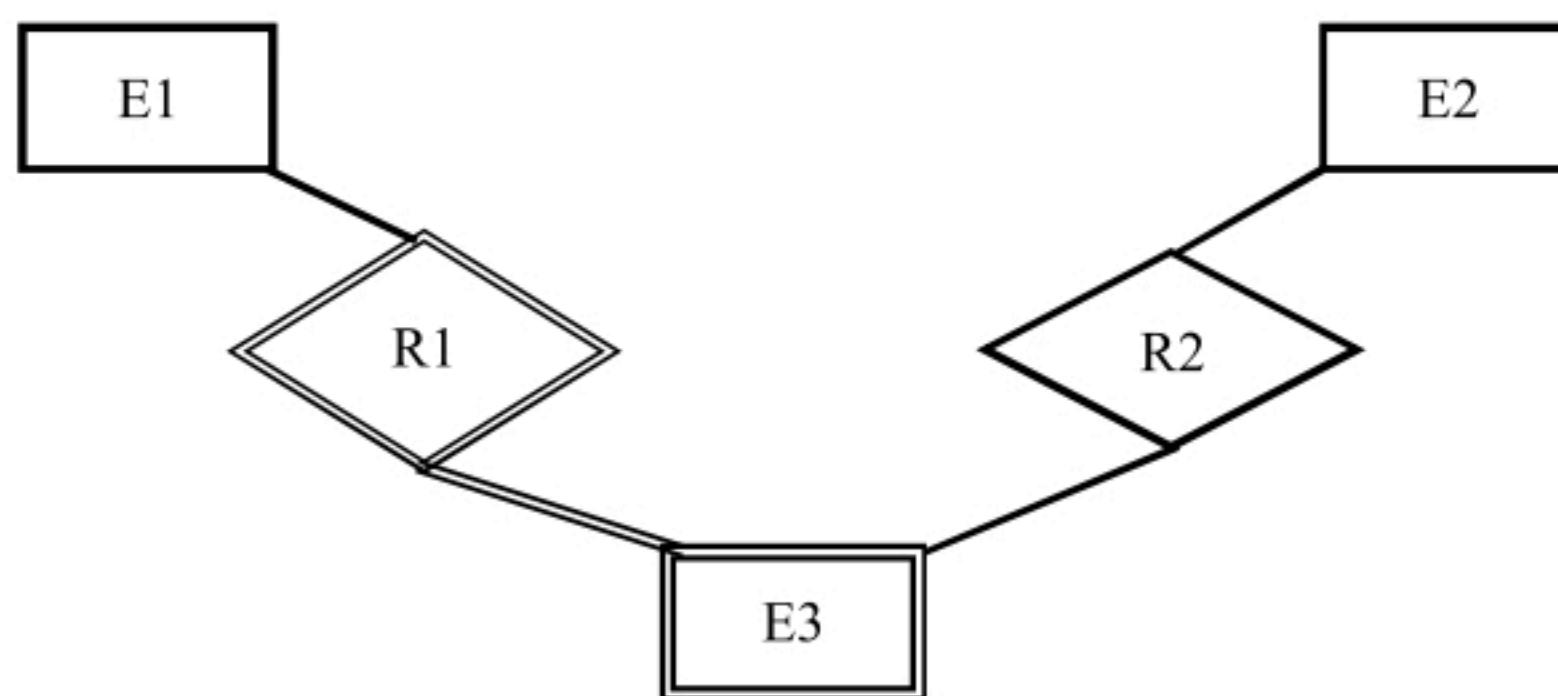
- فروشگاه‌های یک شهر، کتاب‌ها را با تخفیف یکسانی می‌فروشند.  
شکل ۹-۲ مثالی را برای حد ارتباط نمایش می‌دهد.



شکل ۹-۲ مثالی برای حد ارتباط

### ۵-۳-۲ نوع پدیده ضعیف

پدیده E ضعیف است اگر وجودش وابسته به یک نوع پدیده دیگر مانند F باشد. به بیان دیگر مابین E و F وابستگی وجودی برقرار است، به‌گونه‌ای که اگر F حذف شود، E نیز حذف خواهد شد. باید توجه داشت که هرچند پدیده ضعیف شناسه ندارد، اما یک صفت ممیزه دارد که به آن کلید جزئی نیز گفته می‌شود. نوع پدیده ضعیف از نوع پدیده قوی شناسه می‌گیرد. در واقع شناسه نوع پدیده ضعیف ترکیب شناسه پدیده قوی و صفت ممیزه پدیده ضعیف است. همچنین پدیده ضعیف خود می‌تواند پدیده ضعیف دیگری نیز داشته باشد. در شکل ۱۰-۲ E3 پدیده ضعیف و E1 پدیده قوی آن است که با یکدیگر ارتباط R1 دارند. این در حالی است که یک پدیده قوی دیگر با نام E2 وجود دارد که با E3 ارتباط عادی R2 را دارد.



شکل ۱۰-۲. پدیده ضعیف مومو

### ۶-۳-۲ صفت ممیزه

صفتی است که یکتاً یعنی مقدار دارد، اما در مجموعه نمونه‌های ضعیف، وابسته به یک نمونه قوی است.

نکات مهم در مورد نوع پدیده ضعیف عبارت است از:

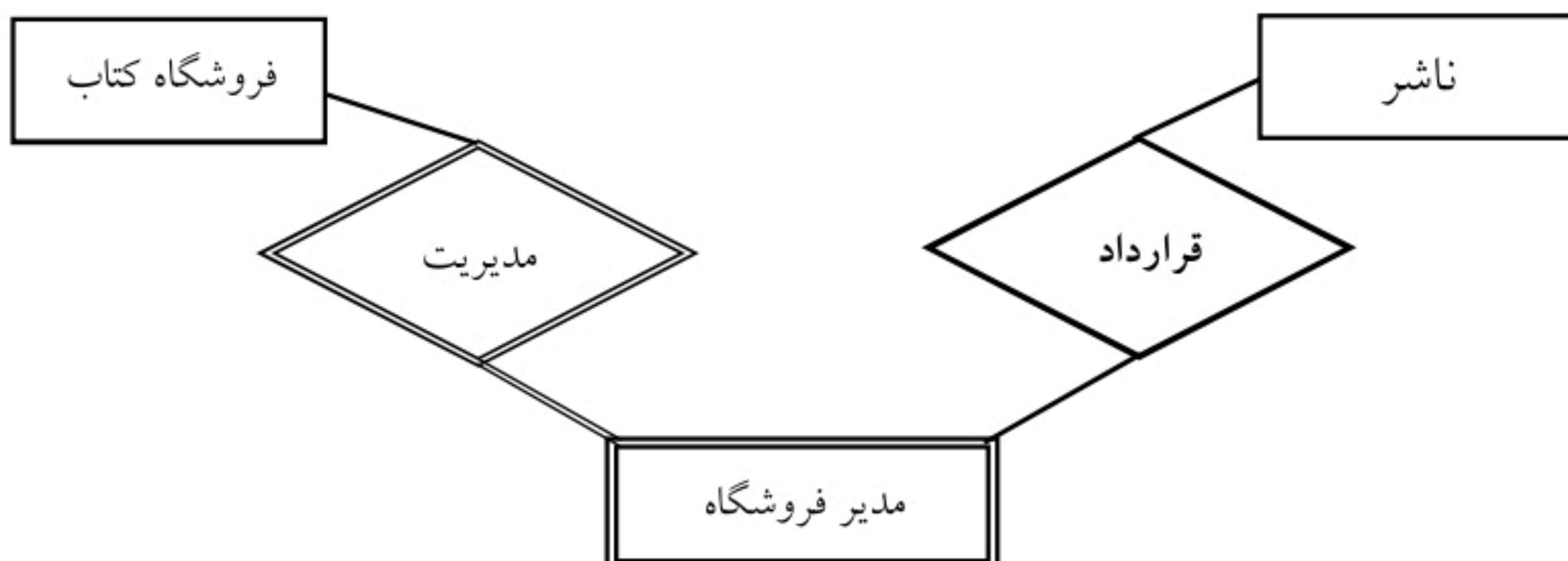
- درجه نوع ارتباط معمولاً ۲ است، اما می‌تواند بیشتر هم باشد.

- چندی ارتباط، همیشه ۱ به N است، از طرف پدیده قوی چندی ۱ و از طرف پدیده ضعیف چندی N.

- پدیده ضعیف از خود شناسه ندارد، بلکه یک صفت ممیزه دارد.

- مشارکت نوع پدیده ضعیف در ارتباط، همیشه الزامی است.

مثال: «مدیر فروشگاه» یک نوع پدیده ضعیف و وابسته به «فروشگاه کتاب» است و با «فروشگاه کتاب» نوع ارتباط ضعیف و از نوع مشارکت الزامی دارد، ولی با «ناشر» دارای نوع ارتباط قوی است (شکل ۱۱-۲).

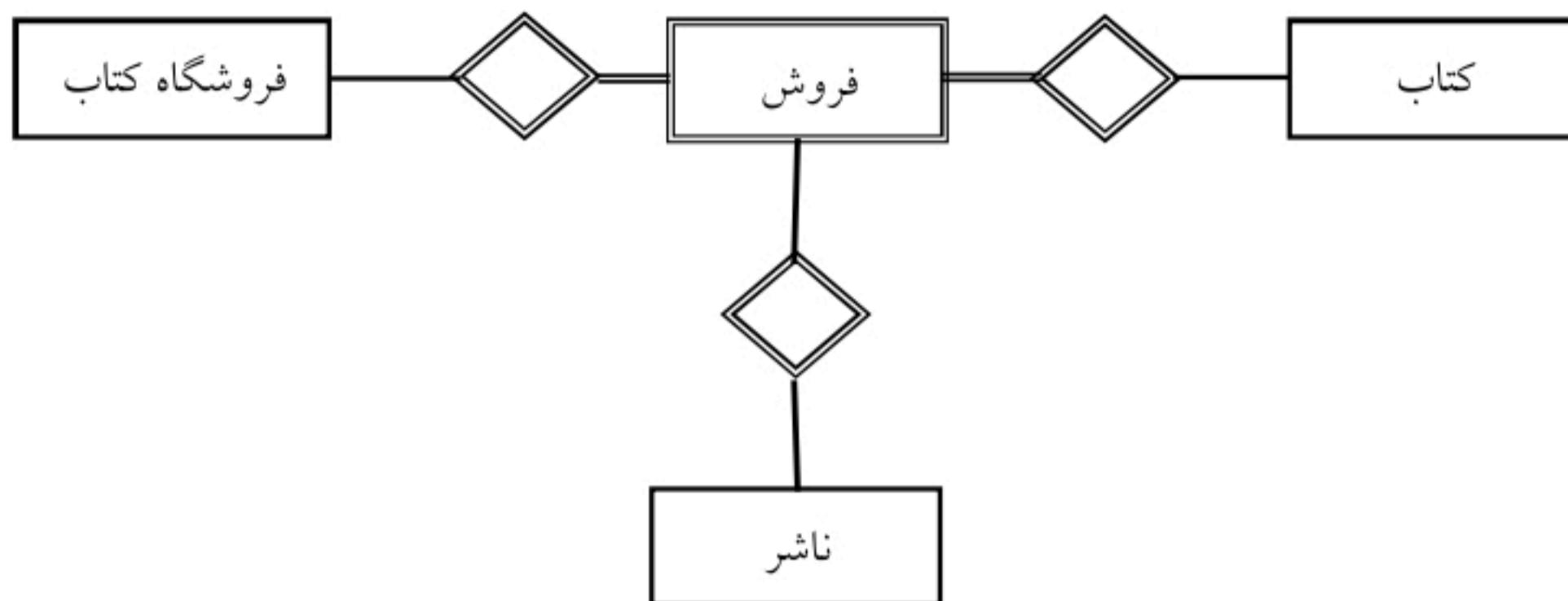


شکل ۱۱-۲. مثالی برای صفت ممیزه

نکته: همیشه می‌توان صفت چندمقداری را، به‌ویژه اگر مرکب باشد، به‌صورت یک نوع پدیده ضعیف در نظر گرفت. همچنین نوع پدیده ضعیف را می‌توان با یک صفت چندمقداری نمایش داد؛ اما اگر یک نوع پدیده ضعیف، خود مستقل‌اً در یک نوع ارتباط دیگر، غیر از ارتباط شناسه با پدیده قوی خود، شرکت داشته باشد نمی‌توان آن را با صفت چندمقداری نمایش داد. به‌طور کلی نمایش نوع پدیده با مفهوم «صفت چندمقداری» توصیه نمی‌شود، زیرا انعطاف‌پذیری مدل‌سازی را، در گسترش بعدی پایگاه‌داده، کاهش می‌دهد.

### ۷-۳-۲ نوع ارتباط به مثابه نوع پدیده (ارتباط پدیده‌ای)

در یک دید کلی، می‌توان گفت نوع ارتباط، خود نوعی پدیده‌است، زیرا پدیده‌ای است که در دنیای واقعی وجود دارد. با توجه به این تعریف می‌توان گفت چون نوع ارتباط، خود نوعی پدیده‌است، بنابراین می‌تواند صفت یا صفت خاصه‌ای داشته باشد، اما معمولاً فاقد صفت شناسه است. ارتباط یک نوع پدیده ضعیف با پدیده قوی معمولاً صفت خاصه ندارد (شکل ۱۲-۲).



شکل ۱۲-۲. ارتباط پدیده‌ای

### ۴-۲ مشکلات ER

درنتیجه درک و تفسیر نادرست از معنای بعضی ارتباطات در مدل‌سازی داده‌ها، مشکلاتی موسوم به دام‌های پیوندی<sup>۱</sup> نمایان می‌شود (برای تشخیص دام پیوندی، مدل‌ساز باید مطمئن شود که معنای هر ارتباط را به درستی درک کرده‌است). این دام‌های پیوندی عبارت‌اند از [Connolly: 1996]

- دام حلقه‌ای
- دام چندشاخه (چتری)
- دام گسل (شکاف)

در ادامه برای درک بهتر مفهوم دام‌ها، هریک از انواع دام‌ها در روش ER با ذکر مثال شرح داده می‌شود.

### ۱-۴-۲ دام حلقه‌ای<sup>۱</sup>

این دام وقتی ایجاد می‌شود که با داشتن مثلاً سه ارتباط دوپدیده‌ای، وجود یک ارتباط سه‌پدیده‌ای را نتیجه‌گیری کنیم، ولی این استنتاج درست نباشد. به بیان دیگر، با داشتن مثلاً سه فقره ارتباط دوپدیده‌ای، یک فقره ارتباط سه‌پدیده‌ای را نتیجه بگیریم، در حالی که آن ارتباط سه‌پدیده‌ای در جهان واقع (محیط عملیاتی) واقعیت ندارد.

مشکلات تصمیم‌گیری در مورد اینکه یک مفهوم، نوع پدیده در نظر گرفته شود یا نوع ارتباط، باید در یک فرایند تدریجی در مدل‌سازی معنایی داده‌ها اصلاح شود.

