

مبادئ قواعد المعطيات

المحاضرة العاشرة
د. سمر الحلبي

الجبر العلاقتي

Relational Algebra

الربط (الدمج) Join:

الربط هو أكثر العمليات فائدة وأكثرها إستخداماً لأنه الطريقة الأساسية لاسترجاع البيانات من عدة جداول، مع انه يمكن التعبير عن الربط بعملية جداء ديكارتي متبوعة بعمليتي اختيار وإسقاط إلا أنه يستخدم أكثر بكثير من الضرب الكارتيزي (الجداء ديكارتي) في واقع الأمر، وعادةً ما تكون نتيجة الضرب الكارتيزي (الجداء ديكارتي) أكبر بكثير من نتيجة الربط المطلوبة لذا فإن أنظمة إدارة قواعد البيانات عادةً ما تقوم باختصار وتسريع العملية عن طريق الاختيار والإسقاط أثناء عملية الضرب الكارتيزي (الجداء ديكارتي) مما يختصر كثيراً من نواتج الضرب، لهذه الأسباب أخذ الربط إهتماماً كبيراً، وهناك عدة أنواع من الربط ندرجها فيما يلي.

الربط (الدمج) المشروط condition join:

الشكل الأكثر استخداما للربط هو ربط بين علاقيتين بالإضافة إلى شرط ما، وشرط الربط هو مطابق للشرط المستخدم في جملة الاختيار، و يمكن تعريف العملية كالآتي:

$$R \bowtie_c S = \sigma_c(R \times S)$$

عملية الربط هي ضرب كارتيزي (الجداء ديكارتي) مع الشرط c، والشرط يمكن أن يستخدم الحقول من كلا العلاقتين، ويمكن تحديد الحقول بمواقعها R.i أو بأسمائها R.name لاحظ استخدام اسم العلاقة مع اسم الحقل لتجنب تعارض أسماء الحقول.

على سبيل المثال نتيجة العملية $R1 \bowtie_{S1.uid < R1.uid} S1$ هو:

(uid)	Uname	Rating	Age	(uid)	bid	Date
22	عبد الرحمن	7	45.0	58	103	10/11/2007
31	عبد الستار	8	55.5	58	103	10/11/2007

نلاحظ أن النتيجة شبيهة بنتيجة الضرب الكارتيزي (الجداء ديكارتي) أعلاه إلا أن الشرط هنا أن رقم المستخدم في الجدول الأول اكبر من رقم المستخدم في الجدول الثاني، وبالتالي فقط أسطر الضرب الكارتيزي التي تحقق الشرط تظهر في النتيجة.

الربط (الدمج) المتساوي :Equi join

من الشائع أن يكون شرط الربط مقتصر على إشارة مساواة بين الحقول وليس أكبر من أو أصغر من، وفي هذه الحالة يكون هنالك حقول من كلا الجدولين متساويين في النتيجة لذا من غير المنطقي أن ندرج هذه الحقول في النتيجة مرتين لأنه تكرر لا فائدة منه، لذا تتضمن عملية الدمج عملية إسقاط لحذف الأعمدة المكررة، وعملية الإسقاط والدمج مع شرط التساوي بين حقول الربط تسمى عملية الربط المتساوي ونتعامل معها وكأنها عملية جديدة.

مثال:

$$S1 \bowtie_{S1.uid=R1.uid} R1$$

النتيجة:

Uid	Uname	Rating	Age	bid	Date
22	عبد الرحمن	7	45.0	101	22/10/2007
58	عبد الصمد	10	35.0	103	10/11/2007

الربط (الدمج) الطبيعي natural join:

حالة خاصة من حالات الربط المتساوي حينما تكون جميع الحقول التي تحمل نفس الأسماء في الجداول المشاركة في العملية بينها إشارة مساواة، وفي هذه الحالة نسمي عملية الربط بالربط الطبيعي، و نرسم له اختصاراً $R \bowtie S$ أي بدون شرط للربط لان الشرط مفهوم ضمناً؛ وهو أن تكون جميع الحقول التي تحمل نفس الاسم من كلا الجدولين بينها إشارة مساواة وتظهر هذه الحقول مرة واحدة في النتيجة، أي انه عبارة عن ضرب كارتيزي وإسقاط واختيار في آن واحد، وغالباً ما تكون الحقول المشاركة في الربط الطبيعي مفاتيح رئيسية في أحد الجداول ومفاتيح أجنبية في الجدول الآخر لكن هذا ليس شرطاً لاستخدام الربط الطبيعي.

مثال:

$S1 \bowtie R1$

Uid	Uname	Rating	Age	bid	Date
22	عبد الرحمن	7	45.0	101	22/10/2007
58	عبد الصمد	10	35.0	103	10/11/2007

الربط الخارجي outer join:

في بعض الأحيان عند الربط بين جدولين لا يكون لجميع الأسطر في أحد الجداول ما يربط معه في الجدول المقابل، أي أن قيم حقول الربط في أحد الجداول ليس لها قيمة مقابلة تحقق شرط الربط في الجدول المقابل، وقد نحتاج إلى إظهار الأسطر التي ليس لها ما يربط بها في أحد العلاقات أو كليهما، ويمكن الوصول إلى هذه النتيجة باستخدام الربط الخارجي.

الربط الخارجي من اليسار $R \bowtie S$ هو الربط الذي تظهر في نتيجته الأسطر من العلاقة R التي لا يوجد لها ما يربط معها في العلاقة S بالإضافة إلى باقي الأسطر التي تحقق شرط الربط.

الفائدة من الربط الخارجي هي المحافظة على المعلومات التي يمكن أن لا تظهر في الأنواع الأخرى من الربط.

مثال:

$$S1 \succ_{\triangleleft_{S1.uid=R1.uid}} R1$$

(uid)	Uname	Rating	Age	(uid)	bid	Date
22	عبد الرحمن	7	45.0	22	101	22/10/2007
31	عبد الستار	8	55.5			
58	عبد الصمد	10	35.0	58	103	10/11/2007

يسمى الربط الخارجي من اليمين أو من اليسار حسب تموضع العلاقة المراد استرجاع كامل اسطرها بالنسبة لإشارة العملية.

يمكن أن نعرف الربط الخارجي الكامل full outer join حينما نريد استرجاع جميع اسطر كلا العلاقتين كما في المثال التالي:

$$S2 \bowtie_{S1.uid=R1.uid} R1$$

S2 مثال للعلاقة users

Uid	Uname	Rating	Age
28	عبد السلام	9	25.0
31	عبد الستار	8	55.5
44	عبد المنعم	5	25.0
58	عبد الصمد	10	35.0

R1 مثال للعلاقة borrow

Uid	bid	Date
22	101	22/10/2007
58	103	10/11/2007

تصبح نتيجة الربط الخارجي الكامل

(uid)	Uname	Rating	Age	(uid)	bid	Date
				22	101	22/10/2007
28	عبد السلام	9	25.0			
31	عبد الستار	8	55.5			
44	عبد المنعم	5	25.0			
58	عبد الصمد	10	35.0	58	103	10/11/2007

الربط الجزئي Semi join :

$R \triangleright_c S$ يعطينا جميع السجلات الموجودة في الجدول R التي تشارك في عملية الربط مع العلاقة S ، أي انه بعد أن نقوم بالربط كما رأينا سابقا نقوم بإظهار جميع الحقول من الجدول R دون أن نظهر الحقول من الجدول S، ويمكن تعريف الربط الجزئي كما يلي:

$$R \triangleright_c S = \pi_A(R \triangleright \triangleleft_c S)$$

حيث A هي جميع خصائص (حقول) العلاقة R.

