

Uma análise comparativa de diagramas de entidade-relacionamento ¹**Canção Il-Yeol**

Drexel University

Mary Evans

USConnect

EK Park

US Naval Academy

O objetivo deste artigo é coletar um diagrama entidade-relacionamento amplamente usado (ERD) notações e assim seus recursos podem ser facilmente comparados, compreendidos e convertido de uma notação para outra. Coletamos dez notações ERD diferentes de livros de texto e ferramentas CASE. Cada notação é representada usando um comum problema e inclui uma discussão de cada característica e notação. De acordo com à nossa investigação, descobrimos que os recursos e notações do ERD são diferentes em sete recursos: se eles permitem relacionamentos n-ários, se eles permitem atributos em um relacionamento, como eles representam cardinalidade e participação restrições, o lugar onde eles especificam restrições, se eles representam tipos de entidade de subclasse sobrepostos e desarticulados, se eles mostram total / parcial especialização e se eles modelam a chave estrangeira no nível ERD. Nós concluir que muitos dos diagramas ER que estudamos são diferentes em como eles representam os critérios listados acima. Para converter um diagrama em outro, alguns as notações devem ser estendidas e cuidadosamente convertidas de uma notação em outro. Também discutimos as limitações das ferramentas CASE existentes em termos de capacidades de modelagem e diagramas de suporte.

Palavras-chave: Diagramas de Entidade-Relacionamento, ERD, design, modelagem, CASE

¹ A correspondência deve ser endereçada a Il-Yeol Song, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Informação, Drexel University, 32nd and Chestnut Streets, Philadelphia, PA 19104. Email: songiy@post.drexel.edu

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é coletar notações de diagrama de relacionamento de entidade (ERD) amplamente utilizadas e assim seus recursos podem ser facilmente comparados, compreendidos e convertidos de uma notação para outro. Os tipos de ERDs que examinamos neste artigo são aqueles usados em livros de banco de dados ou CASE Ferramentas usadas para o design de bancos de dados relacionais. Extraímos os recursos mais significativos de cada método e notação, em vez de comparar exaustivamente todas as características desses métodos.

O diagrama Entidade-Relacionamento tem sido amplamente utilizado em análises estruturadas e modelagem conceitual. A abordagem ER é fácil de entender, poderosa para modelar o mundo real problemas e prontamente traduzidos em um esquema de banco de dados. O ERD vê que o mundo real consiste em uma coleção de entidades comerciais, as relações entre elas e os atributos usados para descrevê-los. Outras semânticas de modelagem ER usadas pela maioria das metodologias incluem cardinalidade, participação e generalização. As construções semânticas típicas do modelo ER e seus as variações que consideramos neste artigo incluem os seguintes recursos:

- Um *tipo de entidade* representa um tipo de objeto distinguível. Na modelagem do mundo real, um tipo de entidade é um objeto de negócios importante que contém mais de uma propriedade. Vamos simplesmente chamar uma entidade, em vez de um tipo de entidade, como na prática. Um *fraco entidade* é um tipo especial de entidade cuja existência depende de outra entidade chamada de entidade proprietária. Essa dependência é chamada de dependência de existência. Assim, um entidade fraca não tem seu próprio identificador. Portanto, o identificador de uma entidade fraca é uma combinação do identificador da entidade proprietária e a chave parcial do entidade fraca.
- Um *tipo de relacionamento* representa uma associação entre ou entre várias entidades. Na modelagem do mundo real, um relacionamento representa uma associação que precisa ser lembrado pelo sistema de banco de dados. Vamos simplesmente chamar de relacionamento, em vez de tipo de relacionamento. Um tipo de relacionamento pode ser unário, binário ou n-ário, dependendo se o número de entidades envolvidas no relacionamento é 1, 2 ou mais de 2.
- Um *atributo* é uma propriedade usada para descrever uma entidade ou relacionamento. Observação

que alguns métodos não permitem um atributo em um relacionamento. Um atributo que é uma chave primária de outra relação é chamada de *chave estrangeira*.

- Uma restrição de *cardinalidade* especifica o número de instâncias de relacionamento em que uma entidade pode participar. Eles estão na forma de 1: 1, 1: N, M: N, em binário relacionamentos e 1: 1, 1: 1: N, 1: N: M e M: N: P em relacionamentos ternários. este restrição corresponde à cardinalidade *máxima* em algumas notações.
- Uma restrição de *participação* especifica se uma instância de entidade pode existir sem participar de um relacionamento com outra entidade. Esta restrição corresponde a restrições *mínimas* em algumas notações. *Total (ou obrigatório)* e *parcial (ou opcional)* a participação são os dois tipos de participação. Existe participação total quando uma instância de entidade não pode existir sem participar de um relacionamento com outra instância de entidade. A participação parcial existe quando a instância da entidade pode existir sem participar de um relacionamento com outra instância da entidade. Alguns métodos combinam cardinalidade e restrições de participação e os representam usando

restrições mínimas e máximas na forma de notação (min, max).

• *Generalização / especialização* especifica relacionamento de superclasse e subclasse entre os tipos de entidade. Em uma hierarquia de generalização / especialização, existem dois restrições - disjuntas e completas [1]. A restrição disjunta especifica se um entidade pode aparecer em mais de uma entidade de subclasse (sobreposição) ou não (disjunta). Diz-se que a especialização permite a sobreposição se uma instância de entidade no super classe pode aparecer em várias entidades de subclasse. Caso contrário, as subclasses são disjuntas. A segunda restrição é a restrição de completude. Especifica se uma instância de entidade de superclasse pode existir sem pertencer a pelo menos um entidade de subclasse (especialização parcial) ou não (especialização total).

Notamos que discutimos apenas os construtos acima, que são amplamente discutidos na literatura e ferramentas CASE. Não discutimos construções mais especializadas, como categoria ou agregação, que são discutidos apenas no livro de Elmasri e Navathe [1]. Também excluímos as notações ERD que tem o nome de orientado a objetos. Para a comparação de ERD e notações orientadas a objetos, consulte Kushner, Song e Whang [2], e para a comparação de várias notações para orientação a objetos análise, consulte Lind, Song e Park [3]. Também excluímos a variação de ERDs que são

modificado para incluir recursos orientados a objetos, como modelo de relacionamento de entidade complexo [4] ou Modelo ERC + [5].