مثال: در شکل ۱۳-۲ داریم:

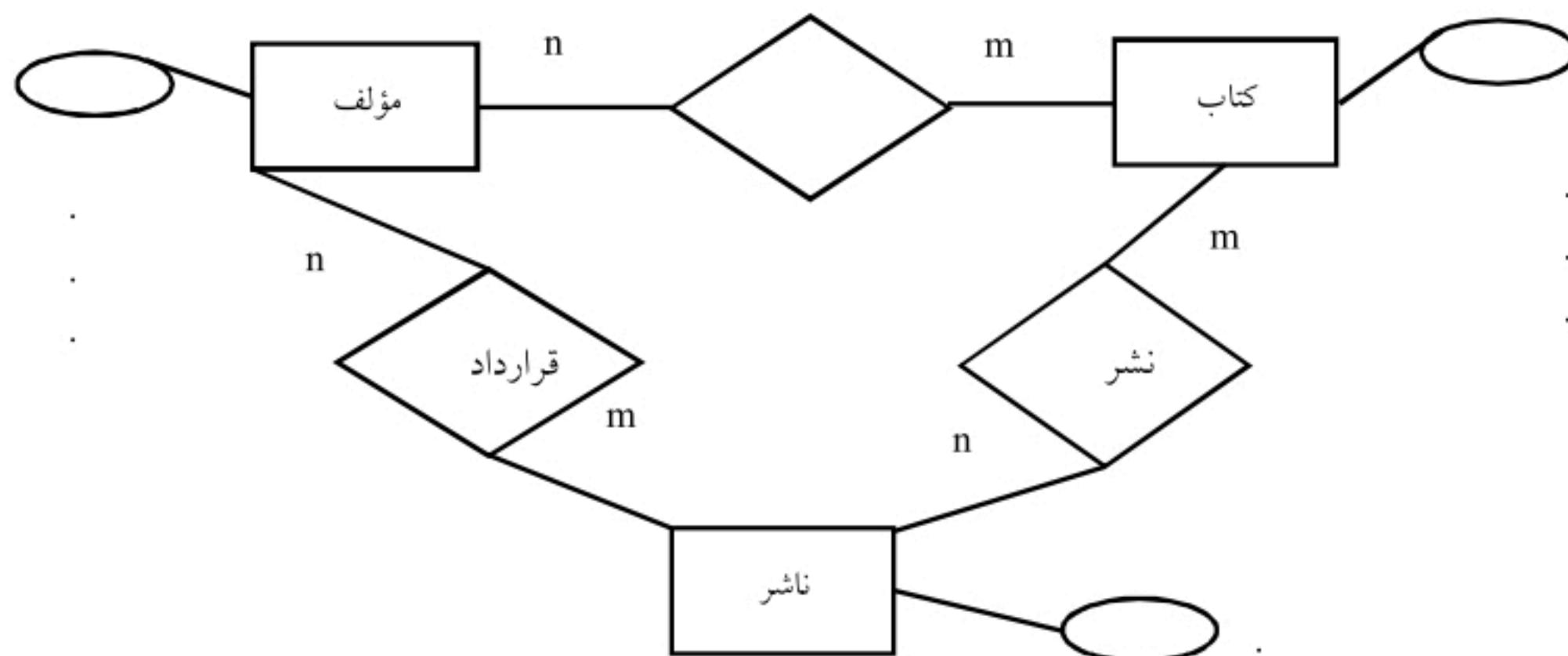
R1: مؤلف A کتاب B را تألیف کرده است.

R2: ناشر C کتاب B را چاپ و منتشر کرده است.

R3: مؤلف A با ناشر C به منظور چاپ و نشر کتاب خود، قرارداد همکاری بسته است.

نتیجه: ناشر C کتاب B که توسط مؤلف A تألیف شده است را منتشر کرده است.

این نتیجه که از ارتباط سه‌پدیده‌ای گرفته می‌شود، همیشه درست نیست.



شکل ۱۳-۲. مثالی برای دام حلقه‌ای

در حالت کلی ممکن است کتاب B را چندین مؤلف، تألیف کرده باشند و یا ناشر C، کتاب B را که تألیف مؤلف دیگری است چاپ کرده باشد. برای به دست آمدن ارتباط سه‌پدیده‌ای فوق، باید محدودیت‌های خاص در محیط وجود داشته باشد (مثلاً یک کتاب را تنها یک مؤلف تألیف کرده باشد).

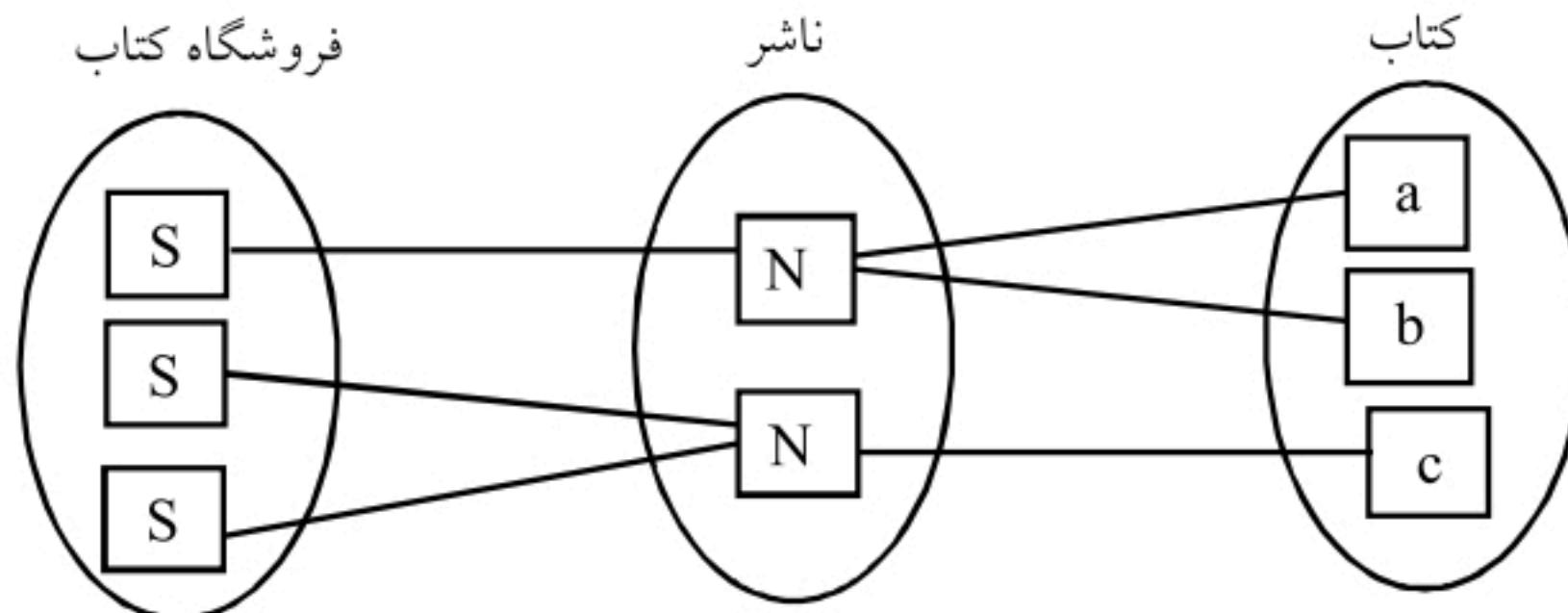
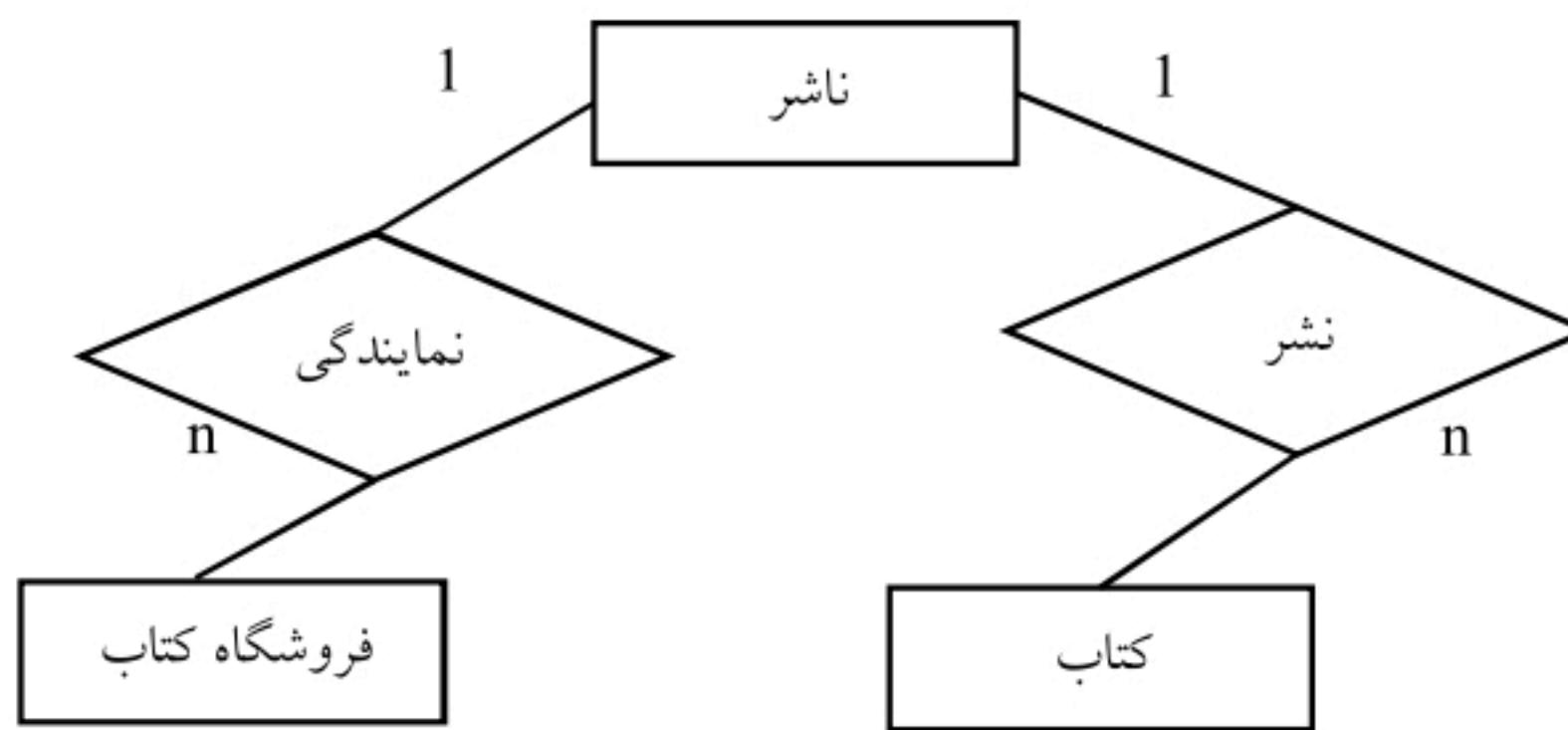
نکته: در واقع باید توجه داشته باشیم که معنای سه نوع ارتباط دوپدیده‌ای با معنای یک نوع ارتباط سه‌پدیده‌ای کاملاً متفاوت است.

### ۲-۴-۲ دام چندشاخه<sup>۱</sup> (چتری)

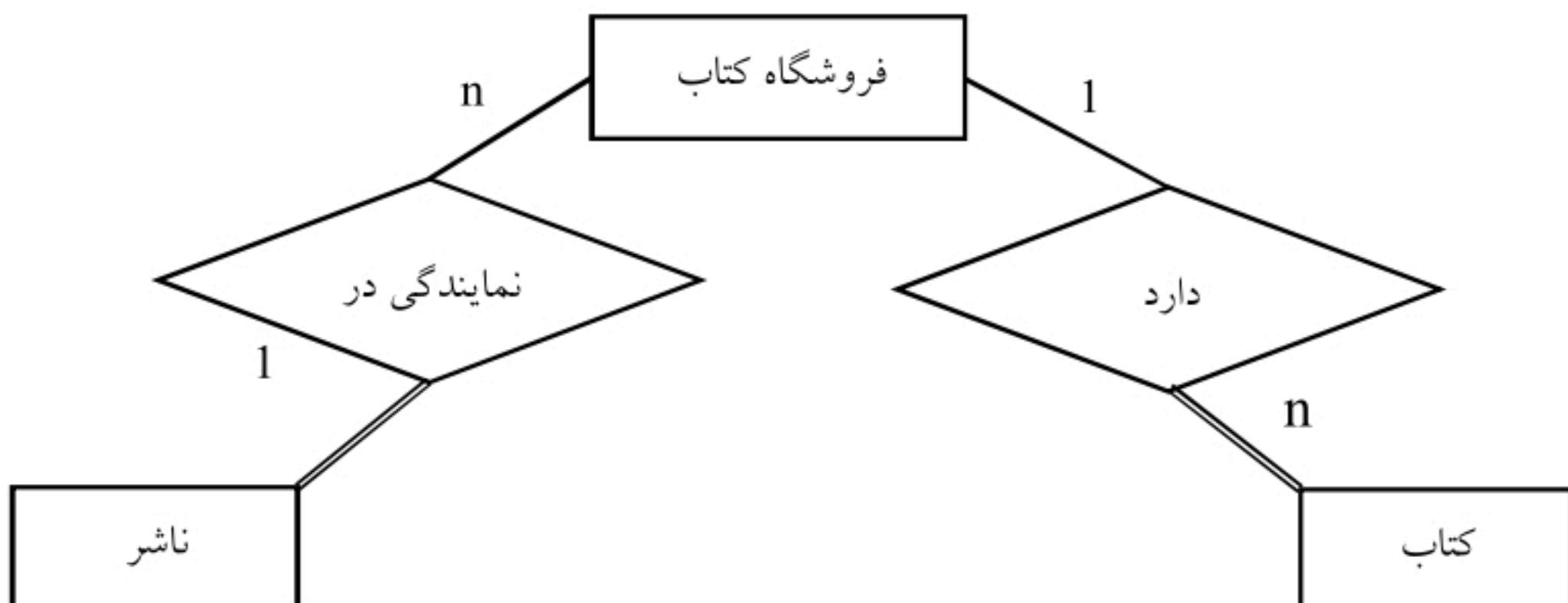
این نوع دام وقتی ایجاد می‌شود که ارتباطی بین چند نوع پدیده وجود داشته باشد، ولی مسیر ارتباطی بین بعضی از نمونه‌های یک نوع پدیده، مبهم باشد. در واقع این نوع دام وقتی ایجاد می‌شود که دو یا بیش از دو ارتباط با چندی  $N:1$  بین یک نوع پدیده و دو یا بیش از دو نوع پدیده دیگر نامرتبط با هم وجود داشته باشد.

سؤال مبهم: آیا فروشگاه کتاب S3، کتاب C منتشرشده توسط ناشر N2 را برای فروش دارد یا خیر؟

برای پاسخ به این گونه سوالات مبهم بهتر است مدل‌سازی نوع ارتباط‌ها را به شکل ۱۴-۲ تغییر دهیم تا مشکل دام چتری نیز برطرف شود (شکل ۱۵-۲).



