قواعد البيانات ونظام إدارة قواعد البيانات ومعماريتها

الأهداف التعليمية للمحاضرة:

1- تعريف قاعدة البيانات ومكوناتها الأساسية، وأهم أنواعها، وتحديد وظائف نظام إدارة قواعد البيانات (DBMS)

2- شرح كيفية عمل نموذج المستويات الثلاثة لمعمارية نظام إدارة قواعد البيانات.

3- تطبيق العوامل التي يجب مراعاتها عند اختيار قاعدة البيانات المناسبة لسيناريو عمل معين.

4- مقارنة وتحليل مزايا وعيوب أنواع قواعد البيانات المختلفة، وتحديد الأنسب منها لتطبيقات محددة.

1. قاعدة البيانات (Data Base):

1.1. تعريف قاعدة البيانات: يمكن تعريف قاعدة البيانات على أنها:

"مجموعة من البيانات المترابطة منطقيًا، ووصف لهذه البيانات، مصممة لتلبية احتياجات معلومات المنظمة".

"مستودع منظم ومنطقي للبيانات، يهدف إلى توفير وصول سهل وفعال للمعلومات التي تحتاجها المنظمة في عملياتها".

تُعد قاعدة البيانات (Database) نظامًا منظمًا يُستخدم لتخزين البيانات، إدارتها، واسترجاعها بطريقة فعّالة وآمنة. وتتميز قواعد البيانات الحديثة بعدد من الخصائص الأساسية التي تُميزها عن أساليب تخزين البيانات التقليدية، ومن أبرز هذه الخصائص ما يأتي:

- ✓ **الترابط المنطقي بين البيانات:** تُنظَّم البيانات داخل قاعدة البيانات وفق نماذج محددة (مثل النموذج العلاقي)، مما يسمح بوجود ترابط منطقي بين الجداول والعناصر المختلفة، ويعزز من إمكانية الربط بين الكيانات والسمات المتنوعة.
- ✓ **التحكم المركزي في البيانات:** تُدار قاعدة البيانات بواسطة نظام إدارة قواعد البيانات(DBMS) ، مما يسمح بتحقيق تحكم مركزي في العمليات المتعلقة بإدخال، تعديل، حذف، واسترجاع البيانات، مع تحديد الصلاحيات المناسبة للمستخدمين.
- ✓ **الاستقلالية بين البيانات والبرامج:** تُمكِّن قاعدة البيانات من فصل البيانات عن البرامج التي تستخدمها، بحيث يمكن تغيير هيكل البيانات دون الحاجة إلى تعديل البرمجيات المرتبطة بها، مما يعزز من مرونة النظام وقابلية صيانته.
- ✓ **تقليل التكرار والتضارب:** من خلال اعتماد مبادئ التطبيع* (Normalization) ، تَقلّ نسبة التكرار غير الضروري للبيانات، مما يحد من التضارب ويوفر بيئة بيانات أكثر دقة واتساقًا.

* . تطبيع البيانات، أو تطبيع قاعدة البيانات، هو عملية تنظيم وهيكلة قاعدة بيانات لتقليل تكرار البيانات.

- ✓ **الأمن والخصوصية:** توفّر قواعد البيانات إمكانيات متقدمة لتأمين المعلومات، مثل التحكم في الوصول (Access Control) وتحديد الأذونات، مما يضمن حماية البيانات من الوصول غير المصرح به.
- ✓ **التكامل والاتساق:** تُفرض قواعد التحقق من الصحة والقيود (Constraints) لضمان إدخال بيانات صحيحة ومتسقة وفق المعايير المحددة مسبقًا، مما يحافظ على جودة البيانات.
- ✓ **الدعم للاستعلامات:** تُمكِّن لغات الاستعلام مثل SQL المستخدمين من تنفيذ استعلامات معقدة لاستخراج وتحليل البيانات وفق شروط دقيقة، مما يُسهّل عملية اتخاذ القرار.
- ✓ **النسخ الاحتياطي والاسترجاع:** تدعم أنظمة إدارة قواعد البيانات آليات متقدمة للنسخ الاحتياطي الدوري واسترجاع البيانات في حال حدوث خلل أو فقدان، مما يعزز من استمرارية العمل وتقليل المخاطر.
- ✓ **تعدد المستخدمين:** تتيح قواعد البيانات الحديثة إمكانية الوصول المتزامن من قِبل عدة مستخدمين مع الحفاظ على تناسق البيانات وعدم تعارض العمليات من خلال تقنيات إدارة التزامن .
- ✓ **قابلية التوسع والصيانة:** يُمكن توسيع قاعدة البيانات لتستوعب كميات متزايدة من البيانات والمستخدمين، كما تُسهّل بنية قاعدة البيانات القابلة للتعديل صيانتها وتحديثها على المدى الطويل.

2.1. مكونات قاعدة البيانات: تتكون قاعدة البيانات كنظام (**من منظور نظام قاعدة البيانات**) من عدة مكونات أساسية تعمل معًا لتخزين البيانات وإدارتها وتوفير الوصول إليها. هذه المكونات تشمل:

- **الأجهزة (العتاد) (Hardware):** يتضمن جميع الأجهزة المادية التي تشكل جزءًا من نظام قاعدة البيانات، مثل الخوادم، وأجهزة التخزين، وأجهزة الإدخال/الإخراج، وشبكات الاتصال.