Uma variedade de notações ERD foi desenvolvida para representar os conceitos acima. Alguns eles permitem relacionamentos n-ários enquanto outros não. Algumas notações permitem que os atributos sejam modelado em relacionamentos. Alguns deles representam cardinalidade e restrições de participação separadamente, enquanto outros usam notações mín. / máx. combinando cardinalidade e participação restrições. Alguns deles especificam as restrições de cardinalidade em todo o relacionamento, enquanto outros perto da entidade. Os autores de livros de texto de banco de dados e ferramentas CASE usam diferentes notações ERD. Isso causa maior confusão e dificuldade para designers e usuários novatos de banco de dados, e torna o Diagrama ER menos transferível entre autores, livros e ferramentas CASE. Portanto, neste artigo coletamos dez notações ERD amplamente utilizadas em vários livros e ferramentas CASE. Baseado em nossa investigação, nós os comparamos / contrastamos pelos seguintes sete pontos:

- 1) A maneira como eles permitem relacionamentos n-ários ou não (ver Seção 2.1)
- 2) A forma como eles representam cardinalidade e restrições de participação ou notações mín / máx. (consulte a Seção 2.2)
- 3) O *local* onde especificam as restrições (consulte a Seção 2.3)
- 4) Um atributo mostrado anexado a um relacionamento,
- 5) Chaves estrangeiras modeladas no nível ERD,
- 6) Tipos de entidades de subclasse sobrepostas e disjuntas descritas, e
- 7) Especialização completa e parcial

Os dez métodos selecionados são Chen [6], DDEW [7] ou Teorey [8], Elmasri & Navathe [1], Korth & Silberschatz [9], McFadden & Hoffer [10], Batini, Ceri, & Navathe [11], Oracle CASE * Métodos [12], Engenharia da Informação [13], IDEF1X usado em ERWin [14] e Bachman [15, 16].

Um exemplo de situação é descrito para discutir e ilustrar cada técnica ERD.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta as definições que precisa de ilustração, e a Seção 3 ilustra os dez modelos ERD que são representados para a amostra problema de banco de dados. A seção 4 resume e avalia as diferenças dessas notações ERD. A seção 5 conclui nosso artigo.

2 TERMINOLOGIA

Nesta seção, ilustramos os seguintes três pontos diferentes de diagramas ER:

- como eles representam relacionamentos n-ários em modelos binários;
- *onde* representam cardinalidade e restrições de participação;
- como eles representam cardinalidade e restrições de participação.

2.1 Modelos Binários vs. Modelos N-ários

Alguns métodos ERD são chamados de modelos binários, pois permitem apenas relacionamentos binários e não permite relacionamentos ternários ou superiores. Em modelos binários, cada objeto que teria um atributo é considerado uma entidade. Assim, os modelos binários não permitem um atributo em um relacionamento, e, portanto, não use um símbolo, como um diamante, para representar um relacionamento (ver Figura 3 (d)). Nesses modelos binários, uma maneira de lidar com um relacionamento ternário é convertê-lo em uma entidade modelo. Em modelos binários, um relacionamento muitos-para-muitos com pelo menos um atributo não-chave também é convertido em um tipo de entidade.

Um relacionamento binário existe quando uma instância de uma entidade pode ser associada a uma instância de outra entidade associada. Uma relação ternária existe quando uma instância de uma entidade pode ser associado a um par de instâncias das outras duas entidades associadas. Essas três entidades as instâncias devem ser associadas ao mesmo tempo no relacionamento ternário. Por exemplo, o relação BORROW entre ESTUDANTE, REVISTA e LIVRO em um contexto de biblioteca não pode ser modelado como um relacionamento ternário porque um aluno não precisa pegar emprestada uma revista e um livro. Notamos que a interpretação de uma relação ternária é baseada em Teorey, Fry, & Yang [17]. Na Figura 1 (a), um par de um PROJETO e uma PARTE pode ser associado a P FORNECEDORES, um par de PROJETO e FORNECEDOR pode ser associado a N PARTES, e um par de uma PEÇA e um FORNECEDOR podem ser associados com M PROJETOS.

A Figura 1 mostra dois relacionamentos ternários e um conjunto de relacionamentos binários que simulam o relações ternárias. Ou seja, um único relacionamento ternário é substituído por três um para muitos relacionamentos. Na Figura 1 (a) SUPPLY é modelado como um relacionamento ternário e, portanto, o identificador do relacionamento SUPPLY é a combinação dos identificadores de três tipos de entidades participantes. Na Figura 1 (b) o relacionamento SUPPLY é convertido em uma entidade e, portanto, naturalmente, uma entidade SUPPLY

pode ter seu próprio identificador de atributo único. A nova entidade é chamada de *entidade de interseção* ou *entidade associativa* ou *Gerund* [18, 10]. Observe que o novo gerúndio sempre tem muitos lados cardinalidade, independentemente da cardinalidade da relação ternária original, conforme mostrado na Figura 1 (b) e 1 (d).

No entanto, a semântica de um relacionamento ternário nem sempre é a mesma que três binários relações e o gerúndio [10]. Por exemplo, suponha que temos muitos para muitos para um relação conforme mostrado na Figura 1 (c). Ou seja, para um determinado par de PROJETO e PARTE, há é apenas um FORNECEDOR. Nos modelos binários, a Figura 1 (c) é representada como na Figura 1 (d). Observe que A Figura 1 (d) é idêntica à Figura 1 (b). Na Figura 1 (d), comparando com a Figura 1 (c), perdemos o semântica de que uma PEÇA utilizada por um PROJETO possui apenas um fornecedor. Existem outras diferenças entre relacionamentos binários e ternários [19, 20]. Jones e Song mostram que nem todo binário as representações das relações ternárias preservam a dependência funcional [20]. Isso implica que os modelos n-ários são semanticamente mais poderosos do que os modelos binários. Métodos que permitem n-ária relacionamentos e aqueles que permitem apenas relacionamentos binários estão resumidos na Tabela 1 na Seção 4

2.2 Notações Look Across & Look Here

Até onde sabemos, a terminologia *Look Across* and *Look Here* foi usada pela primeira vez por Ferg [21] para referem-se ao local onde as restrições de cardinalidade (máximo) ou de participação (mínimo) são especificado em diagramas ER. A cardinalidade e as restrições de participação podem ser especificadas por olhando para o relacionamento de outra direção ou olhando aqui primeiro. A cardinalidade restrições no exemplo (a) da Figura 2 mostra a notação Look Across e (b) mostra Look Here

Journal of Computer and Software Engineering, vol. 3, No.4 (1995), pp. 427-459

notação. Na notação Look Across, o fato de um funcionário trabalhar para apenas um departamento é representado pela colocação de 1 na relação WORKS FOR da entidade EMPLOYEE. In Look Aqui a notação, o fato de que um departamento pode ter muitos funcionários é especificado colocando N através do relacionamento WORKS FOR da entidade DEPARTMENT. A Figura 1 usa Look Across notação. A seção 4 resume os métodos que usam as convenções Look Across e Look Here.

2.3 Restrições de Cardinalidade e Participação

A restrição de cardinalidade representa o número *máximo* de instâncias de entidade que podem ou devem ocorrer a fim de participar do relacionamento. A restrição de participação representa o número *mínimo* de instâncias de entidade que devem ocorrer para participar do relacionamento. Assim, a restrição de participação representa a existência total (obrigatória) ou parcial (opcional) de uma instância de entidade no que se refere ao seu relacionamento com outra entidade.

A Figura 3 mostra várias notações ERD populares que representam a restrição de cardinalidade (uma funcionário pode trabalhar para um departamento e um departamento pode ter muitos funcionários) e o restrição de participação (um funcionário pode existir sem trabalhar para um departamento (parcial), mas departamento não pode existir sem ter um funcionário (total)).

Na Figura 3 (a) e (b), as restrições de cardinalidade usaram a notação Look Across, enquanto o as restrições de participação usaram a notação Look Here.