شکل ۱۴-۲. مثالی برای دام چتری



شکل ۱۵-۲. برطرف شدن دام چندشاخه (چتری)

### ۳-۴-۲ دام گسل<sup>۱</sup> (شکاف)

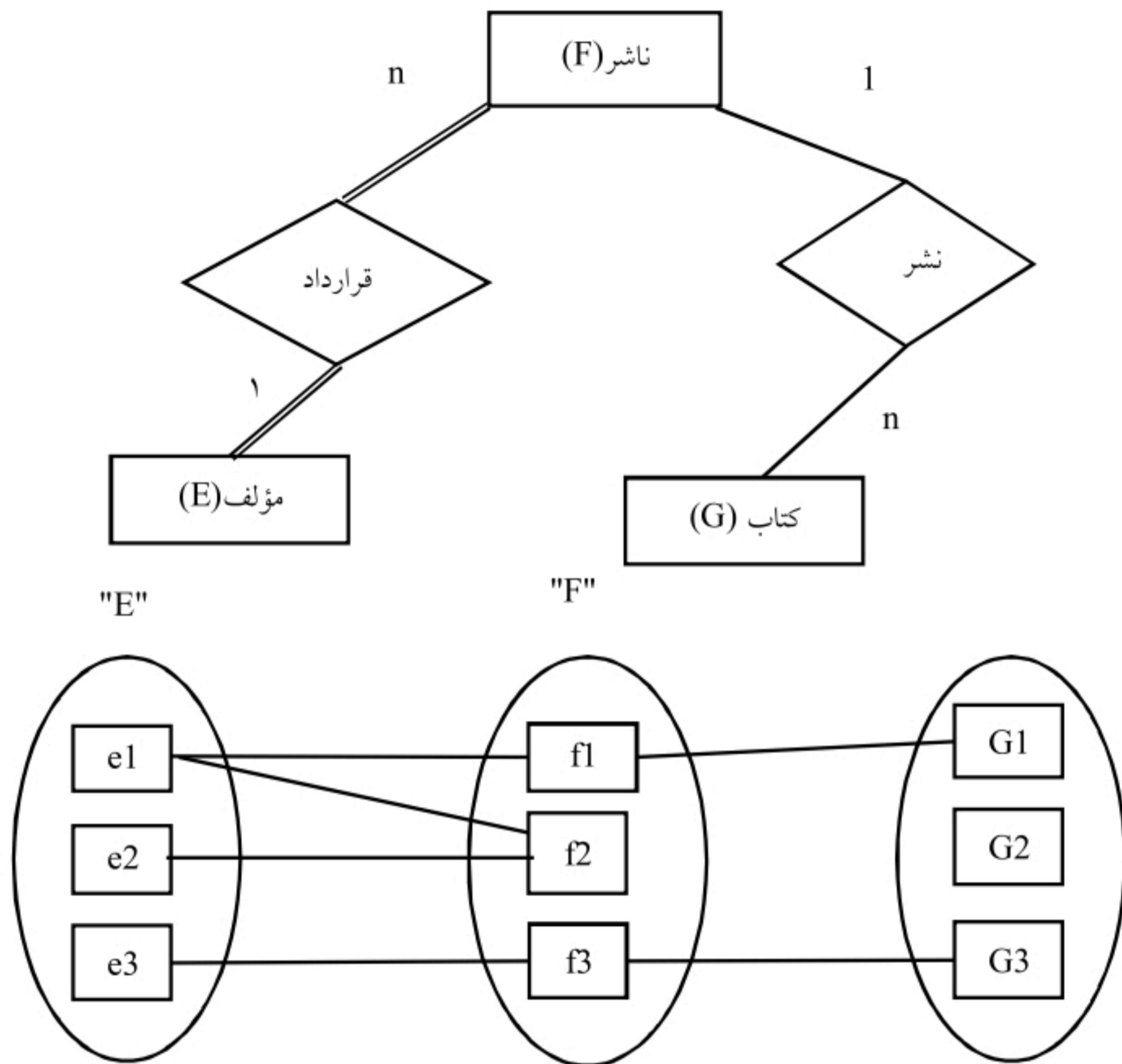
این نوع دام هنگامی ایجاد می‌شود که در مدل‌سازی انجام شده، وجود ارتباط بین انواع پدیده‌ها نشان‌داده شده، ولی چنین ارتباطی بین نمونه‌هایی از یک پدیده و دیگر انواع پدیده‌ها وجود نداشته باشد و یا مشارکت یک نوع پدیده در یک ارتباط بین انواع پدیده‌ها، الزامی (کامل) نباشد.

به بیان دیگر این دام وقتی ایجاد می‌شود که بین دو نوع پدیده E و F یک نوع ارتباط با چندی N:1 مشارکت الزامی وجود داشته باشد، ولی F خود با نوع پدیده G، نوع ارتباط N:1 با مشارکت غیرالزامی داشته باشد. به دلیل غیرالزامی بودن مشارکت نوع پدیده‌های دو نوع ارتباط F و G نمی‌توان همه نوع ارتباط‌های دو پدیده‌ای را تعیین کرد. مثال: در محیط عملیاتی مؤسسه انتشاراتی کتاب، اگر نمونه‌های پدیده «کتاب» با مقادیر پایگاهداده، معماری کامپیوتر و الگوریتم موازی باشد. ممکن است یکی از این کتاب‌ها، با هیچ‌یک از نمونه‌های پدیده «مؤلف» هیچ نوع ارتباطی نداشته باشند.

در شکل ۱۶-۲:

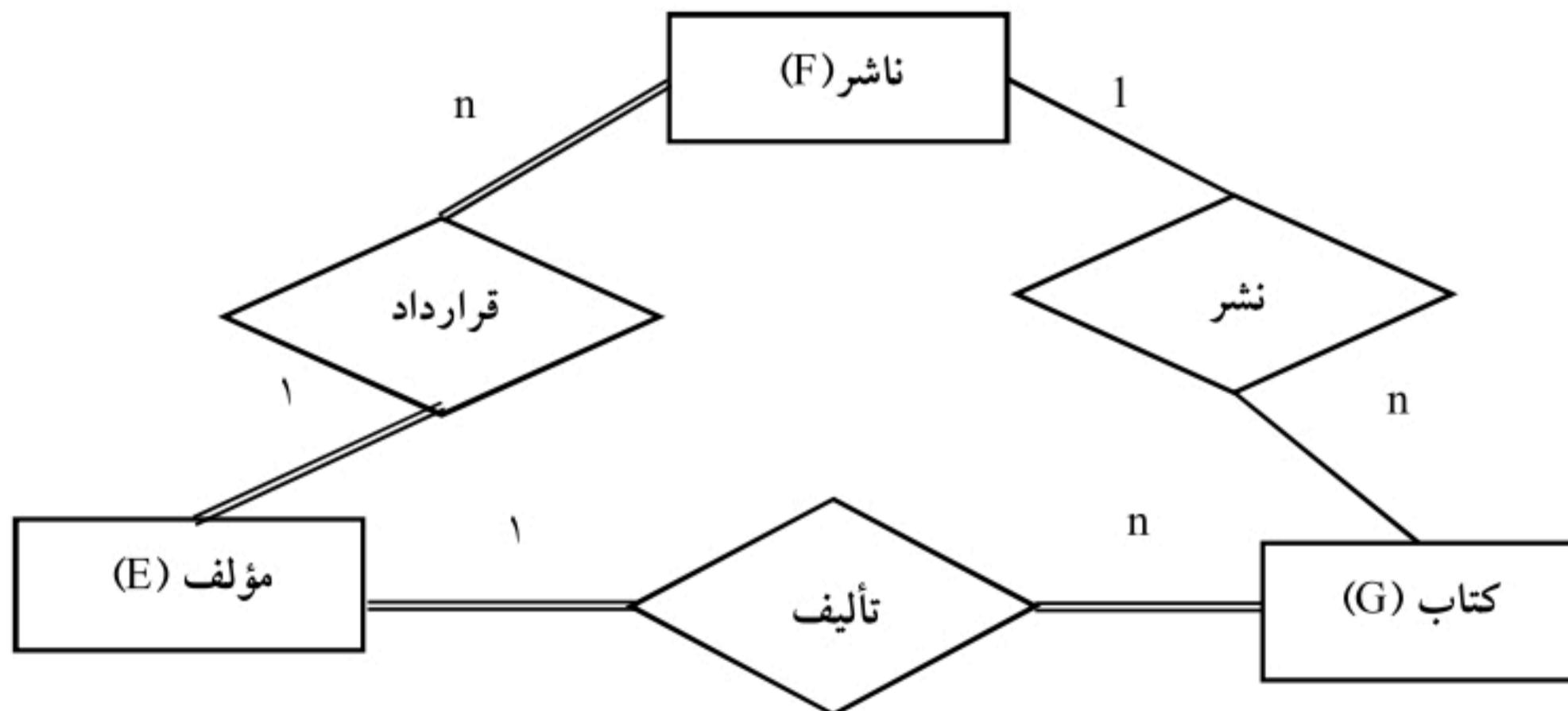
$$e_3 \rightarrow f_3 \rightarrow G_3 \quad e_2 \rightarrow f_2 \rightarrow ? \quad e_1 \rightarrow f_1 \rightarrow G_1$$

در مثال زیر یک مشارکت غیرالزامی داریم از F به G، یعنی تمام نمونه‌های نوع پدیده F با تمام نوع پدیده‌های G ارتباط ندارند، ولی مشارکت بین E و F الزامی است، یعنی تمام نمونه‌های نوع پدیده‌های E با تمام نمونه‌های نوع پدیده F ارتباط دارند. به دلیل مشارکت غیرالزامی بین F و G نمی‌توان اطلاعاتی در مورد نوع ارتباط بین تمام نوع پدیده‌های E و G به دست آورد.



شکل ۱۶-۲. مثالی از دام گسل

حال اگر مدل‌سازی به شکل ۱۷-۲ زیر اصلاح شود، مشکل دام گسل نیز رفع خواهد شد.



شکل ۱۷-۲. برطرف شدن دام گسل (شکاف)

**۴-۴-۲ برخی تصمیم‌گیری‌ها در مدل‌سازی به روش ER**

مشکلات تصمیم‌گیری در مورد اینکه یک مفهوم، نوع پدیده در نظر گرفته شود یا صفت و یا نوع ارتباط، باید در یک فرایند تدریجی در مدل‌سازی معنایی داده‌ها اصلاح شود.

- اگر یک مفهوم، صفت به نظر آید آن را صفت در نظر می‌گیریم، اما اگر به نوع پدیده دیگری ارجاع داشته باشد، آن را یک ارتباط در نظر می‌گیریم.

- اگر یک (چند) صفت در چند نوع پدیده، مشترک باشند، آن را به عنوان یک نوع پدیده مستقل منظور می‌کنیم.

- اگر یک نوع پدیده، تنها یک صفت داشته باشد و تنها با یک نوع پدیده دیگر مرتبط باشد، آن را صفت در نظر می‌گیریم.

- اگر مجموعه‌ای از صفات مستقلًا قابل شناسایی نباشند، آن را به صورت نوع پدیده ضعیف در نظر می‌گیریم.

**۵-۲ مدل‌سازی با روش EER**

همان‌طور که می‌دانیم روش ER دارای نقاط ضعفی بود. این نقاط ضعف بیشتر زمانی نمایان می‌شد که می‌خواستیم یک سیستم شئ‌گرا را مدل‌سازی کنیم. به بیان دیگر مفاهیمی مثل تجزیه، تخصیص، تعمیم، ارث‌بری صفت و تجمعی (گروه‌سازی) که در اکثر روش‌های شئ‌گرا وجود دارد، در روش مدل‌سازی ER به آن پرداخته نشده است. همچنین نوع ارتباط‌ها، ارتباط بین نوع موجودیت عام و نوع موجودیت خاص، ارتباط بین نوع موجودیت کل و نوع موجودیت جزء و ارتباط با ارتباط، در روش مدل‌سازی ER مطرح نشده است.

مفاهیم مطرح شده در بالا به مدل‌سازی با روش ER اضافه و منجر به ایجاد روش مدل‌سازی EER شد [حق‌جو، ۱۳۹۲].

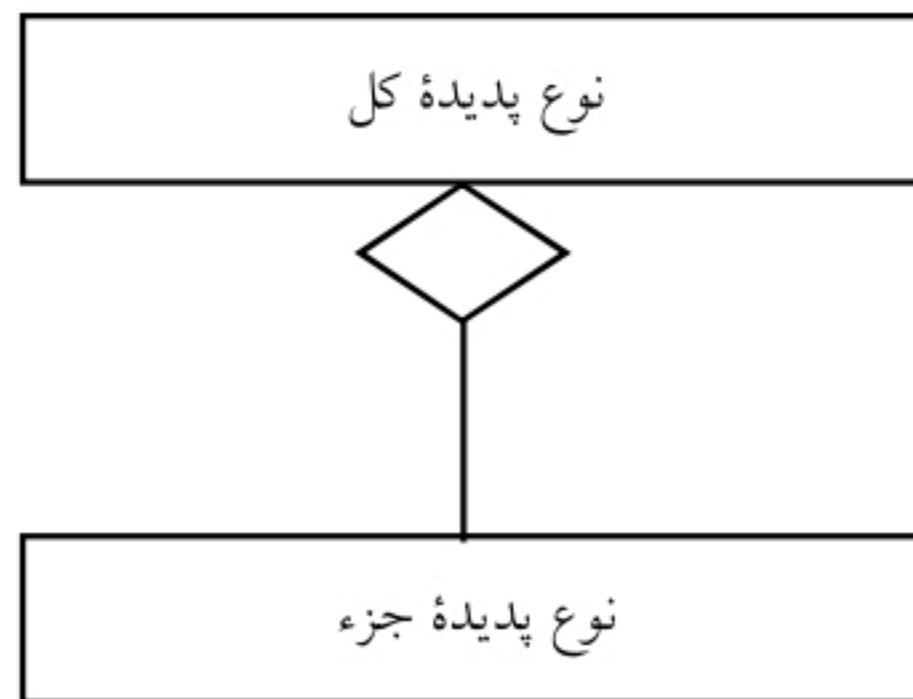
**۵-۱ تجزیه<sup>۱</sup> و ترکیب<sup>۲</sup>**

فرایند تقسیم یک شئ کل به اجزای تشکیل‌دهنده آن را، تجزیه می‌گویند. بدیهی است که در فرایند تجزیه شئ، کل و اجزا آن هریک دارای صفات، ساختار و رفتار خاص خود می‌باشند [فروزنده، ۱۳۹۱].

1. Decomposition  
2. Composition

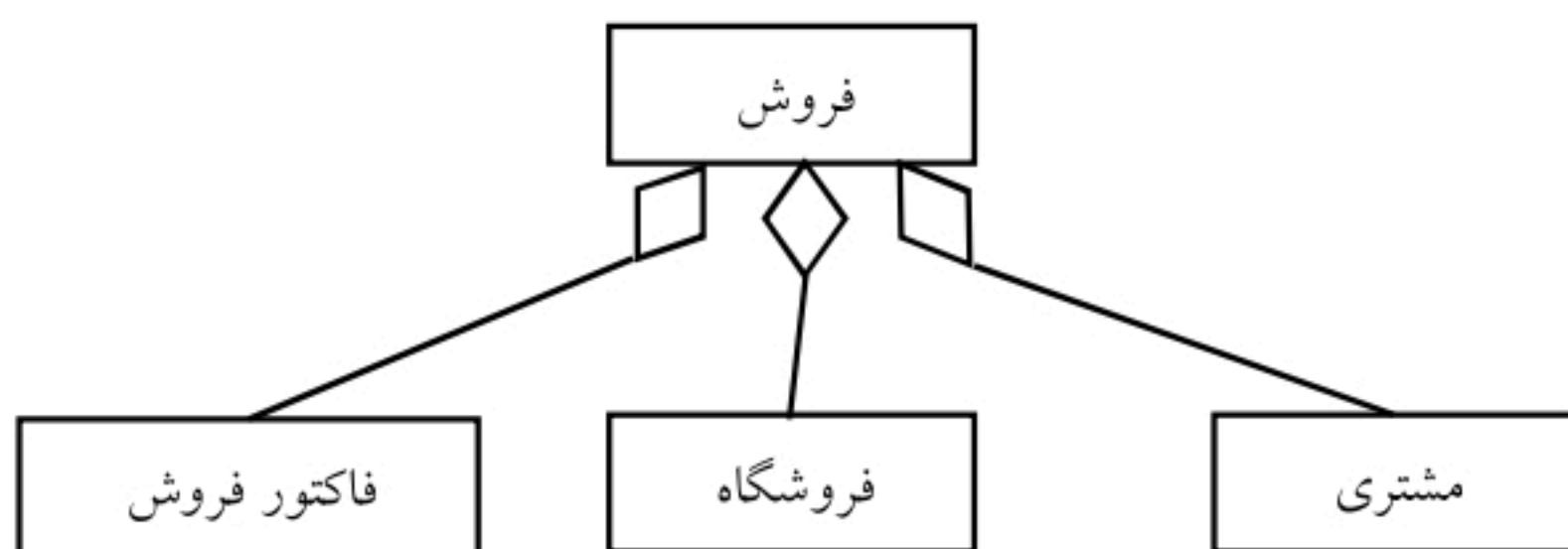
ترکیب، عکس عمل تجزیه است، که در آن با داشتن تعدادی نوع موجودیت، یک نوع موجودیت جدید را ایجاد می‌کنیم.

