

# The Relational Algebra and Relational Calculus

الجبر العلائقي وحساب العلاقة

- **Relational algebra الجبر العلائقي**
  - Basic set of operations for the relational model
  - مجموعة أساسية من العمليات للنموذج العلائقي
- **Relational algebra expression**
- **تعبير الجبر العلائقي**
  - Sequence of relational algebra operations
  - تسلسل عمليات الجبر العلائقي
- **Relational calculus حساب العلاقة**
  - Higher-level declarative language for specifying relational queries
  - لغة تعريفية عالية المستوى لتحديد الاستعلامات العلائقية

# Unary Relational Operations: SELECT and PROJECT

العمليات العلائقية الأحادية: حدد والمشروع

- The SELECT Operation عملية التحديد
  - Subset of the tuples from a relation that satisfies a selection condition:
  - مجموعة فرعية من المجموعات من علاقة تفي بشرط التحديد:

$$\sigma_{\langle \text{selection condition} \rangle}(R)$$

- Boolean expression contains clauses of the form <attribute name> <comparison op> <constant value>
- يحتوي التعبير المنطقي على جمل من النموذج <اسم السمة> <مقارنة المرجع> <قيمة ثابتة>
- or*
- <attribute name> <comparison op> <attribute name>
- <اسم السمة> <op> <اسم السمة> <مقارنة>

# Unary Relational Operations: SELECT and PROJECT (cont'd.)

## ■ Example:

$\sigma_{(Dno=4 \text{ AND } Salary>25000) \text{ OR } (Dno=5 \text{ AND } Salary>30000)}(EMPLOYEE)$

- <selection condition> applied independently to each individual tuple  $t$  in  $R$ 
  - If condition evaluates to TRUE, tuple selected
- Boolean conditions **AND**, **OR**, and **NOT**
- **Unary**
  - Applied to a single relation
  - تطبق على علاقة واحدة

## Unary Relational Operations: SELECT and PROJECT (cont'd.)

- **Selectivity** الانتقائية
  - Fraction of tuples selected by a selection condition  
جزء من المجموعات المحددة بواسطة شرط التحديد
- SELECT operation commutative
- حدد عملية التبادل
- **Cascade** SELECT operations into a single operation with **AND** condition
- AND في عملية واحدة بالشرط SELECT تتالي عمليات

# The PROJECT Operation

## تشغيل المشروع

- Selects columns from table and discards the other columns: يختار أعمدة من الجدول ويتجاهل الأعمدة الأخرى:

$$\pi_{\langle \text{attribute list} \rangle}(R)$$

- **Degree** الدرجة العلمية

- Number of attributes in <attribute list>
- عدد السمات في <قائمة السمات>

- **Duplicate elimination** حذف مكرر

- Result of PROJECT operation is a set of distinct tuples  
نتيجة عملية المشروع هي مجموعة من المجموعات المميزة

# Sequences of Operations and the RENAME Operation

تسلسل العمليات و عملية RENAME

- **In-line expression:**

$$\pi_{\text{Fname, Lname, Salary}}(\sigma_{\text{Dno}=5}(\text{EMPLOYEE}))$$

- **Sequence of operations:**

$$\begin{aligned}\text{DEP5\_EMPS} &\leftarrow \sigma_{\text{Dno}=5}(\text{EMPLOYEE}) \\ \text{RESULT} &\leftarrow \pi_{\text{Fname, Lname, Salary}}(\text{DEP5\_EMPS})\end{aligned}$$

- **Rename attributes in intermediate results**

- إعادة تسمية السمات في النتائج الوسيطة

$$\rho_{S(B_1, B_2, \dots, B_n)}(R) \quad \text{or} \quad \rho_S(R) \quad \text{or} \quad \rho_{(B_1, B_2, \dots, B_n)}(R)$$

# Relational Algebra Operations from Set Theory

عمليات الجبر العلائقية من نظرية المجموعات

- **UNION, INTERSECTION, and MINUS**

- الاتحاد والتقاطع والناقص

- Merge the elements of two sets in various ways

- ادمج عناصر مجموعتين بطرق مختلفة

- Binary operations العمليات الثنائية

- Relations must have the same type of tuples

- يجب أن تحتوي العلاقات على نفس نوع المجموعات

- UNION اتحاد

- $R \cup S$

- Includes all tuples that are either in  $R$  or in  $S$  or in both  $R$  and  $S$