Na Figura 3 (a), a participação total é representada por um círculo fechado, enquanto parcial a participação usa um círculo aberto. Na Figura 3 (b), a participação total é representada por um duplo linha, enquanto a participação parcial é representada por uma única linha. Na Figura 3 (c), o pé-de-galinha

10

a notação com o diamante [18] é usada. Na Figura 3 (d), a notação de crowfoot sem o diamante é usado [13]. Na Figura 3 (e), a notação (min, max) é usada na convenção Look Here e, finalmente, em A notação da Figura 3 (f), (min, max) é usada na convenção Look Across [18].

Na Figura 3 (a) e (b), a cardinalidade e as restrições de participação são separadas, enquanto em 3 (c), (d), (e) e (f) eles são combinados na notação (min, max). Veja Ferg [21] para uma descrição mais detalhada discussão de várias restrições de cardinalidade e participação.

3 VÁRIAS NOTAÇÕES DE ERD

Nesta seção, mostramos as várias notações de ERD usadas em diferentes ferramentas e textos CASE livros. A descrição do problema do banco de dados de amostra é a seguinte:

O banco de dados do INSTITUTO DE PESQUISA rastreia seus funcionários, departamentos e projetos. O instituto de pesquisa é organizado por departamentos. Cada departamento tem um nome e número. Um departamento controla vários projetos. Cada projeto tem um nome, número e tipo de projeto. Cada projeto está usando zero ou mais peças fornecidas por qualquer número de fornecedores. Um fornecedor pode fornecer muitas peças para muitos projetos, mas deve fornecer em pelo menos uma parte de um projeto. Os projetos de pesquisa se subdividem em internos e externos. projetos financiados. Os projetos financiados são subdivididos por fundação e corporação. Cada a fundação e a corporação associada ao instituto são acompanhadas por conta. Cada conta armazena um nome, número, contrato e tipo de conta. O nome do funcionário, social o número de segurança e o tipo de funcionário são armazenados. Um funcionário pode ser atribuído a um departamento e pode trabalhar em vários projetos, controlados por mais de um departamento. O nome e o sexo do dependente são armazenados para cada funcionário. A maioria dos funcionários são subdividido em três tipos principais de empregados - pesquisa, técnico e secretário.

No exemplo descrito acima, os seguintes tipos de entidade e relacionamento são especificados:

- Os tipos de entidade são FUNCIONÁRIO, DEPARTAMENTO, PROJETO, DEPENDENTE, FORNECEDOR, PARTE e CONTA.
- Os tipos de relacionamento são WORKS FOR, WORKS ON, DEPENDENT OF, CONTROLES, PEDIDOS e PATROCINADORES.

Para as técnicas de identificação de tipos de entidade e tipos de relacionamento, consulte Song e Froehlich [22]. O tratamento de atributos, generalização, participação e cardinalidade variam mais com o estilos de cada técnica de modelagem de informações. As várias técnicas de estilo de modelagem são descrito nas seções a seguir.

3.1 Notação Chen

O diagrama de relacionamento entre entidades foi introduzido por Chen em 1976 [6]. A Figura 4 mostra o exemplo ERD usando a notação original de Chen com notação explícita para restrições de participação. Nisso ERD, as entidades são representadas por uma caixa e os tipos de relacionamento são simbolizados por um diamante. UMA o retângulo duplo e um diamante duplo representam um tipo de entidade fraca e um relacionamento fraco, respectivamente. Os atributos são representados por símbolos ovais. A cardinalidade "muitos" é indicada com o "N" próximo à caixa da entidade, enquanto um "1" indica "um". Círculos fechados representam participação total e os círculos abertos representam a participação parcial.

A notação de Chen original [6] tinha notações apenas para entidades, relacionamentos, atributos e cardinalidade, mas não usou generalização ou restrição de participação. Mais tarde Scheuermann, Schiffner e Weber adicionaram restrições de generalização, agregação e participação [23]. (Em restrição de participação, eles usam um círculo fechado para a participação total, mas não usam nenhuma notação para participação parcial. Usamos um círculo aberto para representar explicitamente a participação parcial.) A cardinalidade é representada pela notação Look Across. As restrições de participação usam Look Notação aqui. O ER Designer desenvolvido por Chen & Associates [18] suporta esta notação como

bem como notação (min, max), como mostrado na Figura 3 (f), e notação crowfoot, como mostrado na Figura 3 (c). Identificadores de entidade são representados por elipses duplas na notação de Chen [6].

3.2 Notação Teorey

A Figura 5 mostra o exemplo de ERD usado na notação de Teorey [17, 8]. Mesmo que sua notação foi usado pela primeira vez no projeto DDEW [7], chamamos de notação de Teorey uma vez que ele popularizou a notação através de seus artigos. A entidade é representada por uma caixa e recebe um nome exclusivo. Relação o tipo é representado por um diamante com o nome listado ao lado. A cardinalidade é mostrada sombreando o diamante de relacionamento. O lado múltiplo do diamante é sombreado, enquanto o outro lado não é sombreado.

12

Journal of Computer and Software Engineering, vol. 3, No.4 (1995), pp. 427-459

A generalização conecta os relacionamentos é-um com setas vazias. Uma entidade fraca é retratada com uma caixa rodeada de barras duplas. A relação ternária é representada por três entidades conectado com um diamante de relacionamento. ERDs nesta notação nem sempre mostram atributos. A participação total é mostrada com um ponto preto ou não é desenhada e é a sintaxe padrão. Parcial a participação é mostrada com um ponto vazio. Esta notação usa cardinalidade e participação restrições usando a notação Look Across. Restrições de desconexão e integridade não são suportado. Não encontramos nenhum exemplo de diagramas ER ilustrando o conceito de entidade identificadores do livro de Teorey [8]. Notamos que o novo livro de Teorey [24] usa a notação de Chen.

Observamos que, quando a restrição de participação é representada pela notação Look Across, a restrição de participação para relacionamento ternário não pode ser representada adequadamente. Na Figura 4, A entidade PROJECT tem participação parcial com relação ORDER. Na Figura 5, esta a participação não pode ser representada adequadamente no relacionamento ternário ORDER, uma vez que existem dois entidades em toda a entidade PROJETO. Isso implica que em modelos n-ários, as restrições de participação devem use a convenção Olhe aqui. Se quisermos usar a convenção Look Across para participação restrição, devemos usar os modelos binários.

3.3 Notação Elmasri e Navathe

A Figura 6 mostra o ERD de exemplo usando a notação de Elmasri & Navathe [1]. A entidade é retratada por uma caixa e é atribuído um nome exclusivo. As restrições de cardinalidade são mostradas como 1 (um), N (muitos) ou M (segundo relacionamento em muitos para muitos). Uma entidade fraca é representada com uma caixa cercado com barras duplas. O relacionamento ternário é representado por três entidades. Atributos são mostrados com um círculo rotulado de elipses com uma linha desenhada na entidade a que pertence. A entidade identificador é distinguido com uma linha desenhada sob o nome do atributo. A notação distingue um atributo de valor único de um atributo de vários valores, um atributo composto e um derivado atributo. Atributos de valor múltiplo são mostrados com um círculo duplo semelhante a um ovo. Um atributo derivado é mostrado como um círculo de elipse pontilhado. A participação total é mostrada com uma linha dupla de relacionamento entre uma entidade e seu relacionamento associado, enquanto a participação parcial é mostrada com um único linha. As restrições de cardinalidade usam a notação Look Across e as restrições de participação usam Look Notação aqui.