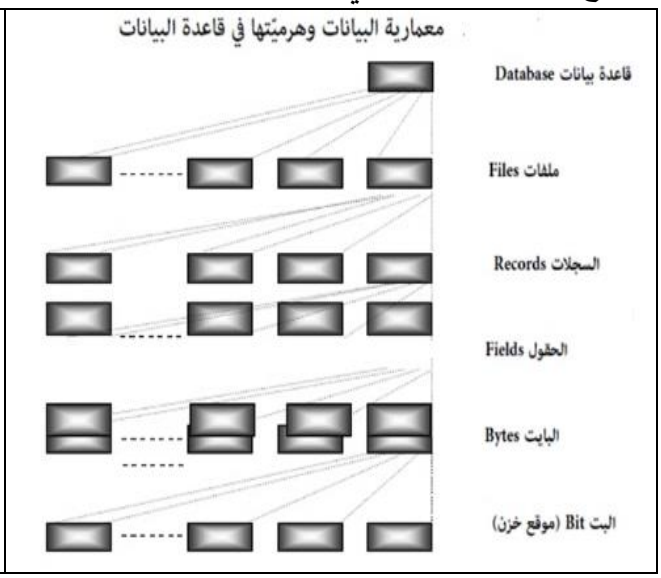
ملاحظة: بالنسبة لقواعد البيانات السحابية (هي قاعدة بيانات موجودة على الإنترنت، يمكن الوصول إليها وإدارتها عن بُعد، دون الحاجة لتركيب أو صيانة أجهزة خاصة. تتميز بإمكانية الوصول من أي مكان، القابلية للتوسع بسهولة. النسخ الاحتياطي والأمان المُدار تلقائيًا. بالإضافة إلى أنها ليست بحاجة لإدارة بنية تحتية مادية)

– فهي لا تحتاج إلى معدات من طرف المستخدم، لأن البنية التحتية تُدار عن بُعد من قبل مزود الخدمة السحابية، فقط جهاز متصل بالإنترنت للدخول وإدارة القاعدة. في حين أن ومزود الخدمة السحابية يحتاج إلى تجهيزات ومعدات متقدمة مثل السيرفرات، أجهزة تخزين، وشبكات قوية داخل مراكز البيانات لتشغيل وحماية قاعدة البيانات السحابية.

- **البرمجيات (Software):** يشمل جميع البرامج التي تدير قاعدة البيانات، بما في ذلك نظام إدارة قواعد البيانات(DBMS) ، ونظام التشغيل، وبرامج التطبيقات التي تتفاعل مع قاعدة البيانات.
- **البيانات (Data):** هي البيانات المخزنة في قاعدة البيانات، وتشمل الحقائق والأرقام والنصوص والصور ومقاطع الفيديو وأي نوع آخر من البيانات ذات الصلة بالمنظمة. وتتمثل **مكونات قاعدة البيانات الأساسية** (**من**

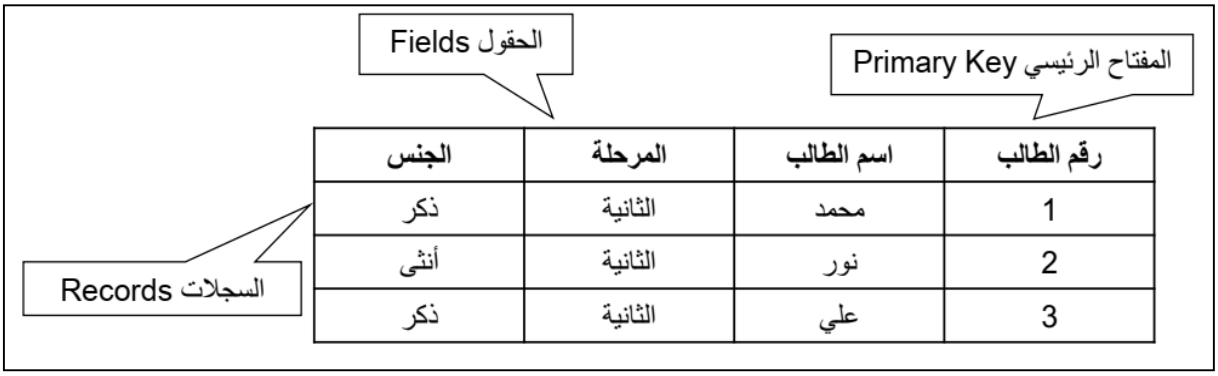
منظور تنظيم البيانات) أو الوحدات المنطقية لتنظيم البيانات من:

1. **الحقول (Fields)**: هي أصغر وحدة في قاعدة البيانات، وتمثل خاصية واحدة لكيان ما. على سبيل المثال، في جدول "العملاء"، يمكن أن يكون "اسم العميل" و "عنوان العميل" حقلين . مع رقم العميل **كحقل المفتاح الرئيسي**.
2. **السجلات (Records)**: هي مجموعة من الحقول ذات الصلة التي تمثل كيانًا واحدًا. على سبيل المثال، في جدول "العملاء"، يمثل سجل واحد جميع الحقول المتعلقة بعميل معين (اسمه، عنوانه، رقم هاتفه، إلخ).
3. **الملفات (Files)**: هي مجموعة من السجلات المتشابهة. على سبيل المثال، يحتوي ملف "العملاء" على جميع سجلات العملاء في قاعدة البيانات.