- $S$  و  $R$  أو في كل من  $S$  أو  $R$  يشمل جميع المجموعات الموجودة إما في

- Duplicate tuples eliminated

- تم حذف المجموعات المكررة

# Relational Algebra Operations from Set Theory (cont'd.)

- INTERSECTION تداخل
  - $R \cap S$
  - Includes all tuples that are in both  $R$  and  $S$
  - $R$  و  $S$  يشمل كل المجموعات الموجودة في كل من
- SET DIFFERENCE (or MINUS)
- ضبط الفرق (أو الطرح)
  - $R - S$
  - Includes all tuples that are in  $R$  but not in  $S$
  - يشمل جميع المجموعات الموجودة في  $R$  وليست في  $S$



# The CARTESIAN PRODUCT (CROSS PRODUCT) Operation

تشغيل المنتج الكارتوني (عبر المنتج)


## ■ منتج كارتيزي **CARTESIAN PRODUCT**

- **CROSS PRODUCT** or **CROSS JOIN**
- Denoted by  $\times$  × يرمز لها
- Binary set operation عملية مجموعة ثنائية
- Relations do not have to be union compatible
- لا يجب أن تكون العلاقات متوافقة مع النقابات
- Useful when followed by a selection that matches values of attributes
- يكون مفيداً عندما يتبعه تحديد يطابق قيم السمات

# Binary Relational Operations: JOIN and DIVISION

JOIN and DIVISION العمليات العلائقية الثنائية:

## ■ The **JOIN** Operation

- Denoted by  يدل عليها
- Combine related tuples from two relations into single “longer” tuples
- اجمع المجموعات ذات الصلة من علاقتين في مجموعات فردية "أطول"
- General join condition of the form **<condition> AND <condition> AND...AND <condition>**
- Example:

$$\text{DEPT\_MGR} \leftarrow \text{DEPARTMENT} \bowtie_{\text{Mgr\_ssn}=\text{Ssn}} \text{EMPLOYEE}$$
$$\text{RESULT} \leftarrow \pi_{\text{Dname, Lname, Fname}}(\text{DEPT\_MGR})$$

# Binary Relational Operations: JOIN and DIVISION (cont'd.)

## ■ THETA JOIN

- Each <condition> of the form  $A_i \theta B_j$
- $A_i$  is an attribute of  $R$
- $B_j$  is an attribute of  $S$
- $A_i$  and  $B_j$  have the same domain
- $\theta$  (theta) is one of the comparison operators:

أحد عوامل المقارنة

- $\{=, <, \leq, >, \geq, \neq\}$

# Variations of JOIN: The EQUIJOIN and NATURAL JOIN

## الاختلافات في JOIN

### ■ EQUIJOIN إكويجوين

- Only = comparison operator used
- فقط = استخدام عامل المقارنة
- Always have one or more pairs of attributes that have identical values in every tuple
- احتفظ دائمًا بزوج واحد أو أكثر من السمات التي لها قيم متطابقة في كل مجموعة

### ■ NATURAL JOIN انضمام طبيعي

- Denoted by \* \* يُرمز إليه ب \*
- Removes second (superfluous) attribute in an EQUIJOIN condition يزيل السمة الثانية (الزائدة) في حالة EQUIJOIN

EQUIJOIN

# Variations of JOIN: The EQUIJOIN and NATURAL JOIN (cont'd.)

- **Join selectivity** انضم إلى الانتقائية
  - Expected size of join result divided by the maximum size  $n_R * n_S$
  - الحجم المتوقع لنتيجة الانضمام مقسومًا على الحجم الأقصى
- **Inner joins** ينضم الداخلية
  - Type of match and combine operation
  - نوع التطابق وعملية الجمع
  - Defined formally as a combination of CARTESIAN PRODUCT and SELECTION
  - مُعرّف رسميًا على أنه مزيج من المنتج الكارتيزي والاختيار