Na generalização / especialização, tanto as restrições disjuntas quanto as restrições de completude estão totalmente representados. As subclasses disjuntas são representadas com um símbolo " d " em um círculo.

As subclasses sobrepostas são representadas com uma conexão entre a superclasse e as subclasses com o símbolo da letra "o" em um círculo. Um arco conecta o círculo a qualquer tipo de subclasse descrita acima. A especialização total é representada por uma linha dupla e a especialização parcial é representado por uma única linha da superclasse ao círculo com "d" ou "o". Opcionalmente, um pode ser mostrado o atributo discriminante que classifica as subclasses. Notamos que Elmasri e Navathe discutir a noção de categorização que foi proposta pela primeira vez por Elmasri, Weddreyer e Hevner [25]. A categorização é uma subclasse construída a partir de duas superclasses diferentes. É mostrado com um conexão entre as superclasses para a subclasse com um símbolo U em um círculo. Nós não discuta a categoria neste artigo, uma vez que não é suportada por nenhum outro método ERD discutido neste artigo. Entre as notações ERD comparadas neste artigo, a notação de Elmasri e Navathe é o mais semanticamente rico em termos de componentes e restrições de modelagem.

3.4 Notação Korth e Silberschatz

A Figura 7 mostra o ERD de exemplo usando a notação de Korth & Silberschatz [9]. Tipos de entidade são representado como retângulos. Os atributos são simbolizados como elipses. Tipos de relacionamento são representado como diamantes. As entidades são vinculadas a atributos com linhas. Entidade e relacionamento os tipos são vinculados por linhas. A cardinalidade é diferenciada entre a entidade e relacionamento por uma linha direcionada (seta) para um lado ou uma linha não direcionada para representar muitos lado. A restrição de cardinalidade usa a notação Look Across. Generalização / especialização é mostrada com um triângulo rotulado com ISA. Isso une a entidade de nível superior à entidade de nível inferior. Enquanto A generalização (que não permite a sobreposição entre os tipos de subentidades) usa linhas grossas entre o triângulo ISA e cada entidade, especialização (que permite a sobreposição entre os tipos de subentidades) usa as linhas finas regulares. A participação não é retratada na notação de Korth & Silberschatz. Portanto, a restrição de integridade em uma hierarquia de generalização não é suportada. Não há notação usada para identificadores de entidade.

3.5 Notação McFadden e Hoffer

A Figura 8 mostra o ERD de exemplo usando a notação de McFadden & Hoffer [10]. Tipos de entidade são representado como retângulos. Os atributos são simbolizados como elipses. Tipos de relacionamento são representado como diamantes. As entidades são vinculadas a atributos com linhas. Entidade e relacionamento os tipos são vinculados por linhas. Uma restrição de cardinalidade é representada por uma barra de um lado e crowfoot para muitos cardinalidade. Relações ternárias são permitidas neste método. UMA

restrições de participação representadas por "1" para total e "0" para parcial. Cardinalidade e as restrições de participação usam a notação Look Across usando a forma (min, max). Observe que neste método, usamos um gerúndio para representar o relacionamento ternário ORDER. A razão é que um restrição de participação na convenção LOOK ACROSS não pode ser representada em um ternário relação. Ao converter a relação ternária em um gerúndio, podemos representar o restrição de participação da entidade PROJETO.

A hierarquia de generalização é mostrada com uma caixa redonda rotulada com ISA. Isso se junta ao entidade da superclasse para a entidade de nível inferior. Restrição disjunta é representada por um arco conectando linhas para entidades de subclasse. A especialização parcial nesta notação pode ser representada adicionando um retângulo vazio que implica uma entidade de subclasse não designada. Curiosamente, McFadden e Hoffer [10] não discutem o conceito de entidade fraca ou entidade dependente.

3.6 Notação BATINI, CERI e NAVATHE

A Figura 9 ilustra o exemplo de ERD no estilo de notação de Batini, Ceri e Navathe [11]. Entidade os tipos são representados como retângulos. Os atributos são simbolizados como pequenos círculos com uma linha conectada à sua entidade e seu nome de atributo rotulado ao lado dela. Os atributos da chave primária são mostrados com o círculo preto enquanto outros são mostrados com um círculo aberto. Para entidades com um composto chaves primárias, uma linha e um círculo preto são desenhados entre os atributos que compõem o primário chave. Os tipos de relacionamento são representados como diamantes. Entidades estão vinculadas a atributos com linhas. Os tipos de entidade e relacionamento são vinculados por linhas. A cardinalidade é indicada pelo caracteres "0" (zero), "1" (um) e "N" (muitos). Restrições de participação e cardinalidade são combinados na forma (min, max), como (0, N) ou (1,1), respectivamente. Veja aqui a notação é usado para restrições de cardinalidade e participação. Generalização e especialização são mostrado com uma seta direcionada que une a entidade de nível inferior à entidade de nível superior. Eles fazem não distinguir entre disjuncto e sobreposição entre subentidades na hierarquia. Ternário relacionamentos são permitidos neste método. A interpretação das relações ternárias usando Look Aqui, a notação precisa ser elaborada. Na Figura 9, um projeto pode ter mínimo zero e máximo muitos pedidos; um fornecedor (peça) tem no mínimo um e no máximo muitos pedidos. O ternário semântica de Batini, Ceri e Navathe implica a cardinalidade quando uma relação ternária é convertido em um gerúndio. Observe que esta interpretação é diferente de Chen, Teorey e Elmasri & Navathe usado. Este último usado "para um par de fornecedor e uma peça, há zero ou muitos

projetos. "Notamos que a notação de entidade fraca não é diretamente representada como em outros métodos mas eles estão implícitos em uma chave primária composta conectada por meio de dois tipos de entidade.

3.7 Notação CASE * METHOD da Oracle

A Figura 10 mostra o ERD de exemplo usando a notação CASE * METHOD da Oracle [12]. este método pertence a um modelo binário que não permite que uma relação n-ária e um atributo seja mostrado em um relacionamento. Portanto, um relacionamento é apenas representado por uma linha. Tipo de entidade é representado como uma caixa com o nome da entidade em maiúscula e seus atributos estão listados abaixo na parte inferior caso. O tipo de relacionamento é mostrado como uma linha entre as entidades associadas. Restrições de cardinalidade use Look Across e as restrições de participação usam a notação Look Here. Muitas cardinalidades são indicado com pés de galinha no final da linha. Uma única linha representa uma cardinalidade. O restrição de participação é chamada opcionalmente, e o termo obrigatório / opcional é usado em vez de total / parcial. A participação total é mostrada como uma linha sólida, enquanto uma linha pontilhada indica parcial participação. Nomear cada extremidade do relacionamento reflete a participação e identifica o associação entre as entidades. Atributos opcionais, cujo valor pode ser nulo, são ilustrado por um pequeno 'o' na frente do nome do atributo. Atributos obrigatórios, cujo valor é sempre necessários, são indicados por um pequeno '*' antes do nome. Um identificador único é o chave primária que identifica cada instância única na entidade. As chaves primárias são representadas com um '#' antes do atributo que contribui para o identificador.

