

### TransE

*n-to-n* 给出 Hits@10 即可

WN18		FB15k		n-to-n	
Hits@10	MeanRank	Hits@10	MeanRank	head	tail
0.7798	294.8994	0.4101	247.0585	0.3027	0.3611

### TransH

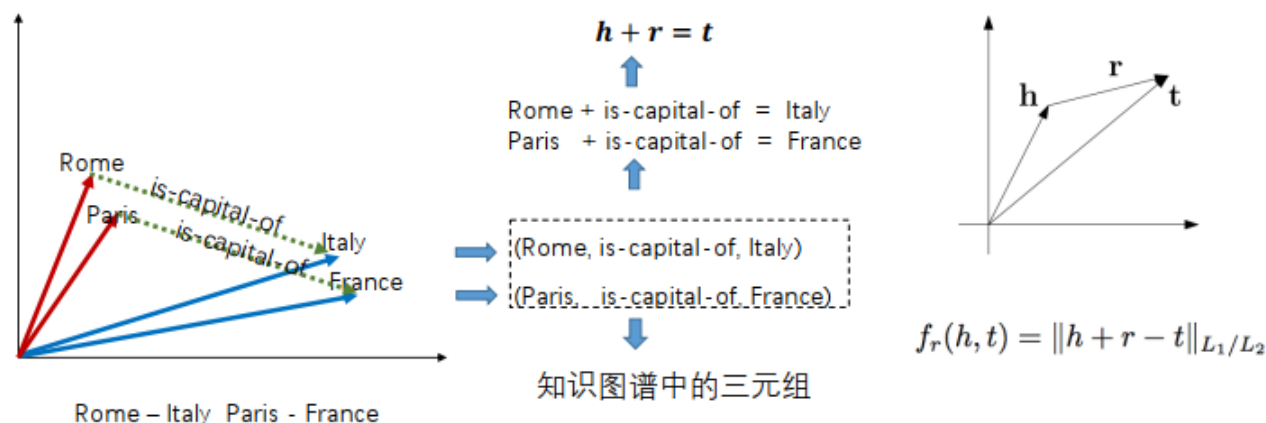
WN18		FB15k		n-to-n	
Hits@10	MeanRank	Hits@10	MeanRank	head	tail
0.7832	362.5414	0.3756	230.2669	0.3761	0.3987

### TransR

WN18		FB15k		n-to-n	
Hits@10	MeanRank	Hits@10	MeanRank	head	tail
0.7886	273.0082	0.3943	243.0146	0.3482	0.3894

# 知识图谱嵌入模型

## TransE——Translating Embeddings for Modeling Multi-relational Data



TransE (Translation Embedding) 是一种知识图谱嵌入方法，它将知识图谱中的实体和关系嵌入到低维向量空间中。其基本思想是通过关系向量将头实体向量“平移”到尾实体向量的位置，从而捕捉知识图谱中的语义关系。具体来说，对于一个三元组  $(h, r, t)$ ，其中  $h$  是头实体， $r$  是关系， $t$  是尾实体，TransE 假设在向量空间中满足如下公式：

$$h + r \approx t$$

其中， $h$ 、 $r$  和  $t$  分别表示头实体、关系和尾实体的向量表示。

为了训练 TransE 模型，我们需要一个损失函数来度量模型的好坏。常用的损失函数是基于欧几里得距离或 L1 距离的 Margin-based ranking loss。具体形式如下：

$$L = \sum_{(h,r,t) \in S} \sum_{(h',r,t') \in S'} [\gamma + d(h + r, t) - d(h' + r, t')]_+$$

其中：

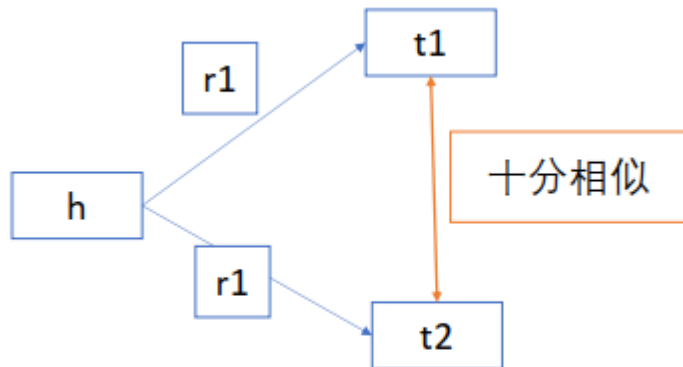
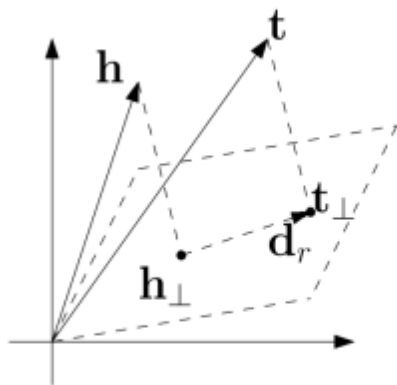
- $S$  是所有正确的三元组集合。
- $S'$  是通过随机替换实体生成的负样本集合。
- $\gamma$  是一个超参数，表示 margin（边界）。
- $d(\cdot, \cdot)$  表示向量之间的距离，可以是 L1 距离或 L2 距离。
- $[\cdot]_+$  表示取正值，即  $[\cdot]_+ = \max(0, \cdot)$ 。