# A Complete Set of Relational Algebra Operations

مجموعة كاملة من عمليات الجبر العلائقي

- Set of relational algebra operations  $\{\sigma, \pi, \cup, \rho, -, \times\}$  is a **complete set**
- $\{\sigma, \pi, \cup, \rho, -, \times\}$  مجموعة عمليات الجبر العلائقية هي مجموعة كاملة
  - Any relational algebra operation can be expressed as a sequence of operations from this set
  - يمكن التعبير عن أي عملية جبر علائقية كسلسلة من العمليات من هذه المجموعة

# The DIVISION Operation

- Denoted by  $\div$
- Example: retrieve the names of employees who work on all the projects that 'John Smith' works on
- مثال: استرجاع أسماء الموظفين الذين يعملون في جميع المشاريع التي يعمل عليها "جون سميث"
- Apply to relations  $R(Z) \div S(X)$ 
  - Attributes of  $R$  are a subset of the attributes of  $S$
  - سمات  $R$
  - $S$  هي مجموعة فرعية من سمات  $S$ .

# Operations of Relational Algebra

## عمليات الجبر العلائقي

**Table 6.1** Operations of Relational Algebra

OPERATION	PURPOSE	NOTATION
SELECT	Selects all tuples that satisfy the selection condition from a relation $R$ .	$\sigma_{\langle \text{selection condition} \rangle}(R)$
PROJECT	Produces a new relation with only some of the attributes of $R$ , and removes duplicate tuples.	$\pi_{\langle \text{attribute list} \rangle}(R)$
THETA JOIN	Produces all combinations of tuples from $R_1$ and $R_2$ that satisfy the join condition.	$R_1 \bowtie_{\langle \text{join condition} \rangle} R_2$
EQUIJOIN	Produces all the combinations of tuples from $R_1$ and $R_2$ that satisfy a join condition with only equality comparisons.	$R_1 \bowtie_{\langle \text{join condition} \rangle} R_2$ , OR $R_1 \bowtie_{(\langle \text{join attributes 1} \rangle, \langle \text{join attributes 2} \rangle)} R_2$
NATURAL JOIN	Same as EQUIJOIN except that the join attributes of $R_2$ are not included in the resulting relation; if the join attributes have the same names, they do not have to be specified at all.	$R_1 \star_{\langle \text{join condition} \rangle} R_2$ , OR $R_1 \star_{(\langle \text{join attributes 1} \rangle, \langle \text{join attributes 2} \rangle)} R_2$ OR $R_1 \star R_2$