Os subtipos de entidade da subclasse são mostrados como uma caixa interna dentro do tipo de entidade da superclasse. Restrições disjuntas e restrições de completude em uma hierarquia de generalização não são explicitamente discutido em [12]. O Oracle CASE * METHOD oferece suporte a relacionamentos mutuamente exclusivos entre uma entidade e duas relações, e são mostradas com um arco com o ponto preto cruzando-se mutuamente relacionamento exclusivo termina. Nesta situação, uma instância de entidade pode ser associada a apenas um dos os dois relacionamento mutuamente exclusivo. A notação de relacionamento mutuamente exclusiva pode ser usada para simular subclasses disjuntas. Por exemplo, na Figura 10, usamos um arco exclusivo para representar as subclasses disjuntas, como na Figura 6-3 de [12].

Na Figura 10, representamos o relacionamento ternário, convertendo-o em um tipo de entidade (chamada entidade de interseção) e adicionar uma relação binária entre a entidade de interseção e outras entidades. Observe que a noção de entidade fraca não é representada diretamente no Oracle Método CASE *. Em vez disso, pode ser simulado por uma barra e um pequeno diamante. Um bar em muitos lados

entidade representa a situação em que a chave primária de entidade unilateral contribui com o identificador de a entidade de muitos lados. O diamante representa a intransferibilidade, o que significa que a entidade em muitos lados, uma vez conectado, não pode ser reconectado a outra entidade em um lado. Está Propriedade é semelhante à dependência de existência na modelagem ER típica. Relacionamentos muitos para muitos são permitidos, mas geralmente são decompostos em dois relacionamentos um-para-muitos. Limites qualificados de grau são representados por =, >, >, <, < para definir restrições de cardinalidade.

3.8 Notação de Engenharia da Informação

O método de Engenharia de Informação (IE) foi originalmente desenvolvido por Martin & Finklestein. Era posteriormente revisado por Martin [13]. Nossa discussão é baseada principalmente na notação revisada de Martin [13]. O método IE também é um método binário que não permite uma relação ternária nem mostra atributos relacionados a um relacionamento. Ambas as restrições de cardinalidade e participação são combinados na notação mín. / máx. (barra e pé-de-cabra) e são representados com o Look Across convenção.

A Figura 11 mostra o ERD de exemplo usando a notação de Engenharia da Informação. Entidade tipo é representado como uma caixa. O relacionamento é mostrado como uma linha conectando dois associados entidades e dado um nome. A cardinalidade é descrita da seguinte forma:

um e somente um	Duas barras no final da linha ou barra única
zero ou um	Ponto vazio e uma barra
um ou mais	Uma barra e pé de cabra
zero, um ou mais	Ponto oco e pé de galinha
mais de um	Crowfoot.

A relação entre tipos de entidades mutuamente exclusivas é representada por um ponto preto (Veja a Figura 11). Os subtipos de entidade são criados quando eles têm associações diferentes com outra entidade tipos. Os subtipos de entidade são mostrados em caixas internas dentro do tipo de entidade da superclasse e subdivididos por linhas sólidas. A linha sólida representa subclasses disjuntas. A sobreposição de subclasses pode ser representado usando uma linha tracejada entre duas subclasses. Uma caixa de subtipo em branco indica que existem outros subtipos não mostrados no diagrama entidade-relacionamento, mostrando uma especialização. Quando a hierarquia de especialização é complexa, um diagrama de decomposição também pode ser usado. Em vez de usar caixas internas para subclasses, eles são modelados como retângulos (entidades)

Journal of Computer and Software Engineering, vol. 3, No.4 (1995), pp. 427-459

fora da superclasse e conectado por linhas. As subclasses disjuntas são representadas por um ponto preto. Isso é ilustrado nas subclasses FOUNDATION e CORPORATE na Figura 11. Um círculo aberto é adicionado próximo ao ponto preto quando nem todas as instâncias de entidade da superclasse participam de um dos subclasses, mostrando uma especialização parcial.

As ferramentas CASE populares que usam a notação do IE são IEF [26] e ADW [27]. No ADW, eles usam o termo entidade *fundamental* para entidade regular em outros métodos, a entidade *associativa* para uma entidade convertida de relacionamento, e a entidade de *atributo* para dependente que serve para descrever outro tipo de entidade. No método IE, os atributos geralmente não são mostrados diretamente no Diagrama ER, mas eles são inseridos em um dicionário de dados. Como afirmado anteriormente, as informações método de engenharia é uma técnica de modelagem binária. Portanto, este método não permite um relacionamento ter um atributo. Os atributos pertencentes a relacionamentos um-para-muitos são modelados sob o tipo de entidade de muitos lados. Quando um relacionamento muitos para muitos tem pelo menos um atributo descritivo, o relacionamento é modelado como um tipo de entidade. ADW chama este novo tipo de entidade de associativo entidade e adiciona um diamante dentro do retângulo. (Veja WORKS_ON na Figura 11). Observe que em neste caso, a entidade associativa sempre tem muitos lados. Uma vez que o IE não permite um ternário relacionamento também, o relacionamento ORDER no ERD de amostra foi representado como um associativo entidade na Figura 11. No método IE, como no método CASE * Oracle, entidades fracas não são diretamente representado. No entanto, a dependência do identificador pode ser mostrada no IEF [26]. No IEF, podemos sobrepõe um I perto da entidade dependente para representar o fato de que o identificador do entidade dependente é a combinação da chave parcial da entidade dependente e o identificador de o outro tipo de entidade do lado (consulte DEPENDENTE na Figura 11).

Observamos que a notação do IE mostra os nomes de relacionamento em ambas as direções. Uma etiqueta acima de um linha horizontal é usada quando a relação é lida da esquerda para a direita. Uma etiqueta abaixo de uma horizontal linha é usada quando o relacionamento é lido da direita para a esquerda. Na Figura 11, no entanto, não usamos a prática de nomenclatura bidirecional do método IE para não criar rótulos adicionais.