ملاحظة: يقال إن **الحقل هو أصغر وحدة** في قاعدة البيانات لأن قاعدة البيانات تتعامل مع **الحقول** كوحدات تنظيمية أساسية في تخزين البيانات (من المنظور المنطقي/ الوظيفي)، وليس البتات أو البايتات التي تُدار على المستوى التقني الرقمي (برمجي/فيزيائي) "هذا يهم مبرمجي الأنظمة، وأصحاب التخصص في الهاردوير".

تحتوي قاعدة البيانات على:



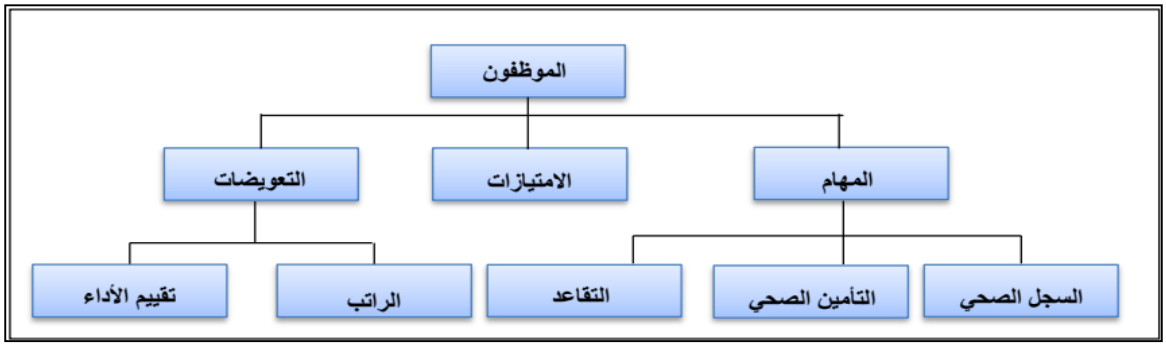
رقم الطالب	اسم الطالب	المرحلة	الجنس
1	محمد	الثانية	ذكر
2	نور	الثانية	أنثى
3	علي	الثانية	ذكر

- **الشبكات:** يمكن اعتبار **الشبكات مكونًا داعمًا ومهمًا** في نظام قاعدة البيانات، خصوصًا في الأنظمة الحديثة والمعتمدة على الإنترنت، في قاعدة بيانات سحابية فبدون الشبكة، لا يمكن الوصول إلى القاعدة. كما تُستخدم لإدارة الاتصالات، الأمان، والتحكم في الوصول.
- **الإجراءات (Procedures):** هي مجموعة من التعليمات والقواعد التي تحدد كيفية استخدام قاعدة البيانات وإدارتها، بما في ذلك إجراءات تثبيت وتكوين نظام إدارة قواعد البيانات، وإجراءات النسخ الاحتياطي والاستعادة، وإجراءات الأمان، وإجراءات معالجة الاستعلامات.
- **الأفراد (People):** يشمل جميع الأشخاص الذين يتفاعلون مع قاعدة البيانات، بما في ذلك:
  - **الاختصاصيون (المصممون، المطورون،...):** يقومون بإنشاء تطبيقات تتفاعل مع قاعدة البيانات.
  - **المستخدمون النهائيون:** يقومون بالوصول إلى البيانات واستخدامها وإدخالها من خلال التطبيقات.

3.1. أهم أنواع قواعد البيانات: هناك العديد من قواعد البيانات المتاحة، ولكل منها نقاط قوة وضعف. وفيما يلي أهمها:

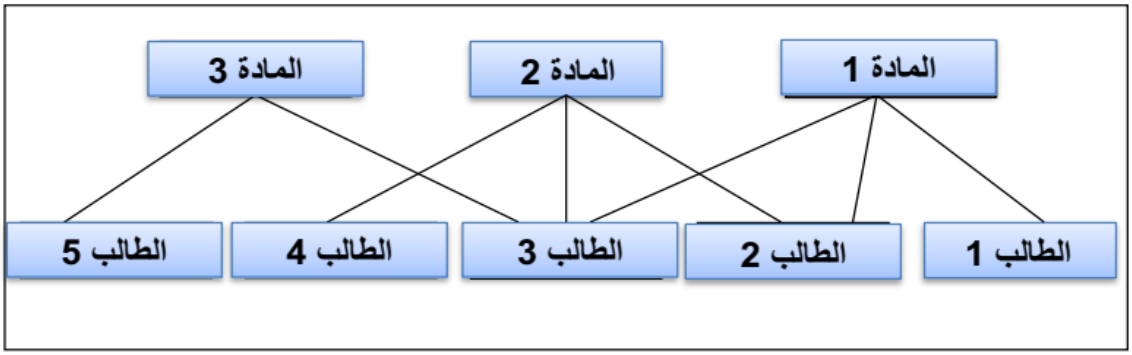
- **قواعد البيانات الهرمية:** ظهرت هذه القواعد مع نظم الحاسوب الكبيرة، وهو أقدم قواعد البيانات المنطقية، وقد صمم هيكلها من علاقات بين السجلات التي تشكل هيكل شجري ومستويات هرمية، ولهذا تعبر هذه التركيبة عن نمط العلاقات واحد –إلى كثير (One–to–Many) هي تستطيع أن تخزن عددًا كبيرًا من الأجزاء، وأن تعالج المعلومات بشكل كبير. تفتقد للمرونة والتجاوب الجيد مع المستخدم، بالإضافة إلى التعقيد في البرمجة. كما أن تخزن البيانات في تركيب هرمي؛ وبالتالي يكون من الصعب إجراء تغيير أو تعديل على هذا التركيب.