# Operations of Relational Algebra (cont'd.)

**Table 6.1** Operations of Relational Algebra

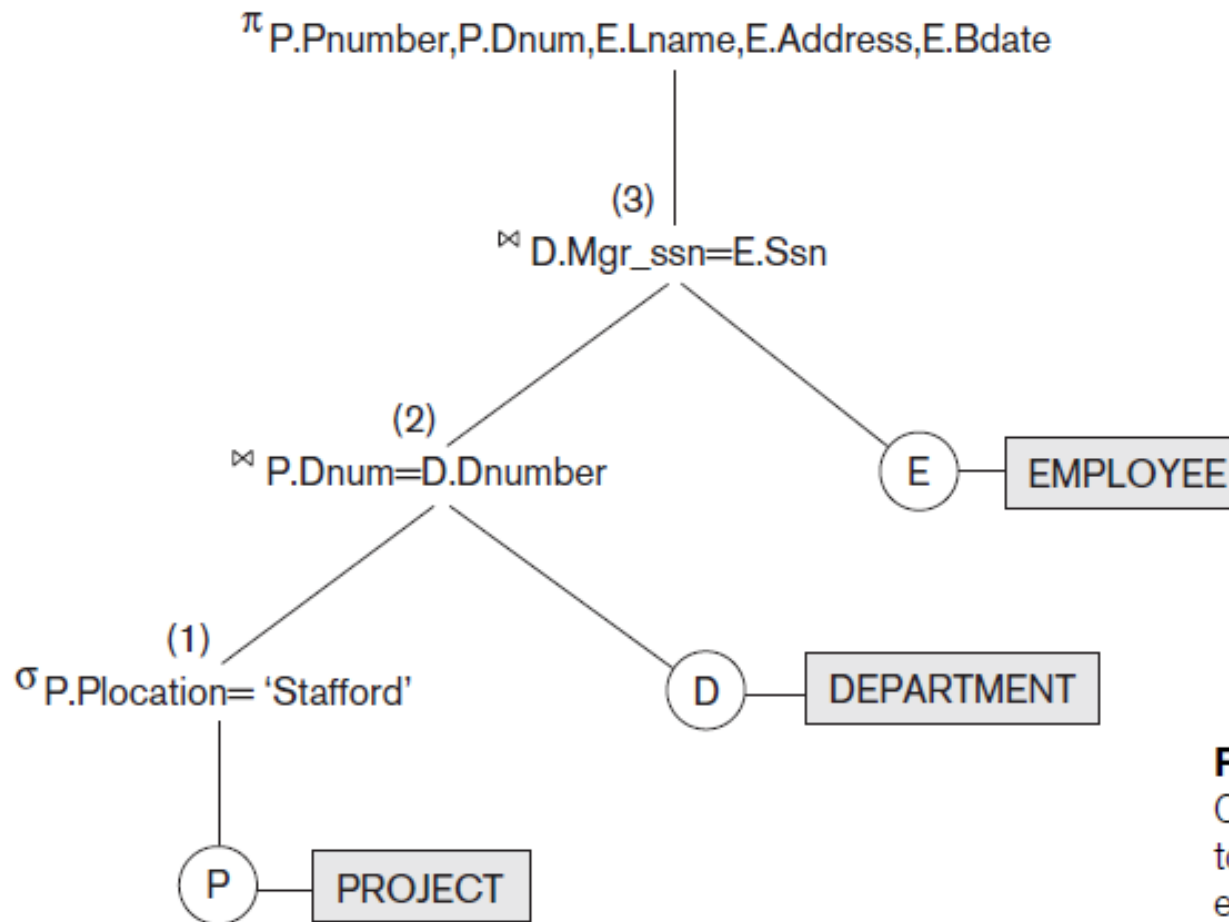
UNION	Produces a relation that includes all the tuples in $R_1$ or $R_2$ or both $R_1$ and $R_2$ ; $R_1$ and $R_2$ must be union compatible.	$R_1 \cup R_2$
INTERSECTION	Produces a relation that includes all the tuples in both $R_1$ and $R_2$ ; $R_1$ and $R_2$ must be union compatible.	$R_1 \cap R_2$
DIFFERENCE	Produces a relation that includes all the tuples in $R_1$ that are not in $R_2$ ; $R_1$ and $R_2$ must be union compatible.	$R_1 - R_2$
CARTESIAN PRODUCT	Produces a relation that has the attributes of $R_1$ and $R_2$ and includes as tuples all possible combinations of tuples from $R_1$ and $R_2$ .	$R_1 \times R_2$
DIVISION	Produces a relation $R(X)$ that includes all tuples $t[X]$ in $R_1(Z)$ that appear in $R_1$ in combination with every tuple from $R_2(Y)$ , where $Z = X \cup Y$ .	$R_1(Z) \div R_2(Y)$

# Notation for Query Trees

## تدوين لشجرة الاستعلام

### ■ Query tree

- Represents the input relations of query as leaf nodes of the tree
- يمثل علاقات الإدخال الخاصة بالاستعلام كعقد طرفية للشجرة
- Represents the relational algebra operations as internal nodes
- يمثل عمليات الجبر العلائقي كعقد داخلية