در روش EER ارتباط بین شئ کل و اشیاء شئ جزء را ارتباط «... جزئی است از ...» می‌گویند. نماد مورد استفاده برای نمایش ارتباط نوع موجودیت کل و نوع موجودیت جزء در شکل ۱۸-۲ دیده می‌شود.



شکل ۱۸-۲. نماد ارتباط «جزئی است از ...»

مثال: در محیط عملیاتی نشر کتاب، نوع پدیده «فروش» را می‌توان متشكل از نوع پدیده‌های «فاکتور فروش» و «فروشگاه کتاب» و «مشتری» در نظر گرفت (شکل ۱۹-۲).



شکل ۱۹-۲. مثالی از تجزیه به زیر نوع موجودیت‌های جزئی

نکته: نوع پدیده جزء با نوع پدیده ضعیف با هم متفاوت است:

۱. نوع جزء از خود شناسه دارد ولی نوع ضعیف شناسه ندارد.
۲. با حذف نوع کل، لزوماً نوع جزء از مدل‌سازی حذف نمی‌شود به بیان دیگر نوع جزء لزوماً وابستگی وجودی به نوع کل ندارد.

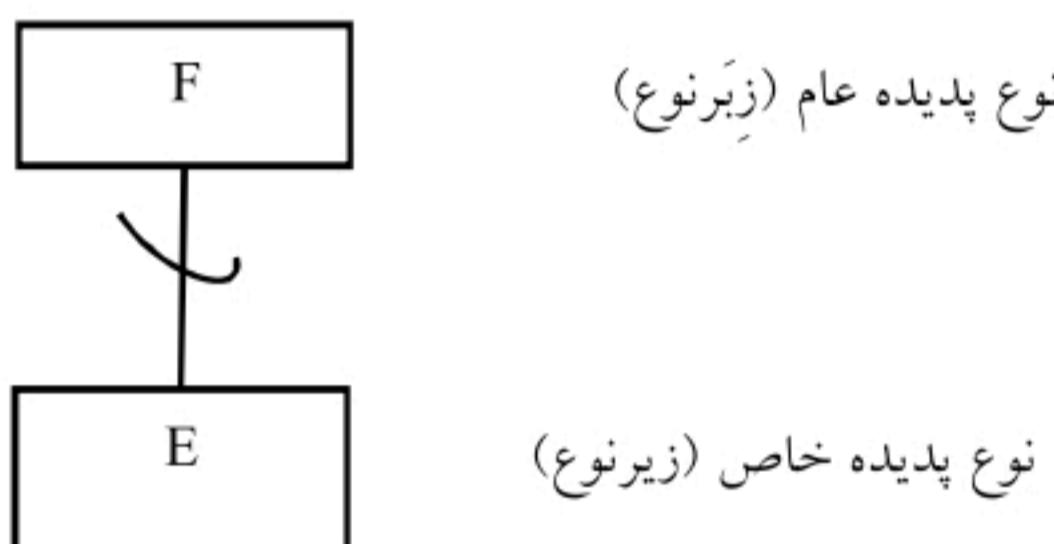
## ۲-۵-۲ تخصیص<sup>۱</sup>

مشخص کردن گونه‌های یک شئ (نوع پدیده) را تخصیص گویند. به طور مثال اگر نوع پدیده (شئ) وجود زنده را در نظر بگیریم سه گونه خاص آن عبارت‌اند از: انسان، حیوان و نبات.

تخصیص فرایندی است که طی آن نمونه‌های یک نوع پدیده برتر<sup>۲</sup> (زیرنوع) را بر اساس یک یا چند صفت خاصه آن موجودات برتر تشخیص می‌دهیم. لازم به ذکر است که یک نوع پدیده می‌تواند دارای یک یا چند زیرنوع پدیده نیز باشد.

در نمودار EER یک موجودیت می‌تواند زیرنوع‌هایی داشته باشد می‌گوییم بین هر زیرنوع موجودیت و ابرنوع آن، ارتباط «گونه‌ای است از ...» یا «هست یک ...» و هر زیرنوع موجودیت و ابرنوع آن، ارتباط «گونه‌ای است از ...» یا «هست یک ...» وجود دارد (شکل ۲۰-۲).IS\_A.....

وقتی می‌نویسیم E IS\_A F می‌خوانیم، E گونه‌ای است از F یا E هست از نوع F

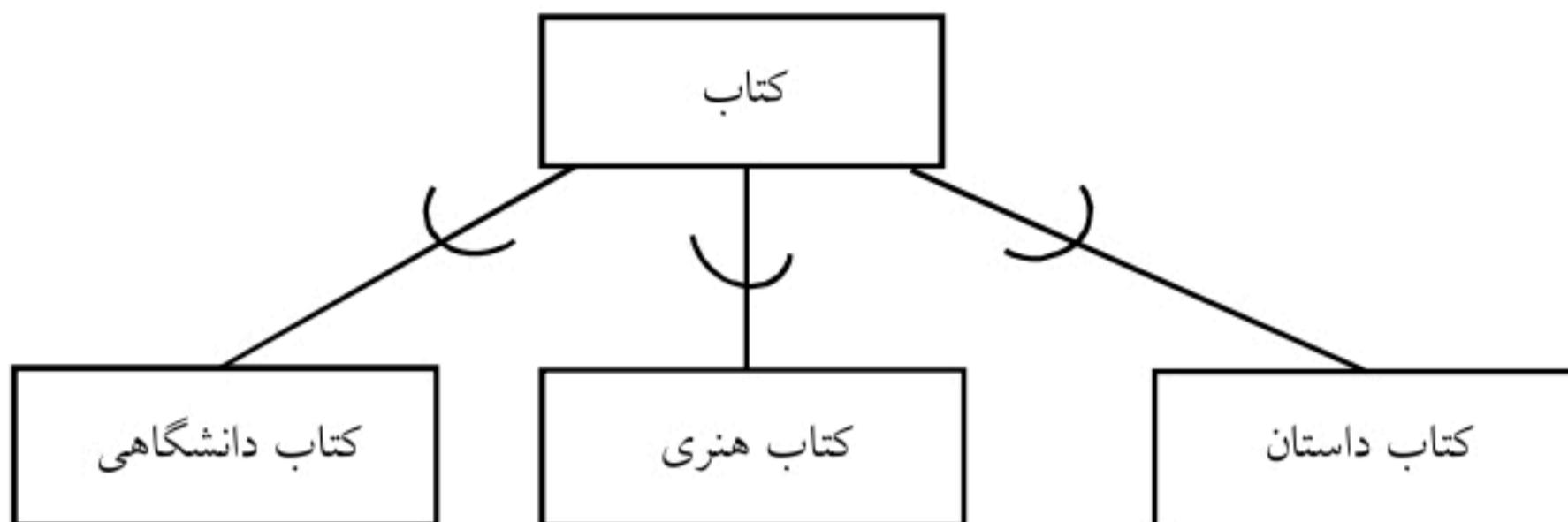


شکل ۲۰-۲. نوع پدیده عام و خاص

نکته: نوع موجودیت F را زیرنوع موجودیت E گوییم، هرگاه هر نمونه از F الزاماً یک نمونه از E باشد (و نه لزوماً بر عکس)

مثال: در پایگاهداده نشر کتاب، نوع پدیده «کتاب» را می‌توان با زیرنوع پدیده‌های «کتاب داستان»، «کتاب هنری» و «کتاب دانشگاهی» در نظر گرفت. به این معنی که:

- «کتاب داستان» هست یک «کتاب».
- «کتاب علمی» گونه‌ای است از «کتاب».



شکل ۲۱-۲. ارثبری

نکته: زیرنوع مجموعه‌ای از صفات دارد که بین تمام زیرنوع‌های آن مشترک است و بنابراین هر زیرنوع، صفات زیرنوع خود را به ارث می‌برد. توجه داشته باشد این ارثبری<sup>۱</sup>، ارثبری ساختاری<sup>۲</sup> است و نه ارثبری رفتاری<sup>۳</sup>. به علائم هر زیرنوع صفات خاص خود را دارد (شکل ۲۱-۲).

#### ۱. تخصیص کامل یا ناقص

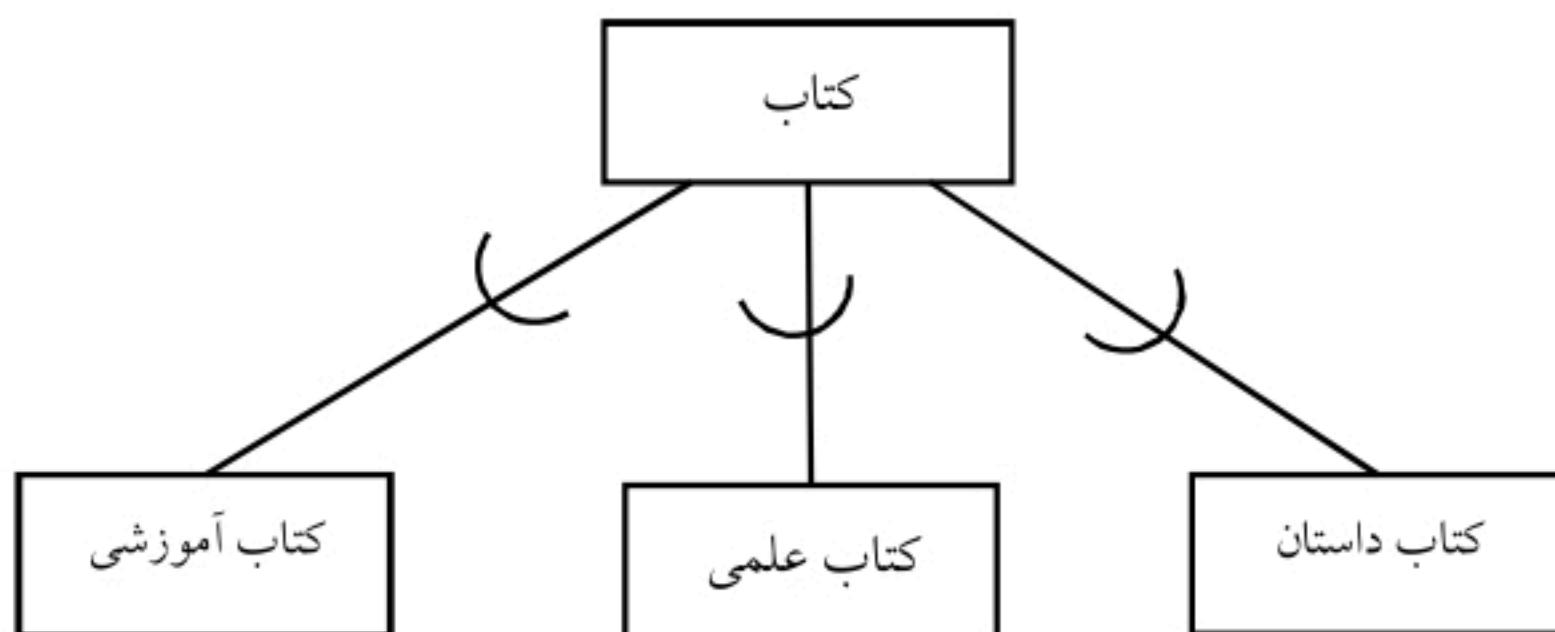
در تخصیص کامل، هر نمونه از زیرنوع پدیده، الزاماً نمونه‌ای از حدائق یک زیرنوع پدیده است. به عنوان مثال هر «كتاب» نوعی از «كتاب دانشگاهی» یا «كتاب هنری» و یا «كتاب داستان» است و نوع دیگری نمی‌تواند باشد، ولی اگر نمونه‌ای در نوع پدیده «كتاب» یافت شود که هیچ‌یک از زیرنوع‌های معرفی شده نباشد، آنگاه تخصیص ناقص خواهد بود.

#### ۲. تخصیص‌های همپوشانی<sup>۴</sup> و مجزا<sup>۵</sup>

نمونه‌های یک نوع پدیده برتر بر اساس صفات خاصه مشترک و مجزا در دسته‌های خاص خود دسته‌بندی می‌شوند. حال ممکن است یک نمونه پدیده در دو دسته قابل دسته‌بندی باشد، در چنین شرایطی به این نوع پدیده‌ها، پدیده‌های همپوشان (مشترک) می‌گویند.

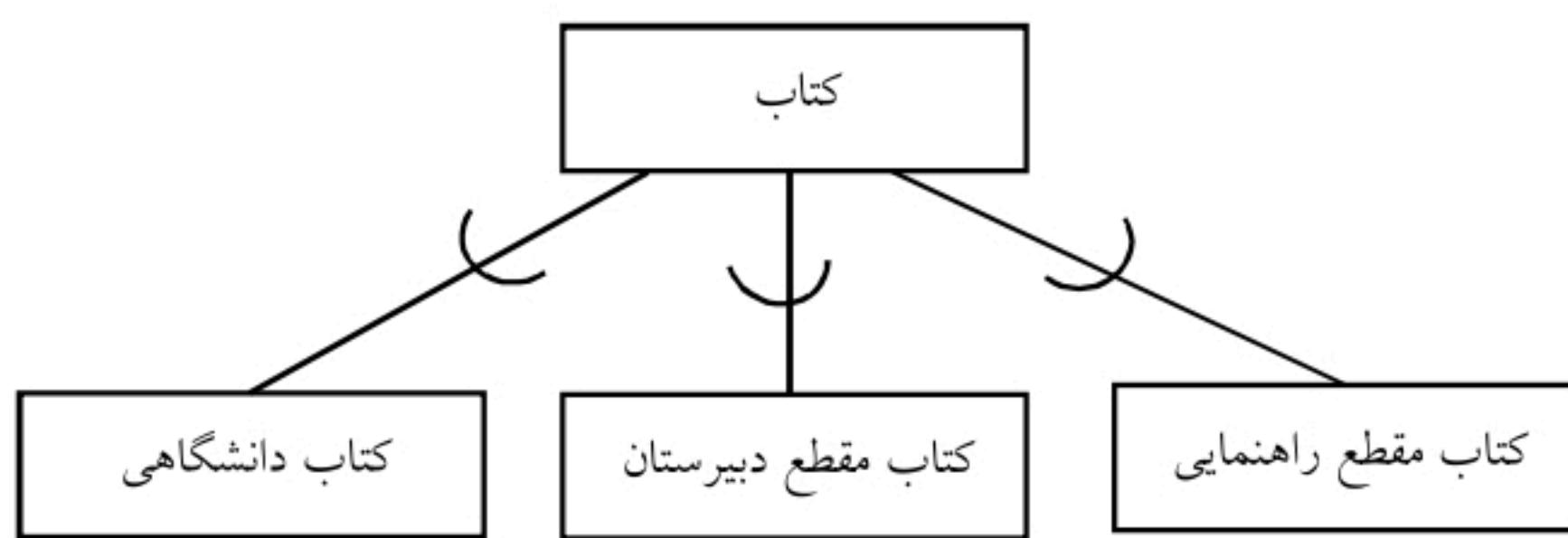
مثال: در نمودار EER شکل ۲۲-۲، کتاب آموزشی می‌تواند هنری هم باشد و یا یک کتاب هنری را می‌توان به عنوان یک کتاب آموزشی هم در نظر گرفت.