الشكل (): معمارية قاعدة بيانات هرمية



- **قواعد البيانات الشبكية:** يتم تخزين البيانات في الهيكل الشبكي بصورة سلاسل مترابطة من البيانات؛ وبالتالي يمثل هذا الهيكل علاقات منطقية أكثر تعقيدا. ولا يزال يستخدم مع نظم إدارة قواعد البيانات لنظم الحاسوب الكبيرة، وتمثل هذه التركيبة نمط علاقات الكثير إلى – كثير بين السجلات (Many-to-Many). وهي قواعد بيانات غير مرنة ومعقدة من الناحية البرمجية والصيانة. إلا أنها تعالج المعلومات بشكل كفوء.

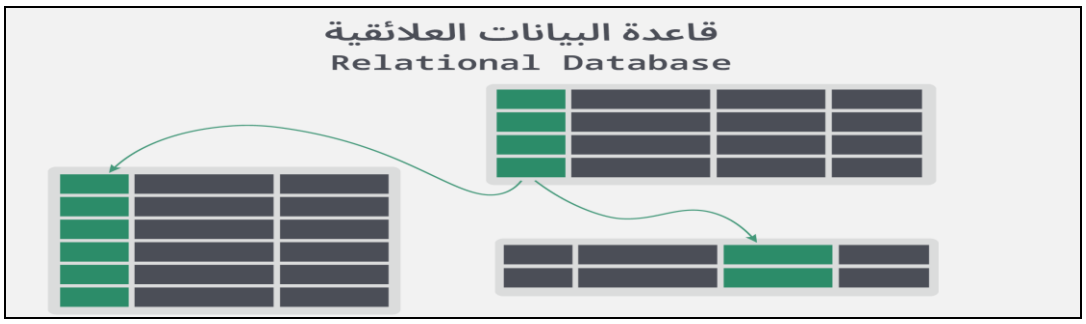
الشكل (): معمارية قاعدة بيانات الشبكية



- **قواعد البيانات العلائقيةSQL:** تنظم فيها البيانات بشكل جداول وتكون هناك علاقات بين هذه الجداول (الجداول هي عبارة عن مخازن للبيانات في شبكة من الصفوف (سجلات الجدول وبياناته: **Record**) والأعمدة (صفات الجدول: **Attributes**)، ومن أهم الأمثلة عن هذه القواعد نجد: **SQL ،MySQL Server ،Access ،IBM DB2**... الخ

مثال عن قاعدة بيانات علائقية:

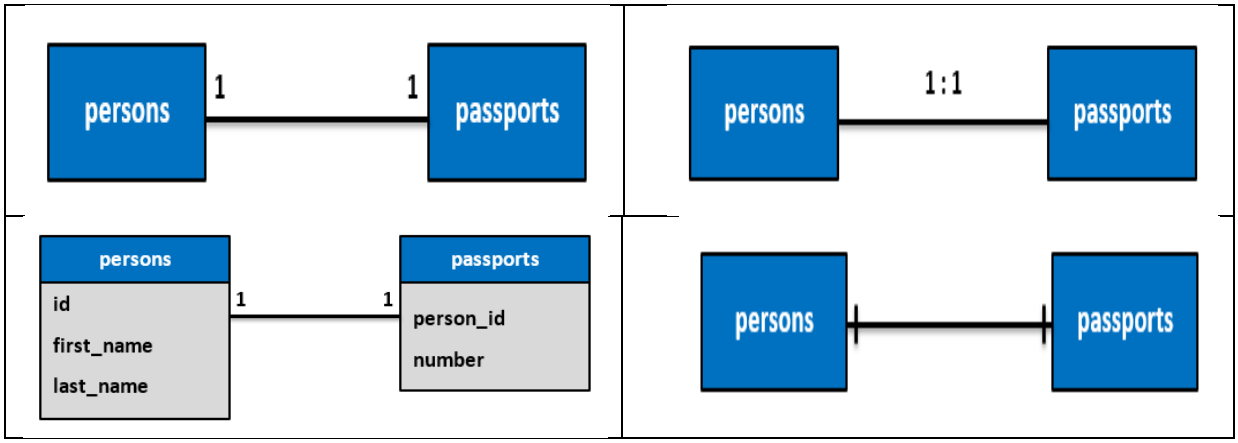
الشكل (): تمثيل قاعدة البيانات العلائقية



ملاحظة: أنواع العلاقات في قاعدة البيانات العلائقية:

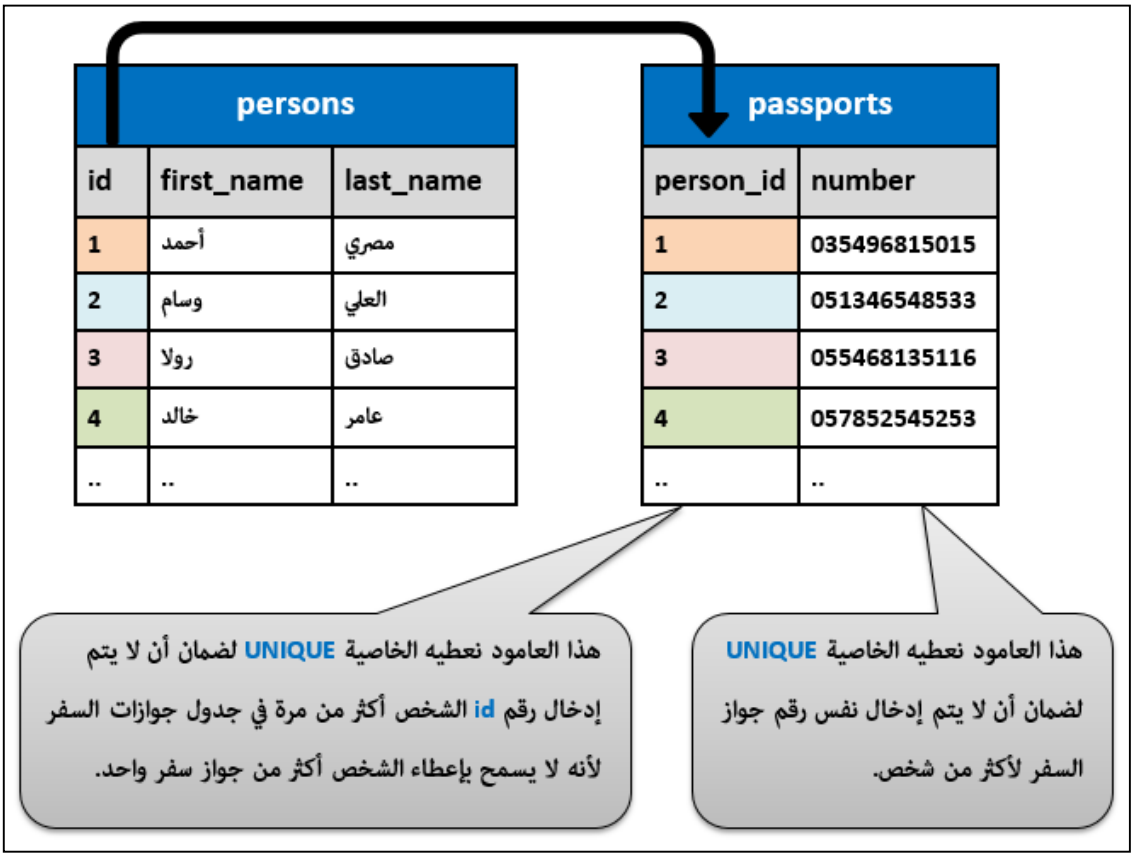
❖ **علاقة واحد لواحد 1 : 1 (One to One):** هذه العلاقة تعني أن كل قيمة في الجدول، لا يمكن أن يستخدمها الجدول الآخر أكثر من مرة واحدة.

الشكل ( ): تمثيل علاقة واحد لواحد في قاعدة البيانات العلائقية



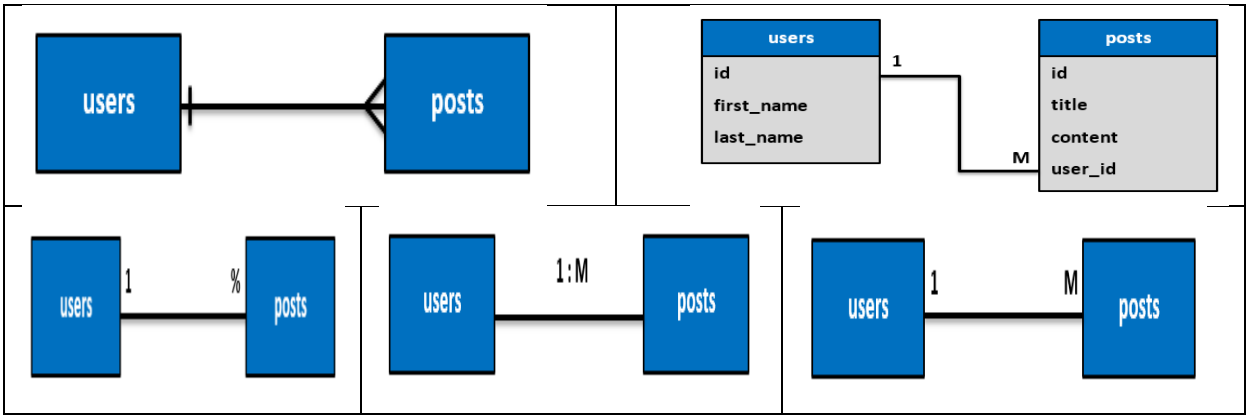
مثال:

الشكل ( ): تمثيل لقاعدة البيانات العلائقية (واحد لواحد)