**Figure 6.9**  
Query tree corresponding  
to the relational algebra  
expression for Q2.

# Additional Relational Operations

عمليات علائقية إضافية

## ■ **Generalized projection** إسقاط عام

- Allows functions of attributes to be included in the projection list

- يسمح بتضمين وظائف السمات في قائمة الإسقاط

$$\pi_{F_1, F_2, \dots, F_n}(R)$$

## ■ **Aggregate functions and grouping**

### ■ تجميع الوظائف والتجميع

- Common functions applied to collections of numeric values

- يتم تطبيق الدالات الشائعة على مجموعات القيم الرقمية

- Include SUM, AVERAGE, MAXIMUM, and MINIMUM

قم بتضمين

# Additional Relational Operations (cont'd.)

- Group tuples by the value of some of their attributes
- جَمْع المجموعات حسب قيمة بعض سماتها
  - Apply aggregate function independently to each group
  - تطبيق وظيفة التجميع بشكل مستقل على كل مجموعة

$$\langle \text{grouping attributes} \rangle \mathcal{F} \langle \text{function list} \rangle (R)$$

### Figure 6.10

The aggregate function operation.

- a.  $\rho_{R(Dno, No\_of\_employees, Average\_sal)}(Dno \int COUNT Ssn, AVERAGE Salary(EMPLOYEE)).$
- b.  $Dno \int COUNT Ssn, AVERAGE Salary(EMPLOYEE).$
- c.  $\int COUNT Ssn, AVERAGE Salary(EMPLOYEE).$

R

(a)

Dno	No_of_employees	Average_sal
5	4	33250
4	3	31000
1	1	55000

(b)

Dno	Count_ssn	Average_salary
5	4	33250
4	3	31000
1	1	55000

(c)

Count_ssn	Average_salary
8	35125

<sup>8</sup>Note that this is an arbitrary notation we are suggesting. There is no standard notation.

# Recursive Closure Operations

## عمليات إغلاق متكررة

- Operation applied to a **recursive relationship** between tuples of same type
- يتم تطبيق العملية على علاقة عودية بين مجموعات من نفس النوع

```
BORG_SSN ←  $\pi_{Ssn}(\sigma_{Fname='James' \text{ AND } Lname='Borg'}(EMPLOYEE))$   
SUPERVISION(Ssn1, Ssn2) ←  $\pi_{Ssn, Super\_ssn}(EMPLOYEE)$   
RESULT1(Ssn) ←  $\pi_{Ssn1}(SUPERVISION \bowtie_{Ssn2=Ssn} BORG\_SSN)$ 
```

# OUTER JOIN Operations

## عمليات الانضمام الخارجية

### ■ Outer joins الصلات الخارجية

- Keep all tuples in  $R$ , or all those in  $S$ , or all those in both relations regardless of whether or not they have matching tuples in the other relation

- احتفظ بجميع المجموعات في  $R$

، أو كل تلك الموجودة في  $S$  ، أو كل تلك الموجودة في كلا العلاقات بغض النظر عما إذا كان لديهم مجموعات متطابقة في العلاقة الأخرى أم لا

#### ■ Types

- LEFT OUTER JOIN, RIGHT OUTER JOIN, FULL OUTER JOIN

- الانضمام  $TEMP \leftarrow (EMPLOYEE \bowtie_{Ssn=Mgr\_ssn} DEPARTMENT)$  ل إلى الخارج

- Example:  $RESULT \leftarrow \pi_{Fname, Minit, Lname, Dname}(TEMP)$



# The OUTER UNION Operation

## عملية الاتحاد الخارجي

- Take union of tuples from two relations that have some common attributes
- خذ اتحاد الصفوف من علاقيتين لهما بعض السمات المشتركة
  - غير متوافق مع (نوع) الاتحاد Not union (type) compatible
- **متوافق جزئياً Partially compatible**
  - All tuples from both relations included in the result
  - تم تضمين جميع المجموعات من كلا العلاقتين في النتيجة
  - Tut tuples with the same value combination will appear only once
  - ستظهر مجموعات Tut ذات تركيبة القيمة نفسها مرة واحدة فقط

# Examples of Queries in Relational Algebra

أمثلة من الاستعلامات في الجبر العلائقي

**Query 1.** Retrieve the name and address of all employees who work for the 'Research' department.

```
RESEARCH_DEPT  $\leftarrow \sigma_{Dname='Research'}(DEPARTMENT)$   
RESEARCH_EMPS  $\leftarrow (RESEARCH\_DEPT \bowtie_{Dnumber=Dno} EMPLOYEE)$   
RESULT  $\leftarrow \pi_{Fname, Lname, Address}(RESEARCH\_EMPS)$ 
```