1. Inheritance
2. Structural Inheritance
3. Behavioral Inheritance
4. Overlapping
5. Distinct



شکل ۲۲-۲. مثالی از تخصیص همپوشانی

مثال: در نمودار EER شکل ۲۳-۲، هیچ یک از کتاب‌های دانشگاهی نمی‌تواند عضو سایر زیرنوع‌ها باشد.  
نکته: محدودیت کامل یا ناقص بودن تخصیص و محدودیت مجزا یا همپوشابودن تخصیص، مستقل از یکدیگرند.



شکل ۲۳-۲. مثالی از تخصیص مجزا

### ۳. دسته‌بندی<sup>۱</sup> و وراثت<sup>۲</sup>

یک زیرنوع پدیده می‌تواند از یک نوع یا بیش از یک نوع پدیده برتر (زیرنوع) باشد که در این شرایط بعضی از خواص خود را از یک نوع پدیده برتر و بعضی دیگر از صفات خاصه خود را از یک نوع پدیده برتر دیگر به ارث می‌برد. این نوع پدیده‌های برتر می‌توانند از یک نوع باشند که در این شرایط دارای شناسه‌های یکسان هستند، ولی در شرایطی که پدیده‌های برتر از یک نوع نباشند، در واقع وراثت چندگانه<sup>۳</sup> رخ داده است. به این زیرنوع‌ها در اصطلاح دسته<sup>۴</sup> (طبقه) می‌گویند و در بعضی از کتاب‌ها به این زیرنوع اصطلاحاً نوع اجتماع<sup>۵</sup> می‌گویند.

1. Categorization

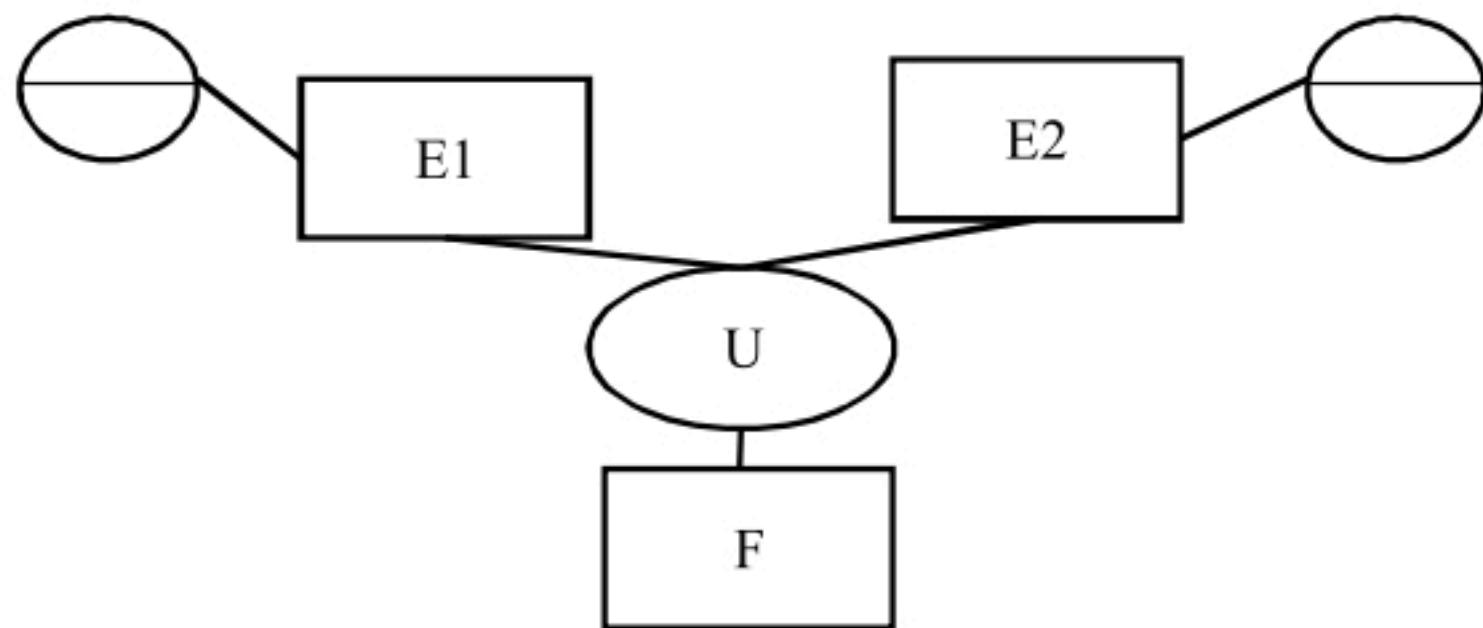
2. Inheritance

3. Multi Inheritance

4. Category

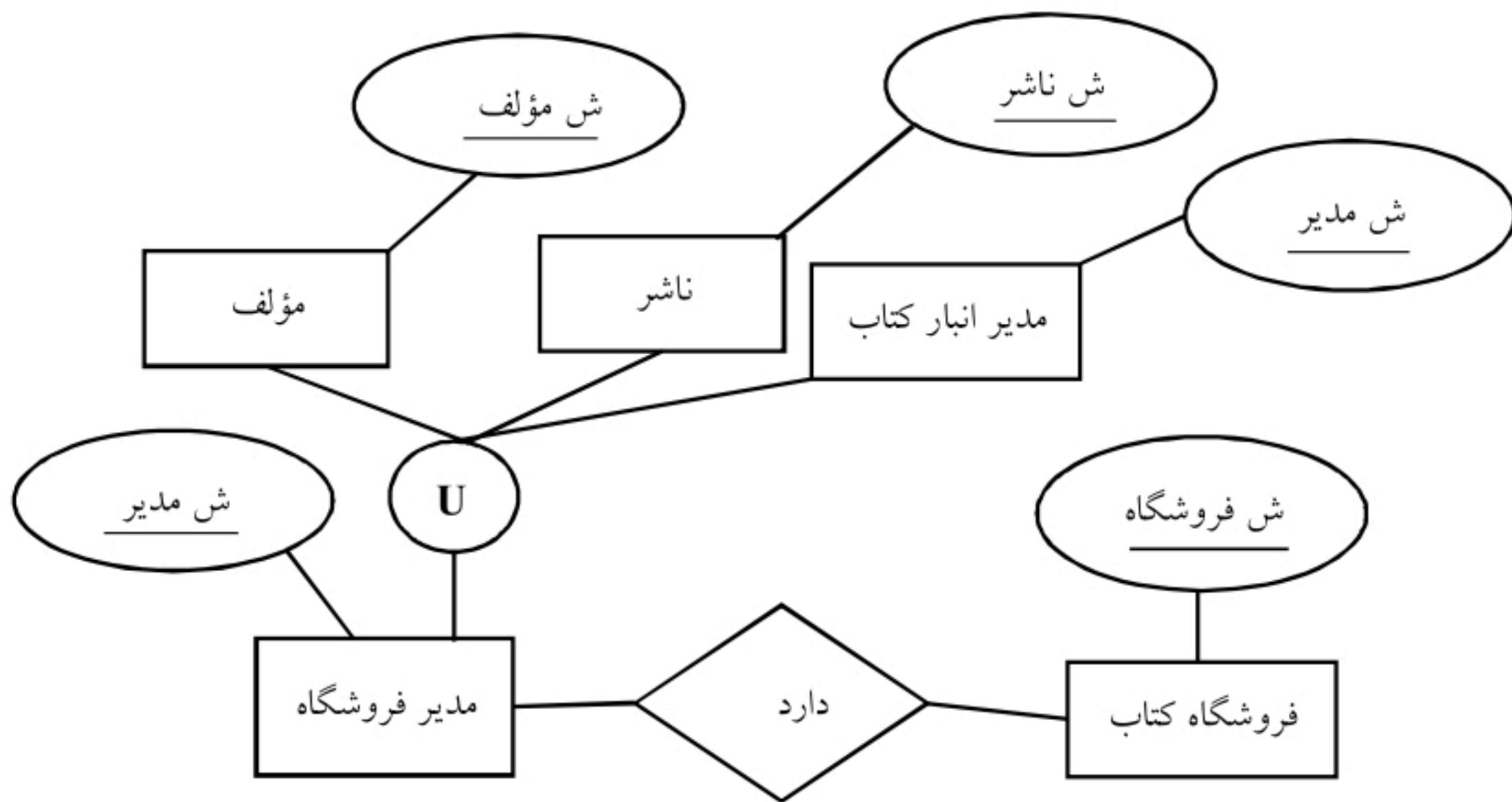
5. Aggregation

در شکل ۲۴-۲، زیرنوع F برعی صفات را از E1 و برخی را نیز از E2 به ارث می‌برد.



شکل ۲۴-۲. نمایش زیرنوع اجتماع «دسته»

مثال: در شکل ۲۵-۲ نوع پدیده «مدیر فروشگاه» می‌تواند از بین مؤلفان یا ناشران و یا مدیران انبار کتاب انتخاب شوند.

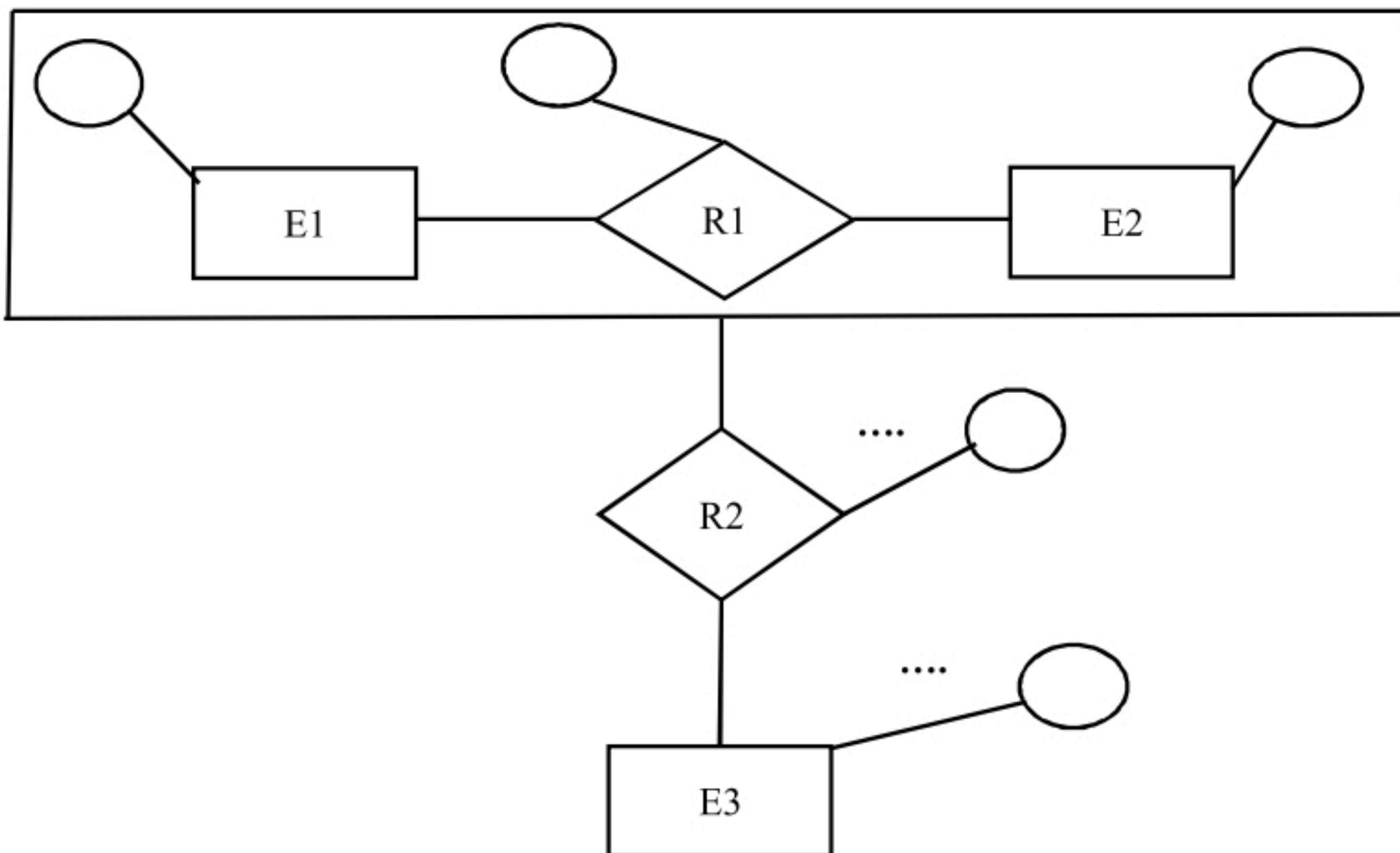


شکل ۲۵-۲. مثالی از زیرنوع اجتماع «دسته»