مثال : إذا أردنا استرجاع أسماء اللذين استعاروا كتب

$$\pi_{uname}(S1 \triangleright_{S1.uid=r1.uid} R1)$$

Uname
عبد الرحمن
عبد الصمد

القسمة:

يمكن الاستفادة من القسمة لتحقيق بعض الاستفسارات مثل "إيجاد أسماء جميع المستخدمين اللذين استعاروا جميع كتب التاريخ"

لنشرح القسمة بمثال بسيط ، لنفرض انه لدينا علاقتان A, B حيث أن العلاقة A فيها حقلان x, y و العلاقة B فيها حقل واحد y وهو من نفس مجال الحقل y الظاهر في A ، ونعرف القسمة A/B بأنها جميع قيم x بحيث تكون لها في A سجلات تظهر فيها جميع قيم y الظاهرة في B .

أو بكلمات أخرى، لكل قيمة من قيم x في A نرى إن كانت قيم y الموجودة في B موجودة جميعها مع قيمة x في A تكون تلك القيمة في جواب القسمة.

مثال: لنفرض إن لدينا A كمايلي:

A

X	Y
S1	P1
S1	P2
S1	P3
S1	P4
S2	P1
S2	P2
S3	P2
S4	P2
S4	P4

إذا كانت B1

Y
P2

فان A/B1

X
S1
S2
S3
S4

حيث أن P2 تصاحب S1,S2,S3,S4 في A

إذا كانت B2

فان A/B2

X
S1
S4

Y
P2
P4

S1,S4 هي الوحيدة المصاحبة لـ P2,P4 في فمثلا S3 لا تظهر لأنها مصاحبة لـ P2 وليست مصاحبة لـ P4

إذا كانت B3

فان A/B3

X
S1

Y
P1
P2
P4

يمكن مقارنة قسمة الجبر العلائقي مع قسمة الأعداد الصحيحة كما يلي: إذا كان لدينا عدداً صحيحان A و B فإن قسمتهما A/B هي أكبر رقم صحيح Q يحقق المتباينة $Q*B \leq A$. أي أنه الرقم الذي إذا ضرب القاسم يعطينا أكبر رقم صحيح أقل أو يساوي الرقم المقسوم، وفي الجبر العلائقي إذا كان لدينا العلاقتان A و B فإن العلاقة Q هي ناتج قسمة A/B إذا حققت $Q \times B \subseteq A$.

يمكن تعريف القسمة A/B على أنها العلاقة التي لها الخصائص (الحقول) c و تحتوي على الأسطر من A التي يتصاحب فيها جميع الأسطر في B .

يمكن التعبير عن القسمة باستخدام العمليات الأساسية كما يلي:

$$A \div B = \pi_c(A) - \pi_c((B \times \pi_c(A)) - A)$$

التكافؤ في الجبر العلائقي:

تعبيري الجبر العلائقي يكونان متكافئان إذا كانا قد طبقا على نفس المجموعة من العلاقات وأعطيا النتيجة ذاتها. ومن العمليات المتكافئة لدينا:

تتابع الاختيار:

$$\sigma_{c1 \wedge c2 \wedge \dots \wedge cn} (R) \equiv \sigma_{c1} (\sigma_{c2} (... (\sigma_{cn} (R))...))$$

أي يمكننا أن نختصر مجموعة من الاختيارات بعملية واحدة.