3.9 IDEF1X Information Model Notation

A Figura 12 mostra o ERD de exemplo usando a notação IDEF1X Information Model [14]. IDEF1X é um modelo binário que não permite relacionamentos n-ários ou relacionamentos muitos-para-muitos com atributos não-chave. Assim, em IDEF1X, qualquer objeto com pelo menos um atributo de suporte de informação é modelado como um tipo de entidade. O tipo de entidade regular é chamado de *entidade independente*. Isto é

Journal of Computer and Software Engineering, vol. 3, No.4 (1995), pp. 427-459

representado por uma caixa fechada com o nome da entidade na parte superior. Os atributos da entidade são listado dentro da caixa. As chaves primárias estão listadas na seção superior da caixa. Os dados (não atributos de chave primária) são indicados na seção inferior da caixa. Entidades independentes ou pai entidades são entidades que não dependem de outra entidade para sua identificação. Isto é representado

com uma caixa de canto quadrada. No IDEF1X, a maioria dos relacionamentos são um para um, um para muitos ou relacionamentos muitos para muitos sem atributos não-chave. Sempre que um muitos para muitos relacionamento tem pelo menos um atributo não-chave, é modelado como um tipo de entidade denominado associativo entidade. Um relacionamento ternário também é modelado como uma entidade associativa como na Figura 1. *Dependente entidade* ou *entidade* filha depende de outra entidade para sua identificação. Uma entidade dependente é representado por uma caixa com cantos arredondados. As convenções de notação de atributo IDEF1X são detalhadas abaixo:

atributo (FK)	Chave Estrangeira
nome-da função.atributo (FK)	Nome da função (novo nome para FK)
atributo (AKn)	Chave alternativa
atributo (IEn)	Entrada de inversão (identificador de acesso não exclusivo)
grupo (c1, c2, c3)	Atributo de grupo
atributo (fk1, fk2) (FK)	FK unificado.

A notação de relacionamento é subdividida em associações de *identificação* e *não identificação* entre entidades. Um relacionamento de identificação é um relacionamento em que todos os atributos de chave primária da entidade pai torna-se parte dos atributos-chave primários da entidade filha. Isso simula o noção da entidade fraca do modelo ER. Um relacionamento de não identificação é um relacionamento em em que a chave primária da entidade pai não se torna parte da chave primária da entidade filha entidade, mas uma chave estrangeira na entidade filha. Uma relação de identificação é mostrada como uma linha sólida conectar entidades enquanto um relacionamento de não identificação é representado por uma linha pontilhada.

No IDEF1X, a restrição de cardinalidade e a restrição de participação são combinadas em estilo de restrição mín. / máx. Essas restrições mín. / Máximas são representadas usando o Look Across notação. Ambos os símbolos gráficos e notações textuais são usados para representar o min / max restrições. A linha única, sólida ou pontilhada, representa EXATAMENTE UM. O ponto fechado representa ZERO OU MAIS. O ponto fechado com P próximo ao ponto representa UM OU MAIS. O N representa EXATAMENTE N. O Z perto do ponto representa ZERO OU UM.

Observe que IDEF1X distingue entre relacionamentos de identificação e não identificação.

Identificar relacionamentos sempre começa com cardinalidade exatamente como na entidade EMPLOYEE para Entidade DEPENDENTE na Figura 12, uma vez que a chave primária da entidade pai sempre se torna uma parte da chave primária da entidade filha. No entanto, em relacionamentos não identificadores, o principal A chave da entidade pai não se torna parte da chave primária da entidade filha. Em vez disso simplesmente se torna uma chave estrangeira na entidade filha. Assim, a entidade controladora pode ou não participar do relacionamento com a entidade filha. Para este problema, IDEF1X usou um pouco diamante para representar a participação opcional de ZERO OU UM. Isso é ilustrado em Entidade DEPARTAMENTO, o que significa que um funcionário pode ter zero ou um departamento.

IDEF1X pode distinguir entre subentidades sobrepostas e disjuntas em uma generalização. Ele também pode distinguir entre uma classificação completa e uma incompleta de subentidades. A sobreposição é representada por várias linhas de classificação da superentidade (por exemplo, FUNCIONÁRIO e PROJETO na Figura 12), enquanto disjunto é representado por uma única linha do super entidade (por exemplo, PROJETO FINANCIADO). Uma única linha abaixo de um círculo especifica um parcial especialização (o que significa que nem todas as categorias são mostradas), enquanto a linha dupla especifica uma especialização (o que significa que todas as categorias são mostradas). IDEF1X modela diretamente chaves estrangeiras em o nível ERD. Esta notação é usada na ferramenta ERWin CASE.

3.10 Notação de Bachman

A Figura 13 mostra o exemplo de ERD usando a ferramenta Bachman Case da notação de Bachman [16].

O método de Bachman também é um modelo binário. Uma entidade é representada por uma caixa. O relacionamento é representado como uma linha conectando as entidades associadas. O relacionamento recebe uma frase para descrever a associação em ambas as extremidades da linha. As restrições de cardinalidade usam a notação Look Across e as restrições de participação usam a notação Olhe aqui. A cardinalidade é mostrada por uma seta para muitos e uma única linha para um. Um círculo aberto no final de um relacionamento mostra a participação opcional entre qualquer par de instâncias de entidades associadas. Um círculo preenchido ou preto indica um relacionamento obrigatório entre qualquer par de instâncias das entidades. Quando um muitos para muitos relacionamento não tem um atributo não chave, o relacionamento é representado como uma linha. Quando um O relacionamento muitos para muitos possui um atributo não chave, é modelado como um tipo de entidade. Os papéis de atributos são anotados na frente de seus nomes da seguinte maneira:

PK	Chave primária
FK	Chave estrangeira

20

Página 21

	<i>Journal of Computer and Software Engineering</i> , vol. 3, No.4 (1995), pp. 427-459
PFK	Chave primária e chave estrangeira
eu	Atributo herdado da entidade da superclasse

Observe que na Figura 12, um relacionamento ternário foi representado em duas etapas. Primeiro, muitos- relacionamento para muitos entre o FORNECEDOR e a PARTE foi modelado como uma entidade associativa SUPPLIED_PART. Então, há uma relação muitos-para-muitos entre PROJECT e FORNECIDO-PEÇA.

Na notação de Bachman, uma subclasse é representada como uma caixa interna dentro da superclasse. O notação, no entanto, não representa restrições de desconexão ou completude em uma especialização hierarquia. Gane [12] também usa a mesma notação de Bachman. No entanto, Gane representa relacionamentos mutuamente exclusivos conectando cada tipo de subentidade com um arco. Os subtipos de entidade são mostrado dentro de caixas internas. O método de Bachman, como em IDEF1X, modela diretamente as chaves estrangeiras no Nível ERD. Um pequeno diamante perto da seta (muitos lados) representa o fato de que a chave primária de a entidade de um lado é usada como uma chave estrangeira na entidade de muitos lados.

4 ANÁLISE DE NOTAÇÕES

Na Seção 4.1, resumimos as características de dez métodos ERD discutidos neste artigo. Nós promovemos analisar esses recursos na Seção 4.2 e discutir as limitações das ferramentas CASE usando ERDs em Seção 4.3.

4.1 Resumo dos Métodos ERD

Os critérios que usamos para comparar os métodos ERD incluem relacionamentos binários ou n-ários, relacionamentos com ou sem atributos, cardinalidade e restrições de participação, Look Across e Veja aqui as notações, as restrições de desconexão e completude na generalização / especialização e a modelagem direta de chaves estrangeiras no nível ERD. A Tabela I classifica os modelos N-ários do binário relacionamentos. A Tabela II resume as várias formas de representar cardinalidade e participação restrições. A Tabela III distingue métodos ERD que modelam chaves estrangeiras no nível ERD. A Tabela IV resume todos os recursos em detalhes.