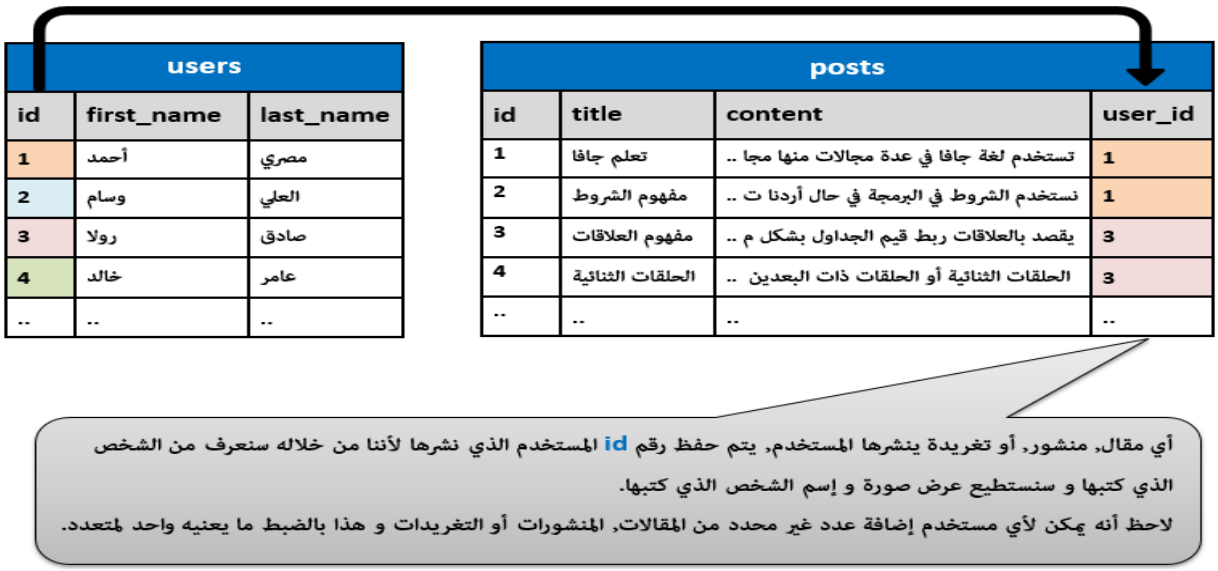
❖ **علاقة واحد لمتعدد (One to Many) M : 1:** هذه العلاقة تعني أنه كل قيمة في الجدول، يمكن أن يستخدمها الجدول الآخر بالقدر الذي يريده. هي أكثر نوع من العلاقات التي نتعامل معها.

الشكل ( ): تمثيل علاقة واحد لمتعدد في قاعدة البيانات العلائقية



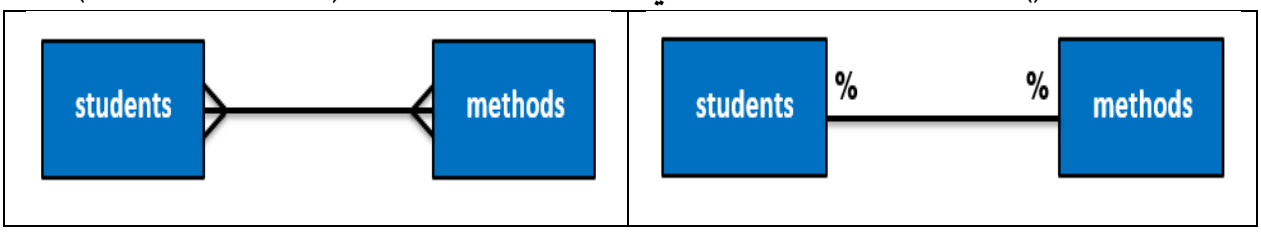
مثال:

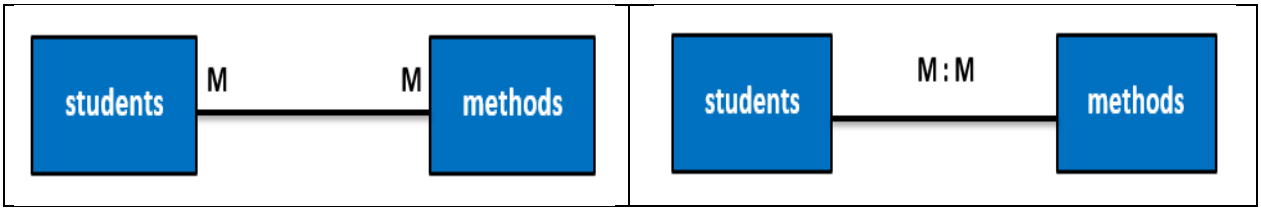
الشكل ( ): تمثيل لقاعدة البيانات العلائقية (واحد لمتعدد)



❖ **علاقة متعدد لمتعدد M : M (Many to Many)**: هذه العلاقة تعني أن كل قيمة في الجدول، يمكن أن يستخدمها الجدول الآخر بالقدر الذي يريده و العكس صحيح.

الشكل ( ): تمثيل علاقة متعدد لمتعدد في قاعدة البيانات العلائقية (طلاب ومواد اختبارات)