As a single in-line expression, this query becomes:

```
 $\pi_{Fname, Lname, Address}(\sigma_{Dname='Research'}(DEPARTMENT \bowtie_{Dnumber=Dno}(EMPLOYEE)))$ 
```

# Examples of Queries in Relational Algebra (cont'd.)

**Query 2.** For every project located in 'Stafford', list the project number, the controlling department number, and the department manager's last name, address, and birth date.

```
STAFFORD_PROJS  $\leftarrow \sigma_{Plocation='Stafford'}(PROJECT)$   
CONTR_DEPTS  $\leftarrow (STAFFORD\_PROJS \bowtie_{Dnum=Dnumber} DEPARTMENT)$   
PROJ_DEPT_MGRS  $\leftarrow (CONTR\_DEPTS \bowtie_{Mgr\_ssn=Ssn} EMPLOYEE)$   
RESULT  $\leftarrow \pi_{Pnumber, Dnum, Lname, Address, Bdate}(PROJ\_DEPT\_MGRS)$ 
```

**Query 3.** Find the names of employees who work on *all* the projects controlled by department number 5.

```
DEPT5_PROJS  $\leftarrow \rho_{(Pno)}(\pi_{Pnumber}(\sigma_{Dnum=5}(PROJECT)))$   
EMP_PROJ  $\leftarrow \rho_{(Ssn, Pno)}(\pi_{Essn, Pno}(WORKS\_ON))$   
RESULT_EMP_SSNS  $\leftarrow EMP\_PROJ \div DEPT5\_PROJS$   
RESULT  $\leftarrow \pi_{Lname, Fname}(RESULT\_EMP\_SSNS * EMPLOYEE)$ 
```

# Examples of Queries in Relational Algebra (cont'd.)

**Query 6.** Retrieve the names of employees who have no dependents.

This is an example of the type of query that uses the MINUS (SET DIFFERENCE) operation.

```
ALL_EMPS  $\leftarrow \pi_{\text{Ssn}}(\text{EMPLOYEE})$   
EMPS_WITH_DEPS(Ssn)  $\leftarrow \pi_{\text{Essn}}(\text{DEPENDENT})$   
EMPS_WITHOUT_DEPS  $\leftarrow (\text{ALL\_EMPS} - \text{EMPS\_WITH\_DEPS})$   
RESULT  $\leftarrow \pi_{\text{Lname, Fname}}(\text{EMPS\_WITHOUT\_DEPS} * \text{EMPLOYEE})$ 
```

**Query 7.** List the names of managers who have at least one dependent.

```
MGRS(Ssn)  $\leftarrow \pi_{\text{Mgr\_ssn}}(\text{DEPARTMENT})$   
EMPS_WITH_DEPS(Ssn)  $\leftarrow \pi_{\text{Essn}}(\text{DEPENDENT})$   
MGRS_WITH_DEPS  $\leftarrow (\text{MGRS} \cap \text{EMPS\_WITH\_DEPS})$   
RESULT  $\leftarrow \pi_{\text{Lname, Fname}}(\text{MGRS\_WITH\_DEPS} * \text{EMPLOYEE})$ 
```

# The Tuple Relational Calculus

## حساب التفاضل والتكامل العلائقي

- Declarative expression تعبير تعريفي
  - Specify a retrieval request nonprocedural language حدد طلب استرداد لغة غير إجرائية
- Any retrieval that can be specified in basic relational algebra
- أي استرجاع يمكن تحديده في الجبر العلائقي الأساسي
  - Can also be specified in relational calculus
  - يمكن أيضًا تحديدها في حساب التفاضل والتكامل

# Tuple Variables and Range Relations

و علاقات المدى Tuple متغيرات

## ■ Tuple variables

- Ranges over a particular database relation

- نطاقات على علاقة قاعدة بيانات معينة

$$\{t \mid \text{COND}(t)\}$$

## ■ Satisfy $\text{COND}(t)$ :

## ■ Specify:

- Range relation  $R$  of  $t$
- Select particular combinations of tuples
- حدد مجموعات معينة من المجموعات
- Set of attributes to be retrieved (**requested attributes**)  
مجموعة السمات المراد استردادها (السمات المطلوبة)