TransE 通过最小化上述损失函数，使得正确三元组的距离尽量小，而错误三元组的距离尽量大，从而实现知识图谱的有效嵌入。

问题：无法处理一对多、多对一和多对多问题

## TransH—Knowledge graph embedding by translating on hyperplanes.

TransH (Translation Embedding on Hyperplanes) 是对 TransE 方法的改进，旨在处理 TransE 无法有效解决的一些问题，例如一对多、多对一、多对多的关系。TransH 的基本思想是引入超平面，通过在不同的超平面上对实体进行投影，从而更好地表示复杂的关系。



对于一个三元组  $(h, r, t)$ ，TransH的基本假设是头实体和尾实体分别在关系 $r$ 对应的超平面上进行投影后，满足以下公式：

$$\mathbf{h}_{\perp} + \mathbf{r} \approx \mathbf{t}_{\perp}$$

其中， $\mathbf{h}_{\perp}$ 和 $\mathbf{t}_{\perp}$ 分别是头实体和尾实体在关系 $r$ 对应的超平面上的投影， $\mathbf{r}$ 是关系的向量表示。

定义一个关系 $r$ 对应的超平面，其法向量为 $\mathbf{w}_r$ ，则头实体 $h$ 和尾实体 $t$ 在该超平面上的投影可以表示为：

$$\mathbf{h}_{\perp} = \mathbf{h} - \mathbf{w}_r^{\top} \mathbf{h} \mathbf{w}_r$$

$$\mathbf{t}_{\perp} = \mathbf{t} - \mathbf{w}_r^{\top} \mathbf{t} \mathbf{w}_r$$

在这种情况下，TransH模型假设以下等式成立：

$$\mathbf{h}_{\perp} + \mathbf{r} \approx \mathbf{t}_{\perp}$$

TransH的目标是最小化以下损失函数：

$$\mathcal{L} = \sum_{(h,r,t) \in \mathcal{S}} [\gamma + d(\mathbf{h}_{\perp} + \mathbf{r}, \mathbf{t}_{\perp}) - d(\mathbf{h}'_{\perp} + \mathbf{r}, \mathbf{t}'_{\perp})]_{+} + \lambda \|\mathbf{w}_r\|^2$$

其中：

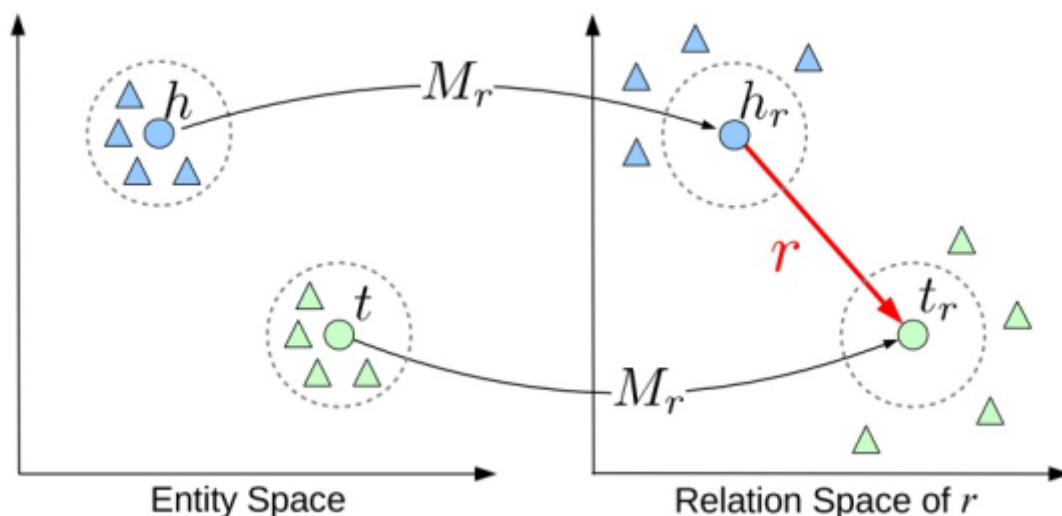
- $\mathcal{S}$ 是训练数据集。
- $(h, r, t)$ 是正样本， $(h', r, t')$ 是负样本。
- $\gamma$ 是边际值（margin）。
- $d(\cdot, \cdot)$ 是距离函数，通常为L2距离。
- $\lambda$ 是正则化参数。
- $[\cdot]_{+}$ 表示取正部分，即 $\max(0, \cdot)$ 。