خاصية التبديل الاختيار:

$$\sigma_{c1} (\sigma_{c2} (R)) \equiv \sigma_{c2} (\sigma_{c1} (R))$$

أي يمكننا أن نفحص الشروط بأي ترتيب نريد

تتابع الإسقاط : حذف مجموعة من الأعمدة بشكل متتابع يكافئ حذف جميع الأعمدة عدا الأعمدة المحددة في الإسقاط الأخير (الخارج).

$$\pi_{a_i} (R) \equiv \pi_{a1} (\pi_{a2} (... (\pi_{an} R) ...))$$

كل مجموعة من خصائص العلاقة R و $a_i \subseteq a_{i+1}$ لكل $i=1..n-1$

تبديل الضرب و الربط:

$$R \times S \equiv S \times R$$

$$R \triangleright \triangleleft S \equiv S \triangleright \triangleleft R$$

تجميع الضرب و الربط:

$$R \times (S \times T) \equiv (R \times S) \times T$$

$$R \triangleright \triangleleft (S \triangleright \triangleleft T) \equiv (S \triangleright \triangleleft R) \triangleright \triangleleft T$$

تبديل الاختيار والإسقاط: يمكن تبديل الاختيار والإسقاط فقط إذا كانت الخصائص المستخدمة في الاختيار مشمولة في الإسقاط.

$$\pi_a (\sigma_c (R)) \equiv \sigma_c (\pi_a (R))$$

توحيد الاختيار مع الضرب الكارتيزي بعملية ربط كما يحددها تعريف الربط:

$$R \triangleright \triangleleft_c S \equiv \sigma_c(R \times S)$$

يمكن تبديل الاختيار مع الضرب والربط إذا كان الشرط يخص فقط احد العلاقتين

$$\sigma_c(R \times S) \equiv \sigma_c(R) \times S$$

$$\sigma_c(R \triangleright \triangleleft S) \equiv \sigma_c(R) \triangleright \triangleleft S$$

الخصائص التي تظهر في الشرط c فقط تخص العلاقة R

التجميع و الدوال التجميعية:

من الأمور التي لا يمكن إن نعبر عنها باستخدام الجبر العلائقي الأساسي هي تطبيق عملية حسابية على مجموعة من العناصر داخل المجموعة، مثل استرجاع مجموع الساعات التي اتمها الطالب أو مجموع الرواتب لموظفي قسم محدد وعمليات أخرى تستخدم كإحصائيات بسيطة عن المعلومات الموجودة في قاعدة البيانات.

يمكن التعبير عن العمليات من هذا النوع باستخدام الصيغة التالية:

$$groupAttributes \mathfrak{F}_{functionList} (R)$$

حيث أن group attribute هو قائمة بالخصائص من العلاقة R المراد التجميع على أساسها و function list هي عبارة عن احد الدوال التجميعية المعرفة مطبق على احد الخصائص في العلاقة R.

تقوم العملية بتجميع عناصر العلاقة على أساس القيم الموجودة في group attributes أي أن القيم المتساوية تجمع بفريق واحدة ثم يتم تطبيق الدوال التجميعية على الخصائص كما هو مذكور في function list.

مثال إذا أردنا أن نعرف معدل أعمار المستخدمين و عددهم في كل فئة من فئات التقييم rating يكون الحل هو التعبير التالي:

$rating \curvearrowright AVG (age), COUNT (uid) (S3)$

على فرض أن S3 هي :

Uid	Uname	Rating	Age
44	عبد المنعم	5	25.0
٤١	احمد	٨	.0٢٧
٥2	عدنان	٨	.0٧2
28	عبد السلام	9	30.0
31	عبد الستار	٩	55.5
٣٠	عبد السلام	9	25.0
58	عبد الصمد	10	35.0

نتيجة العملية يتم تجميع الأسطر حسب rating أولا ثم حساب الدوال لكل مجموعة

AVG(age)	COUNT(uid)
25.0	1
49.5	2
36.66	3
35.0	1

تمرين :

بالعودة إلى المثال الشامل في المحاضرة السابقة والخاص بالقروض نجد:
عملية الدمج الطبيعي Natural Join Operation:

لإيجاد أسماء جميع الأفرع التي لزبائنها حساب في المصرف وتعيش في مدينة "Harrison" نكتب

$$\Pi_{branch-name} \left(\sigma_{customer-city = "Harrison"} (Customer \bowtie Account \bowtie Depositor) \right)$$