# Expressions and Formulas in Tuple Relational Calculus

التعبيرات والصيغ في حساب التفاضل والتكامل العلائقي

- General expression of tuple relational calculus is of the form:

- التعبير العام عن حساب التفاضل والتكامل العلائقي هو الشكل:

$$\{t_1.A_j, t_2.A_k, \dots, t_n.A_m \mid \text{COND}(t_1, t_2, \dots, t_n, t_{n+1}, t_{n+2}, \dots, t_{n+m})\}$$

- **Truth value** of an atom

- Evaluates to either TRUE or FALSE for a specific combination of tuples

- يتم التقييم إلى صح أو خطأ لمجموعة محددة من المجموعات

- **Formula** (Boolean condition) (الصيغة (الشرط المنطقي))

- Made up of one or more atoms connected via logical operators **AND**, **OR**, and **NOT** و **AND** تتكون من ذرة واحدة أو أكثر متصلة عبر عوامل التشغيل المنطقية **AND**, **OR**, و **NOT**

# Existential and Universal Quantifiers

## المحددات الوجودية والعالمية

- **Universal quantifier** ( $\forall$ ) مُحدّد كَمِّي عالمي
- **Existential quantifier** ( $\exists$ ) محدد الكم الوجودي
- Define a tuple variable in a formula as **free** or **bound**
- tuple محدد متغير
- في صيغة حرة أو منضمة



# Sample Queries in Tuple Relational Calculus

استعلامات نموذجية في حساب التفاضل والتكامل العلائقي

**Query 1.** List the name and address of all employees who work for the 'Research' department.

**Q1:**  $\{t.Fname, t.Lname, t.Address \mid \text{EMPLOYEE}(t) \text{ AND } (\exists d)(\text{DEPARTMENT}(d) \text{ AND } d.Dname='Research' \text{ AND } d.Dnumber=t.Dno)\}$

**Query 4.** Make a list of project numbers for projects that involve an employee whose last name is 'Smith', either as a worker or as manager of the controlling department for the project.

**Q4:**  $\{ p.Pnumber \mid \text{PROJECT}(p) \text{ AND } (((\exists e)(\exists w)(\text{EMPLOYEE}(e) \text{ AND } \text{WORKS\_ON}(w) \text{ AND } w.Pno=p.Pnumber \text{ AND } e.Lname='Smith' \text{ AND } e.Ssn=w.Essn) ) \text{ OR } ((\exists m)(\exists d)(\text{EMPLOYEE}(m) \text{ AND } \text{DEPARTMENT}(d) \text{ AND } p.Dnum=d.Dnumber \text{ AND } d.Mgr\_ssn=m.Ssn \text{ AND } m.Lname='Smith'))))\}$

# Notation for Query Graphs

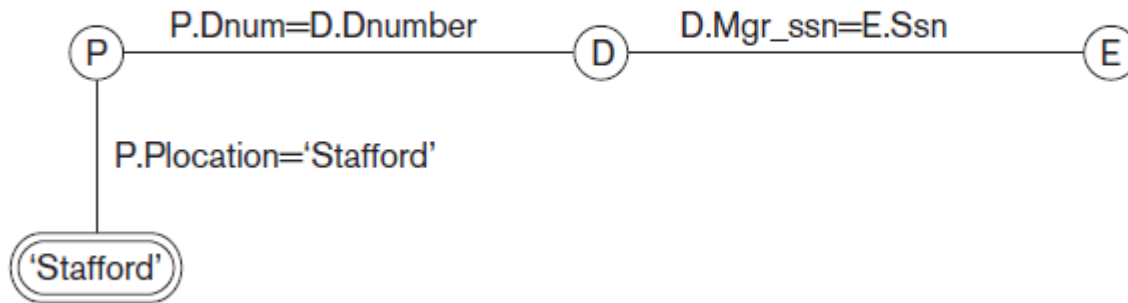
## تدوين لرسومات الاستعلام

[P.Pnumber,P.Dnum]

[E.Lname,E.address,E.Bdate]

**Figure 6.13**

Query graph for Q2.