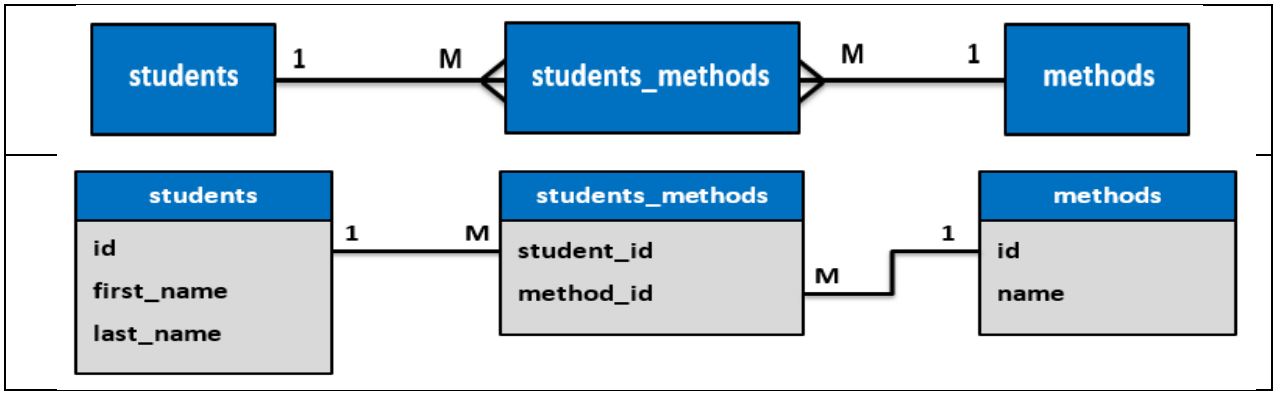




في مثالنا السابق حول الطلاب و المواد، لا بد لنا أن نضع معلومات الطلاب في جدول ومعلومات المواد في جدول آخر. بعدها يجب أن نفكر بطريقة لربط هذين الجدولين مع بعضهما حتى نستطيع معرفة مواد كل طالب أو من هم طلاب كل مادة.

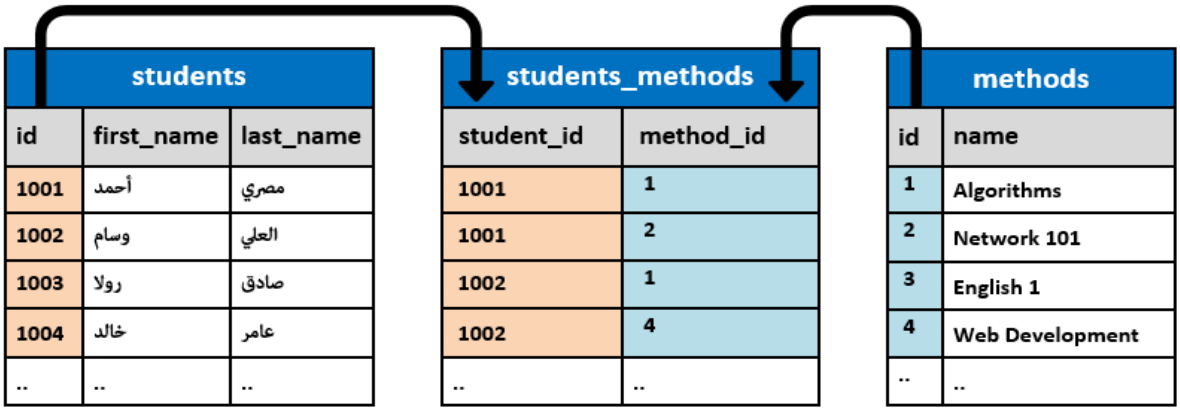
قاعدة عامة: لربط أي جدولين بشكل تكون العلاقة بينهما متعدد لمتعدد، يجب أن تنشئ جدول ثالث حتى يكون وسيط بينهما. إذاً في العلاقة التي نوعها متعدد لمتعدد، لا يمكنك ربط معلومات الجدولين مع بعضهما إلا بإضافة جدول ثالث يكون بمثابة وسيط بينهما. الآن، بما أن كل طالب في جدول الطلاب يملك رقم id خاص به وكل مادة في جدول المواد تملك رقم id خاص بها أيضاً، سنعتمد على هذه الأرقام في الجدول الوسيط من أجل تحديد كل طالب في أي مادة مسجل لأنها الشيء الوحيد الذي نستطيع من خلاله تمييز الطلاب عن بعضهم وتمييز المواد عن بعضها. عند إضافة جدول وسيط بين الجدولين سيصبح شكل الرسم كالتالي.

الشكل (): طريقة انشاء رسم لعلاقة متعدد لمتعدد في قاعدة البيانات العلائقية (طلاب ومواد اختبارات)



مثال

الشكل (): تمثيل لقاعدة البيانات العلائقية (متعدد لمتعدد)



students

id	first_name	last_name
1001	أحمد	مصري
1002	وسام	العلي
1003	رولا	صادق
1004	خالد	عامر
..	..	..

students_methods

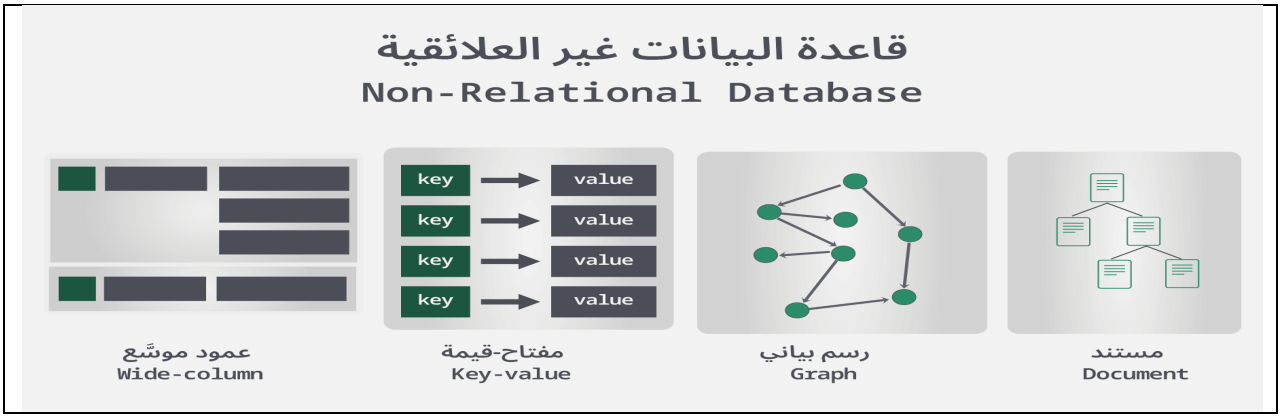
student_id	method_id
1001	1
1001	2
1002	1
1002	4
..	..

methods

id	name
1	Algorithms
2	Network 101
3	English 1
4	Web Development
..	..