عملية القسم:

هذه العملية مناسبة للاستعلامات التي تحوي كلمة " لأجل كل ". فلإيجاد مجموعة الزبائن الذين لهم حسابات مصرفية في جميع الأفرع الموجودة في مدينة "brooklyn" نقوم بما يلي:

نستخرج مجموعة الفروع الموجودة في مدينة brooklyn بكتابة التعبير التالي :

$$r1 = \Pi_{branch-name} \left(\sigma_{branch-city = "brooklyn"} (Branch) \right)$$

ثم نستخرج مجموعة الزبائن والفروع الذين لديهم حسابات فيها بكتابة التعبير :

$$r2 = \Pi_{customer-name, branch-name} (depositor \bowtie account)$$

ونحصل على النتيجة المطلوبة بكتابة:

$$r2 \div r1$$

تمرين

الدمج الخارجي:

لنأخذ العلاقات ذات المخططات العلاقتية التالية:

Employee (employee-name, street, city)

Ft-works (employee-name, branch-name, salary)

Employee

employee-name	street	city
A	S1	C1
B	S2	C1
C	S4	C2
D	S5	C3

Ft-Works

employee-name	branch-name	salary
A	Br1	500
B	Br2	700
D	Br1	1220
F	Br3	2000

ولنفترض أننا نريد توليد علاقة واحدة تحوي جميع المعلومات حول الموظفين؟
 بالإمكان استخدام عملية الدمج الطبيعي:
 تعطي عملية الدمج الطبيعي النتيجة التالية:

Employee ⋈ Ft-works				
employee-name	street	city	branch-name	salary
A	S1	C1	Br1	500
B	S2	C1	Br2	700
D	S5	C3	Br1	1220

إذ لا توجد معلومات حول الموظف C في العلاقة ft-works، ولا توجد معلومات حول الموظف F في العلاقة employee.

نستخدم عملية الدمج الخارجي لتجنب ضياع المعلومات الموجودة، ويوجد ثلاثة أنواع من هذه العملية:

- الدمج الخارجي اليساري ويرمز إليها بـ \bowtie .
- الدمج الخارجي اليميني ويرمز إليها بـ \Join .
- الدمج الخارجي الكامل ويرمز إليها بـ \Join .

تمثل الأشكال الثلاثة عملية الدمج مع إضافة حدوديات إلى نتيجة عملية الدمج الطبيعي.

ففي عملية الدمج اليساري Left Outer Join تضاف إلى نتيجة الدمج الطبيعي حدوديات موجودة في العلاقة اليسارية وغير موجودة في العلاقة اليمينية، بعد وضع قيمة null في عمود التعيين للواصفات القادمة من العلاقة اليمينية.

employee \bowtie ft-works

employee-name	street	city	branch-name	salary
A	S1	C1	Br1	500
B	S2	C1	Br2	700
C	S4	C2	null	null
D	S5	C3	Br1	1220

الدمج الخارجي اليساري

تُجرى عملية الدمج الخارجي اليميني Right Outer Join بكيفية مشابهة لعملية الدمج الخارجي اليساري، فتؤخذ الحدوديات الموجودة في العلاقة اليمينية وغير موجودة في العلاقة اليسارية.

Employee \bowtie Ft-works

employee-name	street	city	branch-name	salary
A	S1	C1	Br1	500
B	S2	C1	Br2	700
D	S5	C3	Br1	1220
F	null	null	Br3	2000

عملية الدمج الخارجي اليميني

أما عملية الدمج الخارجي الكامل فهي اجتماع عمليتي الدمج الخارجي اليميني واليساري.

Employee \bowtie ft-works

employee-name	street	city	branch-name	salary
A	S1	C1	Br1	500
B	S2	C1	Br2	700
D	S5	C3	Br1	1220
F	null	null	Br3	2000
C	S4	C2	null	null

عملية الدمج الخارجي الكامل