N-ário	Chen; Teorey; Elmasri & Navathe; Korth & Silberschatz; McFadden e Hoffer; Batini, Ceri e Navathe
Binário	Métodos Oracle CASE *; Engenharia da Informação; IDEF1X; Bachman

Tabela I Notações binárias versus N-árias

As restrições de cardinalidade e participação podem ser representadas como notação (Min, Max).

(Min, Max) Olhe aqui	Batini, Ceri e Navathe.
(Mín, Máx) Olhe para o outro lado	Teorey1; McFadden e Hoffer; Em formação Engenharia; IDEF1X.
Restrições de participação: veja aqui	Chen; Elmasri & Navathe; Oráculo
Restrições de cardinalidade: Look Across	Método CASE *; Bachman.

Restrições de cardinalidade: Look Across	Korth & Silberschatz.
Sem notação de restrição de participação	

Tabela II: Cardinalidade e participação versus restrições (mín., Máx.)
 1 A participação total não é mostrada.

Nenhuma chave estrangeira Gien; Teorey; Elmasri & Navathe; Korth & Silberschatz; McFadden

Nível ERD & Hoffer; Batini, Ceri & Navathe; Método Oracle CASE *;
Engenharia da Informação.

Modelagem Esqueceram DEFIX, Bachman.

Chave no nível ERD

Tabela III: Modelagem de chave estrangeira no nível ERD

4.2 Análise de Métodos ERD

Descobrimos que a maioria dos métodos ERD usados em livros didáticos e ferramentas CASE podem ser claramente classificados como modelos binários ou modelos n-ários.

As seguintes características resumem os modelos binários examinados:

- Qualquer objeto com um atributo portador de informação torna-se uma entidade,
- Relações ternárias não são permitidas,
- Atributos em um relacionamento não são permitidos,
- Símbolos (por exemplo, um diamante) não são usados para um relacionamento,
- Relacionamentos muitos para muitos são permitidos em um estágio de análise anterior, mas são incentivados a ser decomposto em dois relacionamentos um-para-muitos,
- Relacionamentos muitos para muitos com atributos não-chave e relacionamentos ternários são convertidos em tipos de entidade chamados entidades de interseção ou entidades associativas.

As características dos modelos n-ários, acima de tudo, são naturais e permitem a modelagem direta de relacionamentos ternários e relacionamentos muitos para muitos. Por exemplo, quando um muitos-para-muitos ou um relacionamento ternário não precisa de um identificador único, não temos que criar uma entidade artificial como em modelos binários. Conforme discutido na Seção 2.1, os modelos binários têm pelo menos dois pontos fracos. O primeiro é que ele não pode representar a semântica das relações ternárias corretamente quando o relacionamentos ternários não são muitos para muitos. O segundo é que nem todo binário representação de relacionamentos ternários são preservadores de dependência funcional [20]. Rigoroso análise de relações binárias e relações ternárias pode ser encontrada em Song & Jones [19, 20] e Jones & Song [28]. As duas vantagens dos modelos binários são (1) a distinção entre entidades e relacionamentos são claros, uma vez que qualquer objeto com pelo menos um atributo descritivo é um entidade; (2) a distinção entre binário e ternário é mais simples, uma vez que não há ternário relacionamentos.

Também descobrimos que há uma variedade de notações para cardinalidade e participação restrições. Descobrimos que os métodos ERD que usam a convenção Look Across para participação as restrições não podem representar corretamente a semântica de um relacionamento ternário. Veja a discussão em Teorey e McFadden e Hoffer's. Este problema pode ser resolvido convertendo um ternário relacionamento em um gerúndio.

Journal of Computer and Software Engineering, vol. 3, No.4 (1995), pp. 427-459

Métodos ERD que não modelam chaves estrangeiras diretamente no nível ERD precisam de uma etapa extra para converter ERDs em um esquema relacional. Métodos ERD que modelam diretamente as chaves estrangeiras no nível de ERD precisa de mais esforço na fase de análise, mas podem ser prontamente convertidos em um esquema relacional.

Uma notação não pode ser forçada sobre outra. Cada notação oferece suas próprias vantagens e desvantagens. Existem muitas variações do mesmo método de modelagem e é útil saber como converter de uma notação para outra. Para converter de uma notação para outra, método menos poderoso deve ser estendido por conceitos e notações. No entanto, a semântica de as construções semelhantes devem ser interpretadas com cuidado e documentadas por restrições adicionais. Para Por exemplo, a noção de entidade fraca é apoiada nas notações de Chen e Elmasri e Navathe. A entidade fraca não implica apenas dependência de ID (a chave primária da entidade fraca é o combinação da chave primária da entidade pai e chave parcial da entidade fraca), mas também suporta dependência de existência (sempre que uma instância da entidade pai é removida, o as instâncias de entidade fraca associadas devem ser removidas). Os métodos IE e IDEF1X suportam apenas Dependência de ID, que pode ou não incorrer em dependência de existência. Oracle CASE * METHOD suporta dependência de ID e intransferibilidade, o que pode ser considerado semelhante ao noção de entidade fraca. A decisão sobre qual notação usar deve ser decidida com base em conhecimento do modelador de dados para a notação selecionada, histórico de modelagem corporativa e o disponibilidade de ferramentas CASE. No entanto, o padrão de muitas organizações é ficar com um ERD metodologia por causa do investimento em software CASE, desenvolvimento de aplicativos e treinamento de pessoal de sistemas.

4.3 Ferramentas CASE para Métodos ERD

A maioria das ferramentas CASE que suportam a modelagem de dados ainda suporta principalmente a edição de diagramas e em mais a identificação de restrições de cardinalidade. Eles ainda não têm a capacidade de verificar o exatidão do diagrama na semântica dos domínios de aplicação. Por exemplo, eles não dê qualquer pista se um relacionamento ternário ou um conjunto de relacionamentos binários deve ser usado. Eles fazem também não identifica relacionamentos redundantes e não otimiza ERDs. Para esses problemas, a maioria das ferramentas CASE conta com o conhecimento do modelador de dados. As ferramentas CASE também precisam oferecer suporte a mais semântica de notações diversas para flexibilidade

Journal of Computer and Software Engineering, vol. 3, No.4 (1995), pp. 427-459

5. CONCLUSÃO

Neste artigo, comparamos dez notações diferentes para diagramas ER que são amplamente usados em livros-texto de banco de dados e ferramentas CASE para modelagem e projeto de bancos de dados relacionais. De acordo com em nossa investigação, descobrimos que os ERDs diferem com base no fato de permitirem relacionamentos n-ários;

se eles permitem atributos em um relacionamento; onde e como eles representam a cardinalidade e restrições de participação; como eles representam tipos de entidade de subclasse sobrepostos e separados; e se modelam chaves estrangeiras no nível ERD. O resultado dessas comparações foi resumido na seção acima. Cada diagrama foi explicado e ilustrado usando um comum domínio do problema.

Algumas áreas que precisam de mais pesquisas em modelagem ER incluem o desenvolvimento de mais modelagem heurística, a identificação e remoção de relacionamentos redundantes, otimização de ERDs, uso ideal da hierarquia de especialização (agora isso está no reino do banco de dados orientado a objetos design) e medidas objetivas de qualidade dos ERDs (ver [29], por exemplo). Este problema deve ser discutido no contexto das várias restrições de cardinalidade e participação e afins restrições de integridade.