### ۳-۵-۲ تجمعی

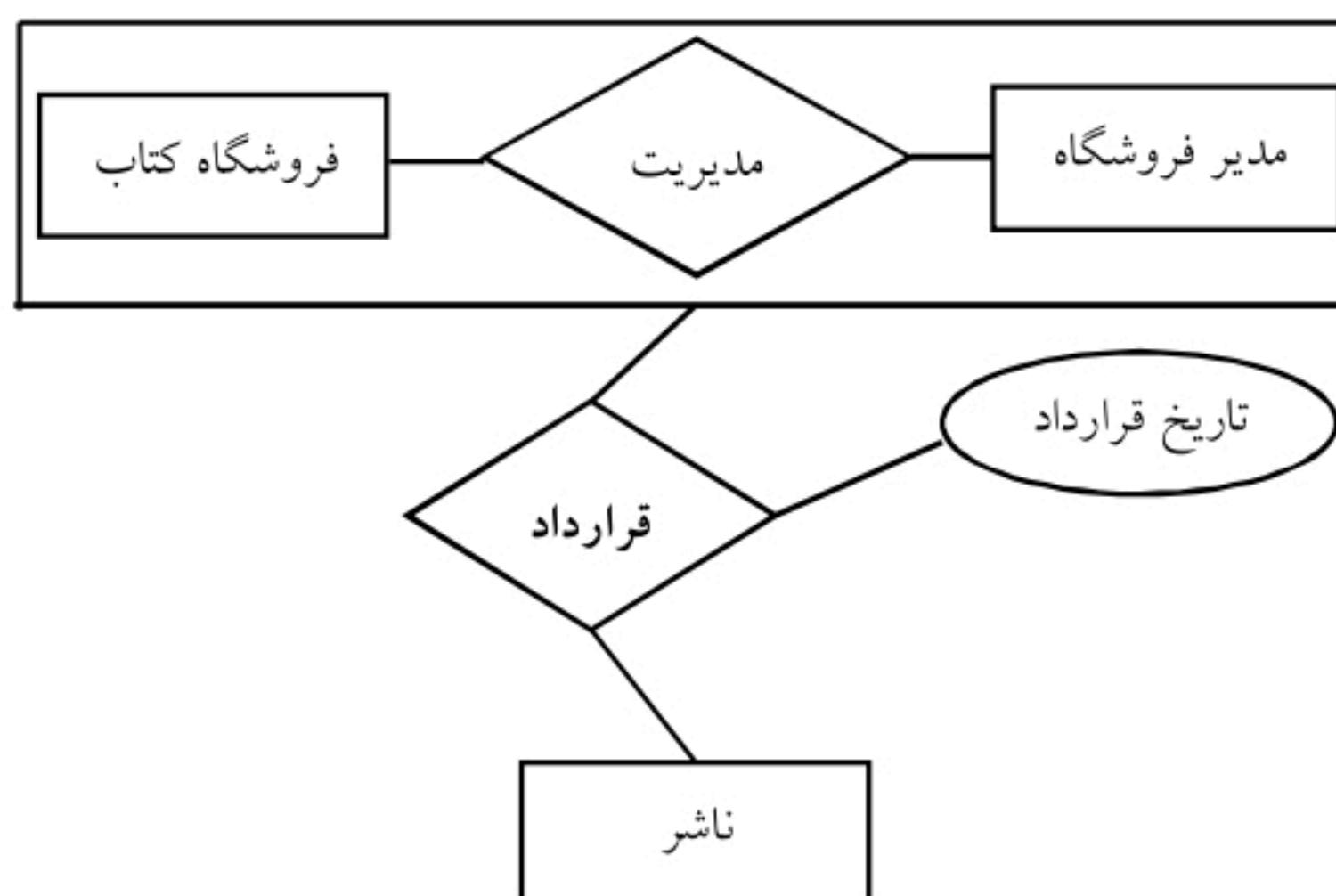
تجمعی بدین معنی است که یک نوع پدیده جدید را بر اساس دو یا چند پدیده مرتبط با یکدیگر به صورت یکپارچه در یک نوع پدیده واحد ارائه کنیم. بدیهی است که این نوع پدیده واحد خود می‌تواند با نوع پدیده‌های دیگر نیز در ارتباط باشد. توجه داشته باشید که نوع پدیده حاصل از تجمعی، یک نوع پدیده انتزاعی است (زیرا در محیط واقعی یک

پدیده نیست و ما آن را به عنوان یک پدیده فرض می‌کنیم) و تنها به منظور بهبود کارایی پایگاهداده در دست طراحی به کار گرفته می‌شود. در مدل‌سازی روش EER، مدل‌ساز وقتی از تکنیک تجمع استفاده می‌کند که از قبل نوع ارتباط اولی (R1) را بازشناسی کرده و سپس نوع ارتباط (R2) در ارتباط با نوع ارتباط اول مطرح شده است.



شکل ۲-۲۶. نمایش تجمع

مثال: در محیط عملیاتی نشر کتاب، گاهی می‌توان نوع پدیده‌های «فروشگاه کتاب» و «مدیر فروشگاه» را تجمع کرده و نمودار EER آن را به شکل زیر ترسیم کرد.



شکل ۲-۲۷-۲. مثال تجمع

- مروری مجدد بر مراحل مدل‌سازی معنایی در مدل‌سازی معنایی داده‌ها (با روش EER یا ER) مراحل زیر باید انجام شود:
۱. شناختن محیط عملیاتی و انجام مهندسی نیازها
  ۲. تشخیص انواع پدیده‌ها و همچنین انواع محدودیت‌های معنایی و قواعد فعالیت‌های محیط<sup>۱</sup>
  ۳. تعیین مجموعهٔ صفات هر نوع پدیده و همچنین بازشناسی نوع پدیده‌های تعریف شده
  ۴. بازشناسی نوع ارتباط‌های بین نوع پدیده‌ها و تشخیص وضعیت مشارکت آن‌ها
  ۵. رسم نمودار ER یا EER
  ۶. تنظیم فهرست پرسش‌های کاربران به زبان طبیعی
  ۷. ارزیابی مدل‌سازی انجام شده تا اطمینان حاصل شود که مدل‌سازی پاسخگوی نیازهای کاربران خواهد بود.

## ۶-۶ آشنایی با روش مدل‌سازی UML

UML<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۷ به عنوان یک روش برای ترسیم نمودار طراحی نرم‌افزار گسترش پیدا کرد و با استفاده از طراحی شئ‌گرا، پایه‌گذاری شد. زبان مدل‌سازی یکپارچه (UML)، استانداردی بسط یافته است که با همکاری گروه مدیریت شئ<sup>۳</sup> (OMG) برای ایجاد مشخصات اجزای مختلف یک سیستم نرم‌افزاری به کار می‌رود. در مدل‌سازی UML علاوه بر نمودارهای پدیده – ارتباط، شامل نمودارهایی برای نمایش مشخصات ماذول‌های عملکردی سیستم و کاربران نیز است. برخورداری از دانش کافی در مفاهیم مبنایی حیطهٔ شئ‌گرایی لازمه استفاده مؤثر از روش UML است. استفاده از زبان مدل‌سازی یکپارچه UML سبب کاهش هزینهٔ کلی ایجاد نرم‌افزار مطمئن‌تر و کارآمدتر و یک ارتباط بهتر بین تمام بخش‌های درگیر می‌شود [Silberschatz, 2006]. در این روش از چندین نمودار برای نمایش مدل‌سازی و طراحی نرم‌افزار استفاده می‌شود که ارائه دید چندگانه را می‌توان از مزایای استفاده از این نمودارها دانست.

---

1. Business Rules  
2. Unified Modeling Language  
3. Object Management Group

برخی از این نمودارها عبارت‌اند از: نمودار کلاس (رده)، نمودار مورد کاربرد، نمودار فعالیت، نمودار پیاده‌سازی و نمودار همکاری.

#### ۱. نمودار کلاس<sup>۱</sup> (رده)

این نمودار، کلاس‌ها، واسطه‌ها و همکاری و روابط بین آن‌ها را نمایش می‌دهد و نمودار اصلی و مرکزی UML است که بیان‌کننده ساختار ایستای سیستم نرم‌افزاری است. به بیان دیگر، این نمودار، هم داده‌ها و هم پردازش‌ها (عملیات روی داده‌ها) را مدل‌سازی می‌کند.

#### ۲. نمودار مورد کاربر<sup>۲</sup>

نمودارهای مورد کاربرد، تعامل بین کاربران سیستم را نشان می‌دهد. به‌ویژه عملیاتی که توسط کاربران انجام می‌شود. (مثل ثبت‌نام در کلاس و یا خرید کتاب) در واقع توضیحی از رفتار سیستم از جایگاه کاربران است.

#### ۳. نمودار فعالیت<sup>۳</sup>

نمودارهای فعالیت جریان وظایف را بین اجزای مختلف یک سیستم نشان می‌دهد. فعالیت‌هایی که در محدوده یک کاربرد یا در رفتار شئ رخ می‌دهد با یک توالی صورت می‌گیرد. نمودار این توالی، همان نمودار فعالیت است.

#### ۴. نمودار پیاده‌سازی<sup>۴</sup>

نمودارهای پیاده‌سازی، اجزای سیستم و ارتباط داخلی آن‌ها را از سطح اجزای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری نشان می‌دهد.

#### ۵. نمودار همکاری<sup>۵</sup>

عناصر نمودار یک سیستم برای به انجام‌رساندن مقاصد سیستم، با یکدیگر هماهنگی و تعامل دارند. نمودار همکاری برای نمایش این تعاملات بین اجزای مختلف سیستم به کار می‌رود.

1. Class Diagram
2. Use Case Diagram
3. Activity Diagram
4. Implementation Diagram
5. Collaboration Diagram

## ۱-۶-۲ اجزای UML

مفاهیم اصلی در مدل‌سازی با این روش عبارت‌اند از: کلاس (رده)، صفت، بستگی<sup>۱</sup> [روحانی، ۱۳۹۲].

مفهوم کلاس، همان مفهوم نوع پدیده در روش ER است. یک کلاس، طبقه‌بندی از گروهی از اشیاء است که صفات مشابه و یا رفتارهای مشابه دارند. مفهوم صفت، ویژگی‌های اشیای دسته‌بندی شده در هر کلاس است دقیقاً مشابه آنچه در مورد صفت در روش ER مطرح کردیم؛ و اما مفهوم بستگی (عملیات و یا پردازش) نیز مشابه همان نوع ارتباط در روش ER است.

تناظر بین مفاهیم UML و مفاهیم EER

مفهوم در EER	مفهوم در UML
نوع پدیده	کلاس
نمونه پدیده	شیء
صفت	صفت
نوع ارتباط	بستگی
نمونه ارتباط	بند <sup>۲</sup>
ارتباط بازگشتی	بستگی انعکاسی <sup>۳</sup>
صفت مرکب	میدان ساختمند <sup>۴</sup>
صفت نوع ارتباط	صفت بستگی
چندی نوع ارتباط	چندی بستگی
نوع پدیده ضعیف	بستگی مقید

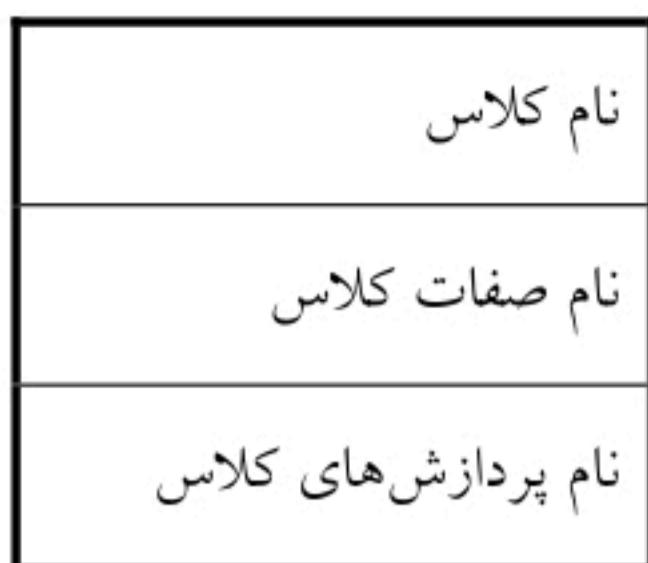
در روش UML، دو گونه ارتباط بین کلاس‌ها وجود دارد:

۱. تجمعی: عبارت است از ارتباط بین شیء کل و شیء‌های جزئی تشکیل‌دهنده آن.
۲. بستگی: که همان نوع ارتباط در روش ER است.

## ۲-۶-۲ نحوه نمایش مفاهیم

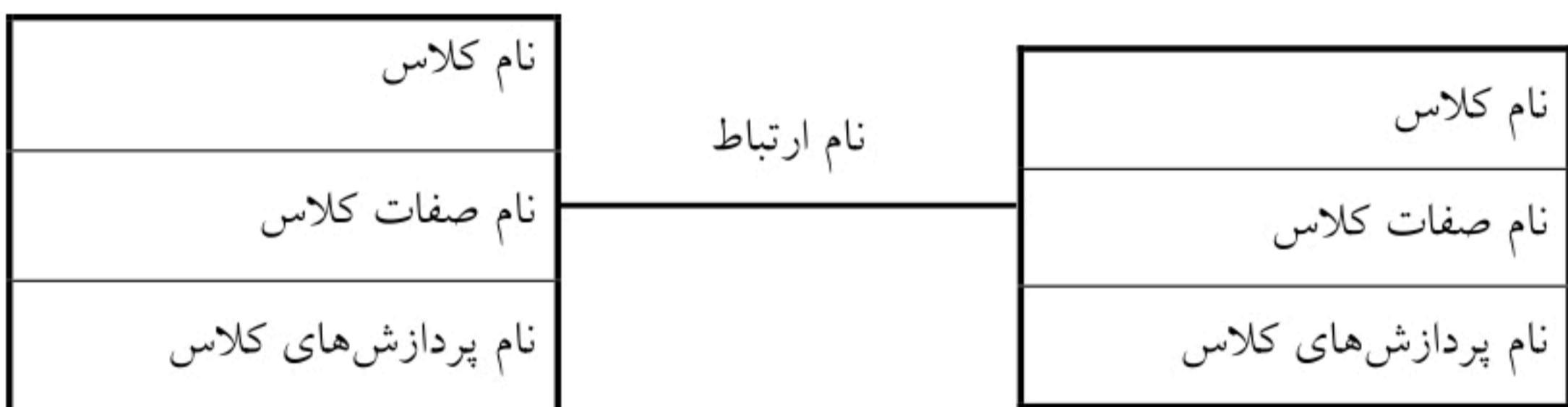
کلاس: برای نمایش یک کلاس از مستطیل استفاده می‌شود. در این حالت مستطیل به سه قسمت مجزا تقسیم شده و در این قسمت‌ها موارد زیر نوشته می‌شود:

- 
1. Association
  2. Link
  3. Reflexive Association
  4. Structural Domain

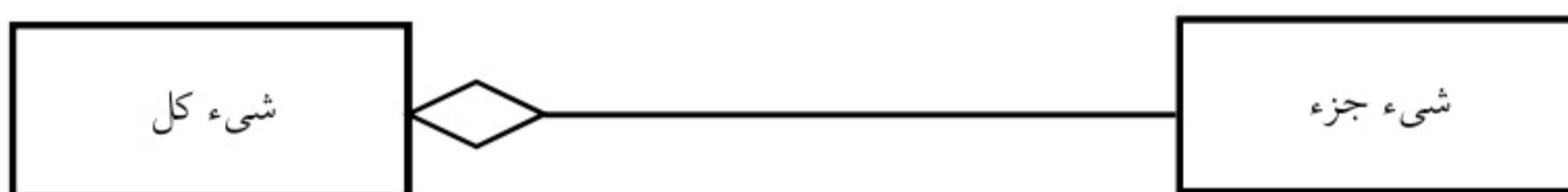


- نام کلاس
- نام صفات کلاس
- نام پردازش‌های کلاس

بستگی: بستگی بین دو کلاس به صورت یک خط متصل‌کننده نمایش داده می‌شود و نام ارتباط روی خط نوشته می‌شود.



تجمیع: بین دو کلاس نیز به صورت زیر نمایش داده می‌شود.