TransH通过在超平面上的投影操作，使得模型能够更好地处理复杂的关系结构，提升知识图谱嵌入的表示能力。

### 负样例生成方法

- unif: 原始的采样方法，使用随机采样，随机替换头实体和尾实体，可能会出现假阳性的问题，即替换的实体是正确实体
- bern: 在采样时，对于N-1的问题，更高概率替换尾实体，1-N更高概率替换头实体

## TransR——Learning Entity and Relation Embeddings for Knowledge Graph Completion



TransR的核心思想是实体和关系应该在不同的空间中表示，因此它通过关系特定的映射矩阵将实体从实体空间映射到关系空间。在关系空间中，关系的平移操作可以更好地反映实体之间的关系。

对于一个三元组  $(h, r, t)$ ，其中 $h$ 是头实体， $r$ 是关系， $t$ 是尾实体，TransR假设在关系空间中满足以下公式：

$$\mathbf{h}_r + \mathbf{r} \approx \mathbf{t}_r$$

其中， $\mathbf{h}_r$ 和 $\mathbf{t}_r$ 分别是头实体和尾实体在关系 $r$ 对应的关系空间中的表示。它们通过关系特定的映射矩阵 $\mathbf{M}_r$ 从实体空间映射到关系空间：

$$\mathbf{h}_r = \mathbf{M}_r \mathbf{h}$$

$$\mathbf{t}_r = \mathbf{M}_r \mathbf{t}$$

TransR的目标是最小化以下损失函数：

$$\mathcal{L} = \sum_{(h,r,t) \in \mathcal{S}} [\gamma + d(\mathbf{M}_r \mathbf{h} + \mathbf{r}, \mathbf{M}_r \mathbf{t}) - d(\mathbf{M}_r \mathbf{h}' + \mathbf{r}, \mathbf{M}_r \mathbf{t}')]_+ + \lambda \|\mathbf{M}_r\|^2$$

其中：

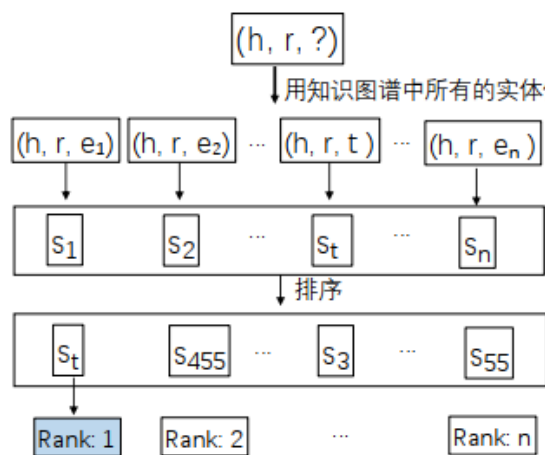
- $\mathcal{S}$ 是训练数据集。
- $(h, r, t)$ 是正样本， $(h', r, t')$ 是负样本。
- $\gamma$ 是边际值（margin）。
- $d(\cdot, \cdot)$ 是距离函数， $f_r(h, t) = \|\mathbf{h}_{r,c} + \mathbf{r}_c - \mathbf{t}_{r,c}\|_2^2 + \alpha \|\mathbf{r}_c - \mathbf{r}\|_2^2$
- $\lambda$ 是正则化参数。
- $[\cdot]_+$ 表示取正部分，即 $\max(0, \cdot)$ 。

### 优点

1. **关系特定空间**：TransR通过关系特定的映射矩阵，使得实体在不同关系中具有不同的表示，从而更好地捕捉关系的多样性和复杂性。
2. **灵活性**：与TransE和TransH相比，TransR能够更灵活地处理不同类型的关系，提升模型的表示能力。

此外还有TransD、DistMult、Analogy、RotaE等模型也可用于建模知识图谱的推理嵌入

## 知识图谱嵌入模型：预测问题 与 推理评价



关系推理的评价指标

- Hit@n: 所有预测样本中排名在n以内的比例, n常用的取值为1, 3, 10
- MR: Mean Rank 所有预测样本的平均排名
- MRR: Mean Reciprocal Rank 先对所有预测样本的排名求倒数, 然后求平均