De meados dos anos 70 até os anos 80, novas metodologias de relacionamento entre entidades oferecidas soluções semânticas para as deficiências das metodologias anteriores. Com a saturação de ER técnicas de modelagem na comunidade de pesquisa, novos métodos não são recebidos com tanto entusiasmo a menos que o designer de modelagem prove como seu novo método fornece mais poder semântico. Extensões para o diagrama entidade-relacionamento continuam a evoluir para incluir novos símbolos para modelar conceitos orientados a objetos. Alguns deles podem ter atributos não atômicos para modelagem objetos complexos [4, 5]. Alguns deles são estendidos para incluir novas semânticas para modelar o objeto conceitos orientados, como métodos, operações e mensagens [30]. Isso apenas reforça o flexibilidade e poder expressivo desta técnica de modelagem.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a muitos alunos da Universidade Drexel que generosamente forneceram várias iterações dos diagramas usados neste artigo, incluindo Ed. Forbes para notação de Bachman James McNeil por cinco diagramas e Xin Sun por reformatar as referências.

Referências

1. R. Elmasri, S. Navathe, *Fundamentals of Database Systems* . 2ª ed., Benjamin / Cummings, Redwood City, CA., 1993.
2. Michael Kushner, Il-Yeol Song e Kyu-Young Whang, "A Comparative Study of Three Object-Modeling Methodologies," *Systems Development Management*, 1994, 34-03-40 (1-22). (Também em *Gerenciamento de Base de Dados* , 26-01-10).
3. Janet Lind, Il-Yeol Song e EK Park, "Object-Oriented Analysis: A Study in Diagram Notations," *Journal of Computer and Software Engineering*, Vol. 3, No. 1 (Winter 1995), pp. 133-165.
4. KR Dittrich, W. Gotthard e P. Lockemann, "Complex Entities for Engineering Applications", em *Proceedings of the International Conference on the ER Approach* , North-Holland, (1987), pp. 421-440.
5. C. Parent e S. Spaccapietra, "Sobre entidades, objetos complexos e dados orientados a objetos

models, "em *Information System Concepts: An In-depth Analysis* , ED .. Falkenberg e P. Lindgreen (eds.), North-Holland, 1989, pp. 193-223.

6. P. PS. Chen, "O modelo de relacionamento de entidade em direção a uma visão unificada de dados", *ACM Transactions on Database Systems* , 1,1 (março de 1976), pp. 9-36.
7. D. Reiner, M. Brodie e G. Brown, et al. (eds.). "O projeto e avaliação do banco de dados workbench (DDEW) project at CCA. " *Database Engineering* , 7,4 (1985).
8. TJ Teorey, *Modelagem e Design de Banco de Dados: A Abordagem Entidade-Relacionamento* . Morgan Kaufmann, San Mateo, CA. 1991.
9. H. Korth e A. Silberschatz, *Database System Concepts* . 2ª ed., McGraw-Hill, New York, NY, 1991.
10. F. McFadden e J. Hoffer, *Modern Database Management* . Benjamin / Cummings

37

Página 38

Journal of Computer and Software Engineering, vol. 3, No.4 (1995), pp. 427-459

Publishing, Redwood City, CA., 1994. 4ª ed.

11. C. Batini, S. Ceri e S. Navathe, *Concatal Database Design: an Entity-Relationship Abordagem* . Benjamin / Cummings Publishing, Redwood City, CA, 1992.
12. R. Barker, *CASE * METHODM: Entity Relationship Modeling* . Addison-Wesley Publishing Company, New York, New York, 1990.
13. J. Martin, *Engenharia da Informação: Planejamento e Análise, Livro II* . Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1990.
14. T. Bruce, *Projetando Bancos de Dados de Qualidade com Modelos de Informação IDEFIX* . Dorset House Publishing, New York, New York, 1992.
15. C. Gane, *Desenvolvimento Rápido de Sistema: Usando Técnicas Estruturadas e Relacionais Tecnologia* . Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989.
16. Bachman, *Bachman Analyst* , Bachman Information Systems Incorporated. 1992.
17. TJ Teorey e J. Fry & Yang, "Uma metodologia de design lógico para bancos de dados relacionais usando o modelo de relacionamento de entidade estendido, " *ACM Computing Survey* , 18,2 (junho de 1986), pp197-222.
18. P. PS. Chen, *o ER Designer: Manual de Referência* . Chen & Associates, 1987.
19. IY Song e TJ Jones, "Análise das relações binárias nas relações ternárias em ER Modeling, "In *Proc. Da 12ª Conferência Internacional sobre Entidade-Relacionamento Approach* , Dallas, TX., 15-17 de dezembro de 1993, pp. 265-276.
20. T. Jones e I.-Y. Song, "Binary Representations of Ternary Relationships in ER Modelagem Conceitual ", na *14ª Conferência Internacional sobre Orientação a Objetos e Entidades Abordagem de relacionamento* , Gold Coast, Austrália, 12 a 15 de dezembro de 1995.

Journal of Computer and Software Engineering, vol. 3, No.4 (1995), pp. 427-459

Conferência Internacional sobre Abordagem Entidade-Relacionamento , (23 a 25 de outubro de 1991, San Mateo, CA) T. Teorey (editor), pp. 1-30.

22. Il-Yeol Song e Kristin Froehlich, "Entity-Relationship Modeling: A Practical How-to Guide," *IEEE Potentials* , Vol. 13, No. 5, Dez / Jan 1994-1995, pp. 29-34.

23. P. Scheuermann, G. Scheffner, e H. Weber, "Abstraction capacity and invariant modelagem de propriedades dentro da ERA," *In the Proceedings of the 1st International Conferência sobre Abordagem Entidade-Relacionamento* . P. Chen (Editor), North-Holland, Elsvert, Holanda, 1980, pp. 121-140.

24. T.J. Teorey, *Modelagem e Design de Banco de Dados: Os Princípios Fundamentais* , 2ª ed., Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 1994.

25. R. Elmasri, T. Weddreyer e A. Hevner, "The Category Concept: an extension to the modelo de relacionamento entre entidades," *Data and Knowledge Engineering* , 1,1, (junho de 1985), pp75-116.

26. *IEF Technology Overview* , Texas Instrument, 1990.

27. Seminário de ferramenta de caso ADW, KnowledgeWare, 1991.

28. T.J. Jones e I.Y. Song, "Binary Imposition Rules and Ternary Decomposition", *The Proc. of InfoScience '93* , 21-23 de outubro de 1993, Seoul, Korea, pp. 267-274.

29. D.L. Moody e G.G. Shanks, "What Makes a Good Data Model? Evaluating the Quality of Entity Relationship Models," in *Proc. of 13th International Con. on Entity-Relationship Approach* , pp. 94-111, 1994.

30. G. Gorman e J. Chovbineh, "The Object-oriented entity-relationship model (OOERM). *Journal of Management Information Systems* , 7,3, (Winter 1990-1991), pp41-65.