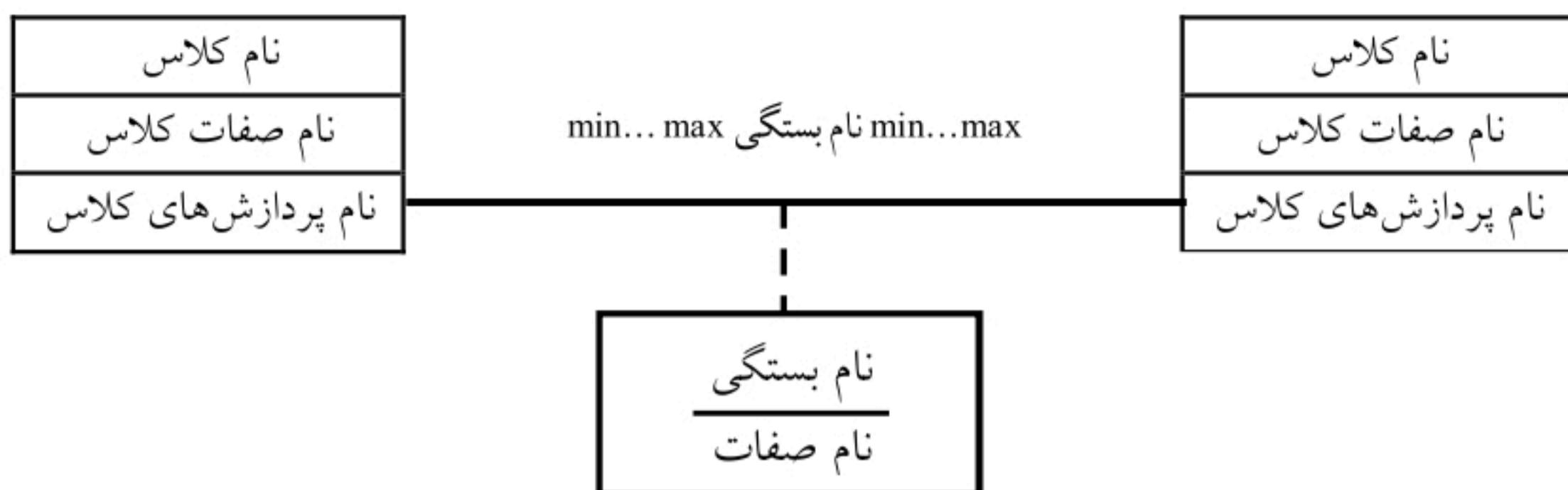


چندی ارتباط: چندی ارتباط به صورت  $\text{min} \dots \text{max}$  بر روی خط ارتباط نوشته می‌شود.

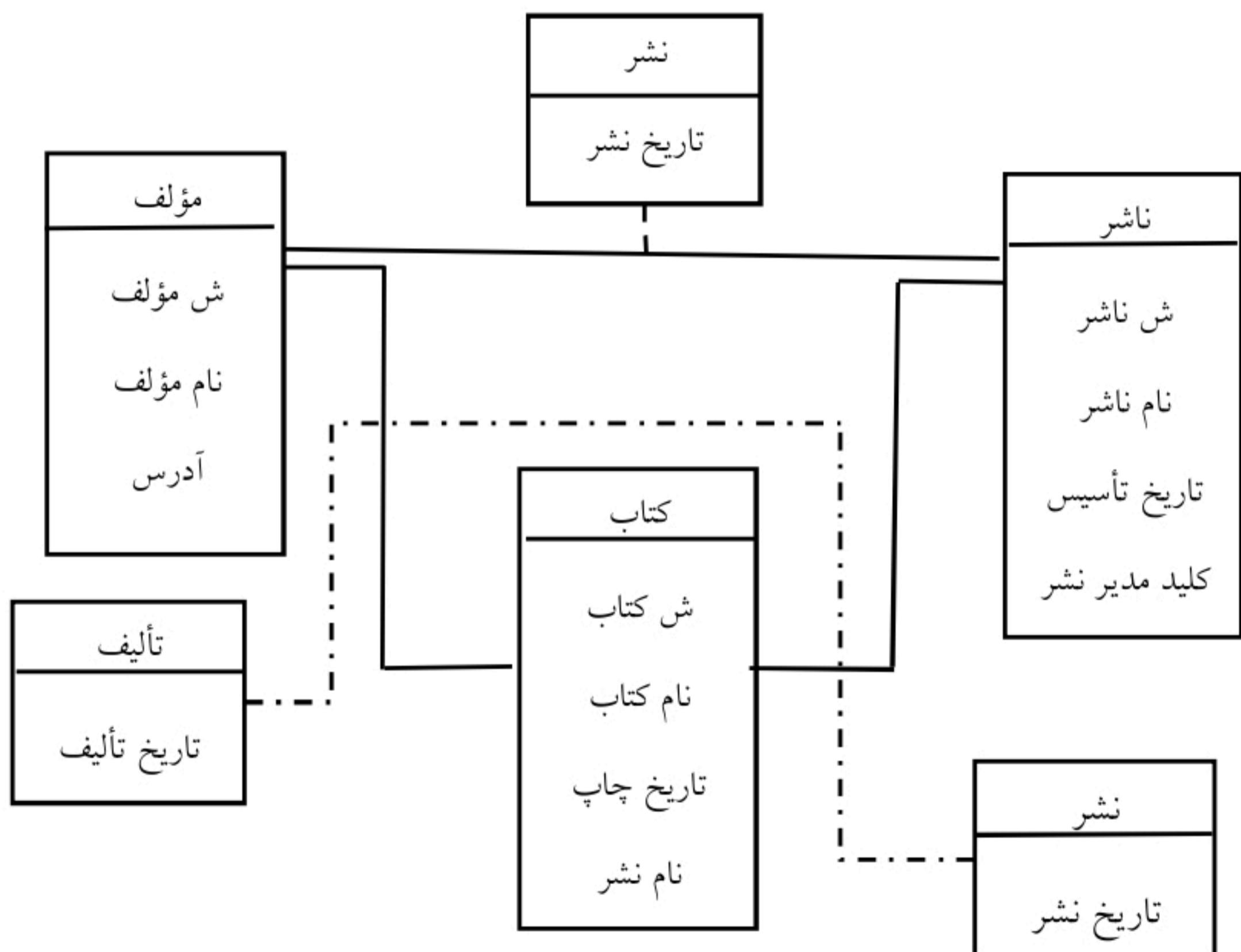
صفت چندمقداری: صفت چندمقداری به صورت یک کلاس جداگانه نوشته می‌شود، ولی با این تفاوت که قسمت پردازش را ندارد.

میدان: نام میدان معمولاً بعد از صفت نوشته می‌شود. مجموعه مقادیر مجاز برای هر صفت اعم از اینکه می‌تواند عددی یا رشته‌ای و ... باشد.

صفت بستگی (پیوندی): به شکل زیر نمایش داده می‌شود. (همان صفت نوع ارتباط)



مثال: بخشی از نمودار UML مربوط به محیط عملیاتی «نشر کتاب» به شکل زیر است:



## ۷-۲ آشنایی با روش مدل‌سازی NIAM

مدل<sup>۱</sup> NIAM مدلی است که پس از EER و با استفاده از طراحی رویدادهای ساده<sup>۲</sup>، یک تصویر ادراکی به منظور طراحی پایگاهداده ترسیم می‌کند. این رویدادها از داده‌ها، نوع آنها و ارتباط بین آنها استخراج می‌شوند.

1. Nijssen's Information Analysis Method  
2. Elementary Facts

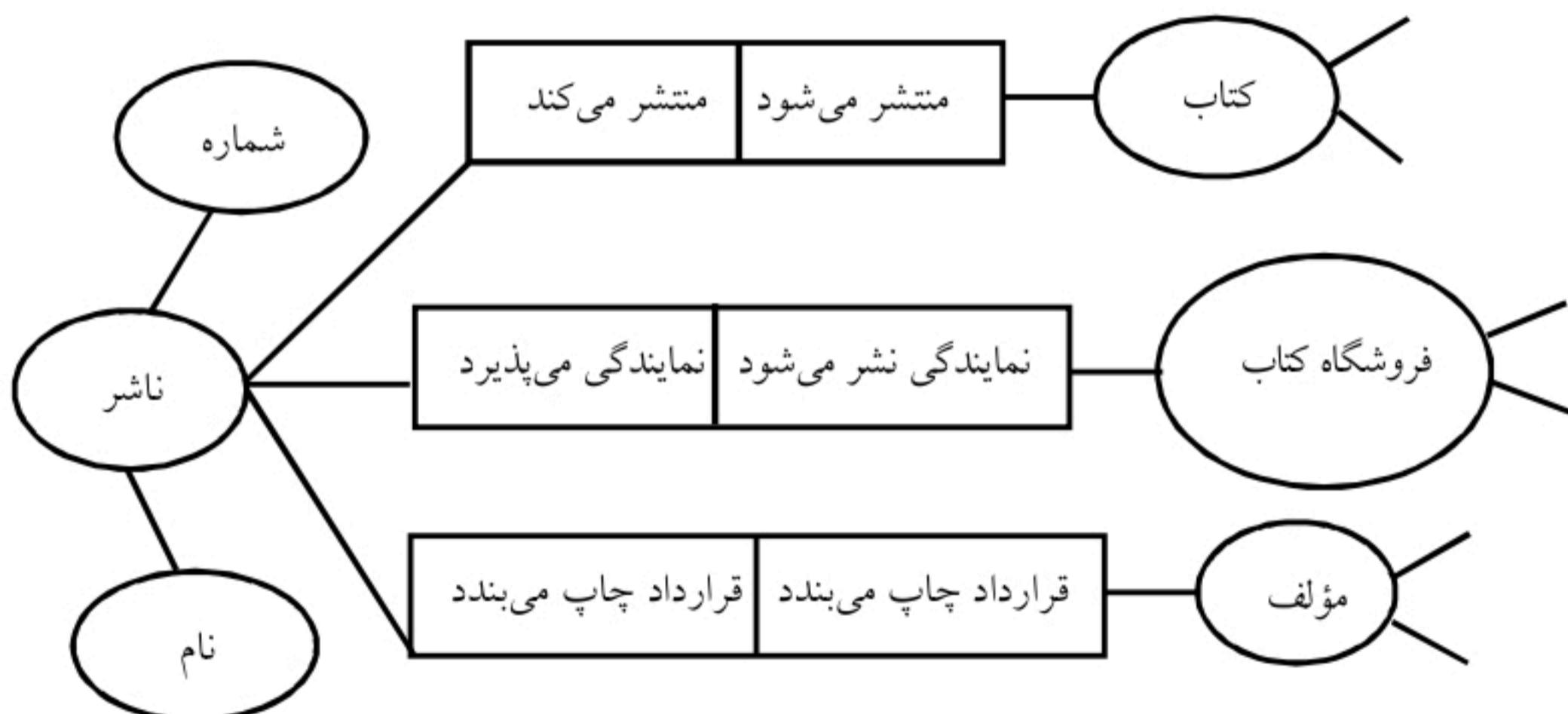
قدم اول طراحی در این روش، درک صحیح سیستم و پیدا کردن رویدادهاست. رویدادهای ساده همچون: «ناشر کتاب را منتشر می‌کند». رویدادها همچون مدل ER از پدیده‌ها و ارتباط بین آن‌ها تشکیل می‌شود. در مدل NIAM هر پدیده سه جزء دارد: نوع<sup>۱</sup>، لقب<sup>۲</sup> (همان صفت در ER) و نمونه یا عضو<sup>۳</sup> [حق جو، ۱۳۹۲].

برای رسم نمودار هریک از رویدادهای استخراج شده، از یک بیضی و نام پدیده درون آن، برای نمایش پدیده، نوع لقب با بیضی نقطه‌چین نمایش داده می‌شود. همچنین ارتباط بین پدیده‌ها (نقش<sup>۴</sup>) به صورت دو مستطیل به هم چسبیده که نام ارتباط درون آن نوشته شده، استفاده می‌شود.

به شکل زیر توجه کنید:



نکته: هر پدیده می‌تواند چندین نقش را ایفا کند همانند شکل ۲-۲.



شکل ۲-۲. چندین نقش توسط یک پدیده

- 
1. Type
  2. Label
  3. Instance
  4. Rule

- مراحل طراحی پایگاهداده در روش مدل‌سازی NIAM عبارت‌اند از:
۱. استخراج رویدادهای ساده از بیان واقعیت‌ها
  ۲. رسم نمودار تصویر ادراکی به صورت مقدماتی
  ۳. حذف پدیده‌های اضافی و تکراری
  ۴. تعیین قیود یکتایی<sup>۱</sup>
  ۵. بررسی انواع رویدادها از نظر تعداد نقش‌هایی که ایفا می‌کنند.
  ۶. اضافه کردن قیدهای برچسب، تعدد، اختیاری بودن داده، حدها و زیرنوع‌ها
  ۷. کنترل تصویر ادراکی طراحی شده به منظور انطباق با رویدادهای اصلی، عدم وجود افزونگی و سازگاری با ملزومات سیستم و مشخصات اولیه خصوصیات کلی روش مدل‌سازی معنایی داده‌ها به قرار زیر است:

۱. گویایی
۲. سادگی مفاهیم
۳. ایجاز
۴. گسترش‌پذیری
۵. صوری بودن
۶. قابلیت نمایش نموداری
۷. جامع بودن مفاهیم

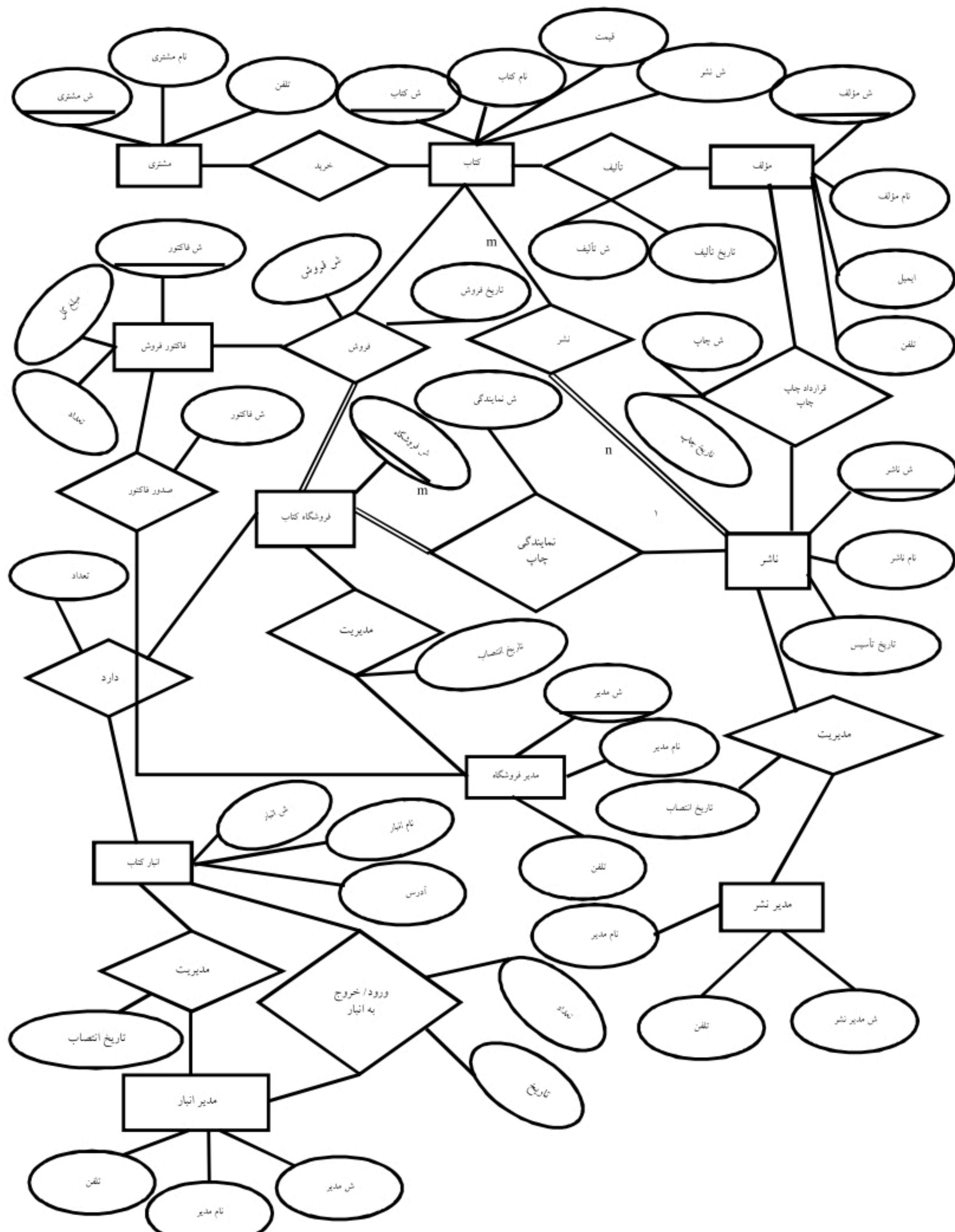
نکته: بعضی از ویژگی‌های ذکر شده ممکن است با یکدیگر مغایرت داشته باشند مثل ایجاز و تجمعیع. در این صورت وجود یکی از این صفات کافی است. یادآور می‌شویم مراحل اساسی طراحی پایگاهداده‌ها (روش بالا به پایین) عبارت‌اند از:

۱. مطالعه و شناخت خرد جهان واقع
۲. انجام مهندسی نیازها (تعیین نیازهای پردازشی کاربران و تشخیص محدودیت‌ها و قواعد جامعیتی)
۳. مدل‌سازی معنایی داده‌ها
۴. طراحی منطقی پایگاهداده‌ها
۵. طراحی داخلی و فیزیکی پایگاهداده

۶. ارزیابی و تحلیل عملکرد سیستم طراحی شده
۷. طراحی برنامه‌های کاربردی و واسطه‌های کاربری
۸. برای داشتن یک طراحی منطقی خوب (مرحله چهارم طراحی پایگاهداده) ضرورت دارد که به هریک از مراحل قبلی همچون شناخت محیط عملیاتی، شناخت نیازهای پردازشی کاربران به خصوص مرحله مدل‌سازی معنایی داده‌ها به صورت کامل پرداخته و موارد زیر رعایت شود:
  - معنای هریک از صفات از هر نوع پدیده به درستی رعایت شده باشد.
  - کمترین میزان افزونگی ناشی از طراحی را داشته باشد.
  - کمترین میزان «هیچ مقدار» یا «داده هیچ مقدار پذیر» در پایگاهداده ایجاد شود.
  - با در نظر گرفتن مدل‌سازی معنایی داده‌ها و تأثیر آن در طراحی منطقی، بیشترین کارایی برای سیستم کاربردی تأمین شود [روحانی، ۱۳۹۲].
  - شکل ۲۹-۲ بخشی از نمودار EER مربوط به پایگاهداده نشر کتاب را نمایش می‌دهد.

## خلاصه فصل دوم

در این فصل به مدل‌سازی معنایی پایگاهداده‌ها پرداختیم. این نام از آن جهت استفاده می‌شود که ویژگی‌های یک پایگاهداده بر معنای نهفته در آن بدقت می‌آید و تنها توسط مغز انسان قابل فهم است. کامپیوترها هرقدر قدرتمند و توانا باشند، باز هم نمی‌توانند معنا را درک کنند. یک کامپیوتر هرگز معنای تعداد بی‌شمار از کلماتی را که در خود ذخیره کرده است نمی‌داند، هرچند به چندین زبان مجهز باشد. مدل‌سازی معنایی پایگاهداده با پیاده‌سازی کاری ندارد. یک پایگاهداده را می‌توان در چند مدل پیاده‌سازی کرد. اولین کسی که مدل مستقل و موفقی برای طراحی معنایی پیشنهاد کرد آقای چن بود. او دریافت که مهم‌ترین ویژگی‌های یک پایگاهداده را می‌توان در قالب پدیده‌ها یا پدیده‌ها و ارتباط بین آن‌ها بیان کرد و روش خود را ER نامید. در این فصل روش ER و نوع گسترش‌یافته آن EER را به تفضیل آموختیم و اجزا، مشخصات، دامها و کاستی‌های آن‌ها را بررسی کردیم. سپس به‌طور خلاصه روش‌های UML و NIAM را که پس از ER ارائه شده‌اند، بررسی کردیم. طراحی معنایی اولین قدمی است که پس از تعیین ویژگی‌ها و شناخت مشخصات پایگاهداده برداشته می‌شود.



شکل ۲-۲۹. نمودار پایگاهداده نشركتاب

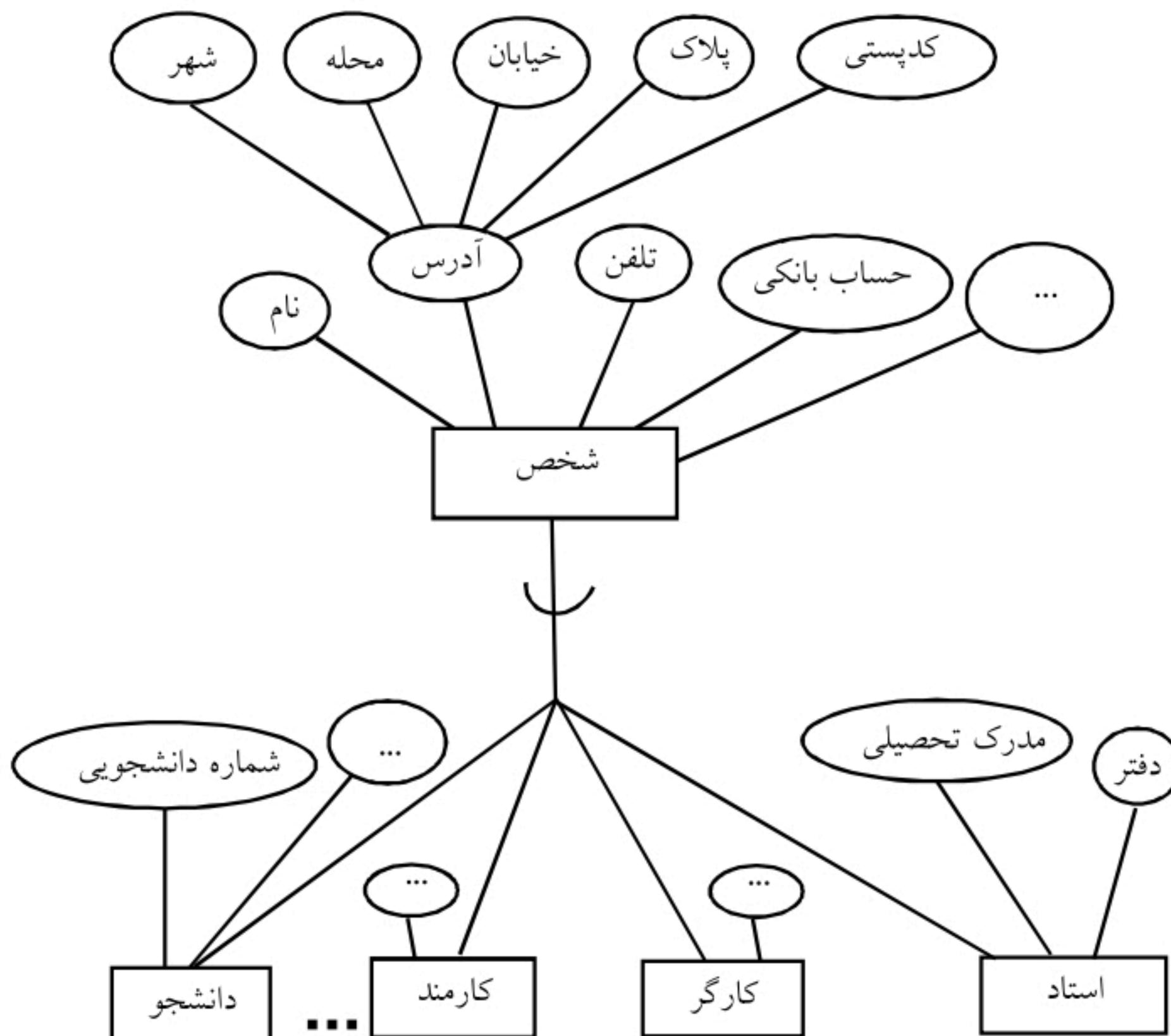
خودآزمایی تشریحی فصل دوم

پایگاهداده دانشگاه را که در فصل اول معرفی شد، در مدل EER طراحی کنید.  
حل: مشخصات این پایگاهداده در مدل رابطه‌ای در شکل‌های ۱-۵ و ۱-۶ آمده است.

۱. عمدترين تفاوت‌های مدل EER با مدل رابطه‌اي در مواردی چون ارثبری و صفت مرکب است. مثلاً برای اشخاص مختلف در پایگاهداده دانشگاه می‌توان پدیده یا پدیده شخص را تعریف کرد که ویژگی‌های همه اشخاص مانند نام، آدرس، تلفن، شماره ملی، شماره حساب بانکی، ... را دربر گیرد. آنگاه دانشجو و استاد و کارمند و کارگر باید پدیده شخص را به ارث ببرند و سایر ویژگی‌های خود را بیفزایند.

در رابطه با صفت مرکب در مدل EER، باید بخش‌های آن صفت را در سطح جدید رسم کرد. مثلاً برای صفت آدرس سطح جدید شامل شهر و محله و خیابان پلاک و کدپستی است. بعضی از صفت‌های دیگر نیز ممکن است مرکب باشند. مثلاً نام می‌تواند دارای بخش‌هایی چون نام اول و نام فamil باشد. تلفن معمولاً یک صفت چندمقداری است. حساب بانکی هم می‌تواند چندمقداری باشد و هم مرکب، زیرا یک شخص معمولاً چند حساب بانکی دارد و هر حساب شامل نام بانک و کد شعبه و نوع حساب و... است.

شکل ۲-۳۰ این مفاهیم را نمایش می‌دهد. بیشتر این موارد با طبیعت مدل رابطه‌ای هم‌خوانی ندارد و قابل پیاده‌سازی به صورت طبیعی نیست.



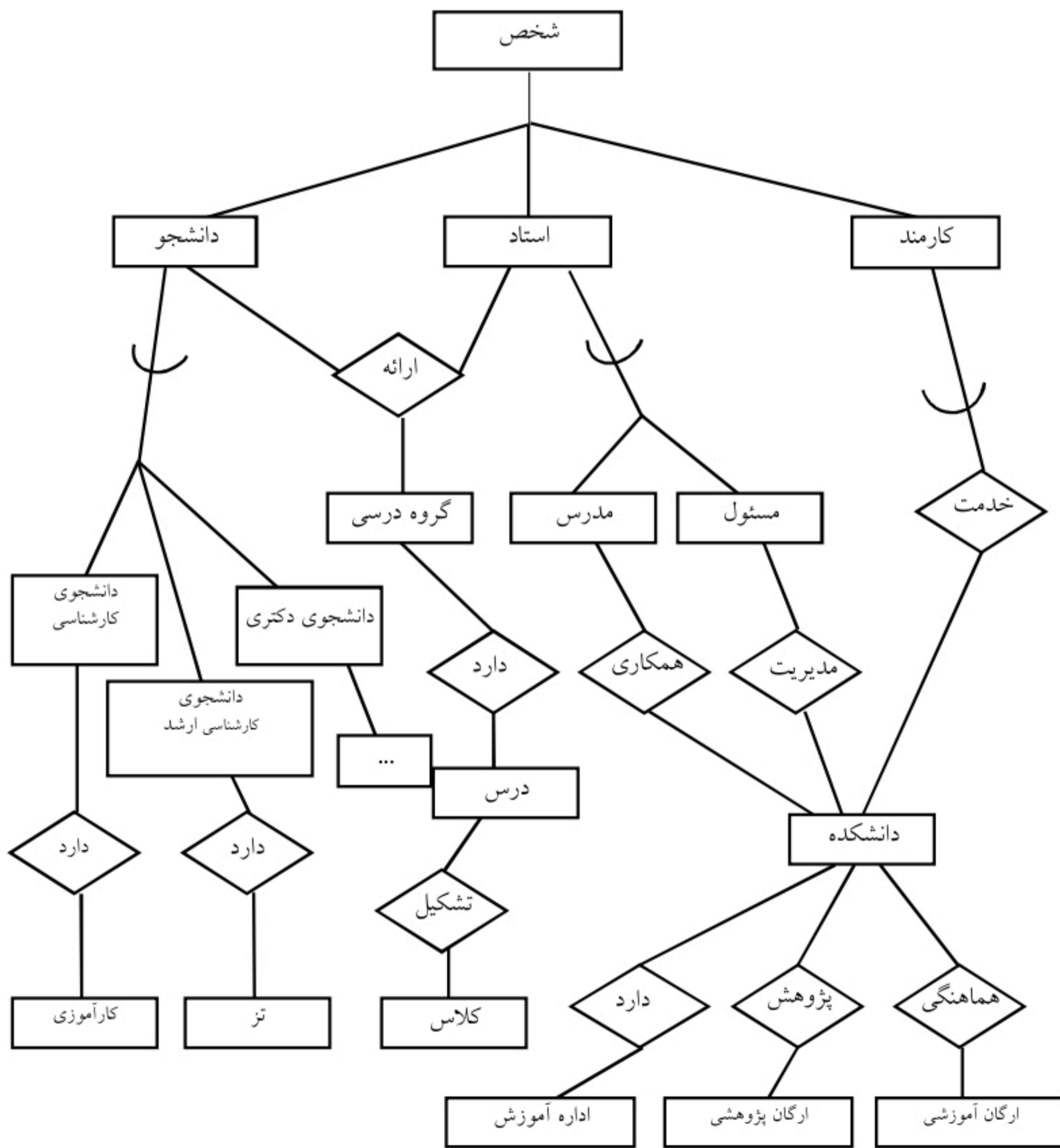
شکل ۲-۳۰. نمودار پایگاهداده دانشگاه

۲. برای رسم نمودار EER دو مرحله زیر را باید در نظر گرفت:

الف) سیستم پایگاهداده را به چند زیر سیستم تقسیم کرد، هر زیرسیستم را جداگانه طراحی و سپس آنها را بهم مرتبط کرد.

ب) برای طراحی هر زیرسیستم باید قدم به قدم عمل کرد، یعنی ابتدا باید از پدیده‌ها و ارتباط‌های اصلی شروع کرد و به تدریج آن‌ها را بسط داد.

نمودار کامل پایگاهداده دانشگاه در مدل EER در شکل ۳۱-۲ آمده است. به منظور خوانا ترشدن نمودار، صفت‌ها را حذف کرده‌ایم. این صفت‌ها در شکل ۳۱-۲ آمده‌اند. مفاهیمی چون انواع دانشجو و اساتید مسئول را نیز گنجانده‌ایم.



شکل ۲-۳۱. نمودار بخشی از بانک اطلاعات دانشگاه در مدل EER

خوانندگان گرامی می‌توانند برای کامل‌کردن این نمودار به مشابه آن، در مدل رابطه‌ای به فصل اول مراجعه کنند.

## تمرین‌های تشریحی فصل دوم

۱. آیا کامپیوتر می‌تواند طراحی معنایی را انجام دهد؟ چرا؟
۲. مدل‌های EER و UML را از نظر کارایی باهم مقایسه کنید.
۳. برای هریک از موارد زیر نمودار EER را رسم کنید:
  - الف) پایگاهداده دفاتر فروش موبایل
  - ب) پایگاهداده تعاونی فروشنده‌گان و سایل خانگی
  - پ) پایگاهداده مرغداری
  - ت) پایگاهداده برگزاری امتحانات نهایی پیام‌نور
۴. برای هریک از موارد سؤال ۳ نمودار UML را رسم کنید.
۵. مفاهیم اصلی در مدل‌سازی UML را نام ببرید.
۶. انواع دام‌های پیوندی را نام ببرید.