# Transforming the Universal and Existential Quantifiers

## تحويل المحددات العالمية والوجودية

- Transform one type of quantifier into other with negation (preceded by **NOT**)
- تحويل نوع واحد من المحددات الكمية إلى أخرى مع النفي (NOT) مسبقاً
  - **AND** and **OR** replace one another
  - و و أو استبدال بعضهما البعض
  - Negated formula becomes unnegated
  - تصبح الصيغة المنفية غير مرتبطة
  - Unnegated formula becomes negated
  - تصبح الصيغة غير المقيدة باطلة

# Using the Universal Quantifier in Queries

## استخدام المحدد العالمي في الاستعلامات

**Query 3.** List the names of employees who work on *all* the projects controlled by department number 5. One way to specify this query is to use the universal quantifier as shown:

**Q3:**  $\{e.Lname, e.Fname \mid \text{EMPLOYEE}(e) \text{ AND } ((\forall x)(\text{NOT}(\text{PROJECT}(x)) \text{ OR NOT } (x.Dnum=5) \text{ OR } ((\exists w)(\text{WORKS\_ON}(w) \text{ AND } w.Essn=e.Ssn \text{ AND } x.Pnumber=w.Pno))))))\}$

**Q3A:**  $\{e.Lname, e.Fname \mid \text{EMPLOYEE}(e) \text{ AND } (\text{NOT } (\exists x) (\text{PROJECT}(x) \text{ AND } (x.Dnum=5) \text{ AND } (\text{NOT } (\exists w)(\text{WORKS\_ON}(w) \text{ AND } w.Essn=e.Ssn \text{ AND } x.Pnumber=w.Pno))))))\}$

# Safe Expressions

## تعبير آمنة

- Guaranteed to yield a finite number of tuples as its result
- مضمون لإعطاء عدد محدود من المجموعات كنتيجة لها
  - Otherwise expression is called **unsafe**
  - وإلا يسمى التعبير غير آمن
- Expression is **safe** التعبير آمن
  - If all values in its result are from the domain of the expression
  - إذا كانت جميع القيم في نتيجتها من مجال التعبير

# The Domain Relational Calculus

## مجال حساب التفاضل والتكامل

- Differs from tuple calculus in type of variables used in formulas
- يختلف عن حساب التفاضل والتكامل في نوع المتغيرات المستخدمة في الصيغ
  - Variables range over single values from domains of attributes تتراوح المتغيرات على قيم مفردة من مجالات السمات
- Formula is made up of **atoms** الصيغة مكونة من ذرات
  - Evaluate to either TRUE or FALSE for a specific set of values
  - لمجموعة معينة من القيم TRUE أو FALSE قم بالتقييم إلى
    - Called the **truth values** of the atoms
    - تسمى قيم الحقيقة للذرات

# The Domain Relational Calculus (cont'd.)

## ■ QBE language

- Based on domain relational calculus
- على أساس المجال العلائقية حساب التفاضل والتكامل

**Query 1.** Retrieve the name and address of all employees who work for the 'Research' department.

**Q1:**  $\{q, s, v \mid (\exists z) (\exists l) (\exists m) (\text{EMPLOYEE}(qrstuvwxyz) \text{ AND } \text{DEPARTMENT}(lmno) \text{ AND } l = \text{'Research'} \text{ AND } m = z)\}$

**Query 2.** For every project located in 'Stafford', list the project number, the controlling department number, and the department manager's last name, birth date, and address.

**Q2:**  $\{i, k, s, u, v \mid (\exists j) (\exists m) (\exists n) (\exists t) (\text{PROJECT}(hijk) \text{ AND } \text{EMPLOYEE}(qrstuvwxyz) \text{ AND } \text{DEPARTMENT}(lmno) \text{ AND } k = m \text{ AND } n = t \text{ AND } j = \text{'Stafford'})\}$