- **قواعد البيانات غير العلائقية NoSQL:** هي نوع من أنواع قواعد البيانات المستخدمة لتخزين مجموعة ضخمة من البيانات التي تتميز يكونها غير متجانسة وغير مرتبطة مع بعضها البعض وهي تعرف باسم البيانات غير المهيكلة وهي بيانات يصعب الاحتفاظ بها في جداول لها مخطط ثابت ومنظم من الأمثلة على البيانات غير المهيكلة رسائل البريد الإلكتروني وصفحات الويب التي تتضمن على كمية كبيرة من البيانات المتباينة على هيئة نصوص أو صور أو مقاطع فيديو أو روابط ...إلخ. ومن أمثلتها نجد: MongoDB، Redis ...

أنواع قواعد البيانات غير العلائقية:



ملاحظة: يكمن الفرق بين قواعد البيانات العلائقية وغير العلائقية في كيفية تنظيم البيانات، حيث تعتمد SQL على الجداول المنظمة، بينما تعتمد NoSQL على هياكل أكثر مرونة مثل المستندات، المفاتيح والقيم، أو الرسوم البيانية... الخ. ويمكن توضيح الفرق بينهما من خلال الجدول التالي:

الجدول (): الفرق بين قواعد البيانات العلائقية SQL وغير العلائقية NoSQL

العامل	قواعد البيانات العلائقية(SQL)	قواعد البيانات غير العلائقية(NoSQL)
هيكل البيانات	بيانات منظمة للغاية في جداول ذات مخططات محددة	بيانات شبه منظمة أو غير منظمة مع مخططات مرنة أو بدون مخططات
قابلية التوسع	التوسع الرأسي (زيادة موارد الخادم)	التوسع الأفقي (توزيع البيانات عبر خوادم متعددة)
الاتساق مقابل الأداء	تركز على اتساق البيانات	تركز على التوفر والأداء العالي

تعقيد الاستعلام	تدعم الاستعلامات المعقدة وعمليات الربط	تدعم القراءات/الكتابات البسيطة والاستعلامات المرنة
الأداء والزمن الكامن	مناسبة للمعاملات المعقدة	مناسبة للقراءة والكتابة عالية السرعة
حالات الاستخدام الشائعة	التجارة الإلكترونية، الأنظمة المالية	تطبيقات البيانات الضخمة، إنترنت الأشياء، وسائل التواصل الاجتماعي
الإدارة والصيانة	تتطلب إدارة أكثر تعقيدًا	أسهل في الإدارة، خاصة مع الخدمات السحابية
التكلفة والترخيص	قد تكون مكلفة بسبب رسوم الترخيص	غالبًا ما تكون مفتوحة المصدر أو أقل تكلفة

بالإضافة إلى **قواعد البيانات كائنية التوجيه** (هي نوع من قواعد البيانات قائم على مفهوم الكائنات وهو يجمع بين مبادئ البرمجة الكائنية(OOP) ومفاهيم قواعد البيانات العلاقية تستخدم في التطبيقات التي تتطلب أداءً عاليًا وتحتاج لاسترداد البيانات بسرعة كالمجالات البحثية والعلمية وفي مجال الاتصالات وعلم الفلك... – تخزن البيانات وفق الخصائص والوظائف–)، **قواعد البيانات السحابية** (قاعدة بيانات تقليدية تستفيد من ميزات الحوسبة السحابية حيث تخزن بياناتها ضمن بيئة افتراضية أو سحابة عامة أو خاصة أو هجينة ويتم تنفيذ العمليات عليها عبر منصة حوسبة سحابية عامة أو خاصة أو مختلطة تابعة لجهة خارجية.)، **قاعدة البيانات المركزية** (قاعدة بيانات تخزن كافة بياناتها في مكان واحد مركزي يمكن للمستخدمين الذين يملكون الصلاحيات الوصول له من مواقع متفرقة وهذا بدوره يتيح لعدة أشخاص إمكانية العمل على نفس البيانات في الوقت ذاته.)، **قاعدة البيانات الموزعة** (يتم تخزين البيانات في مواقع مادية مختلفة لكنها تكون متصلة ببعضها البعض بواسطة شبكة تتيح الوصول لكافة هذه البيانات المخزنة في عدة مواقع ما يجعل هذه القواعد الموزعة تبدو للمستخدمين النهائيين كأنها قاعدة بيانات مخزنة في مكان مادي واحد وتقسم الى قواعد بيانات متجانسة وغير متجانسة).

ملاحظة: هذا الأنواع من قواعد البيانات متداخلة فيما بينها. وهي مصنفة وفق معايير مختلفة.

2. نظام إدارة قواعد البيانات – Data Base Management System (DBMS):

1.2. تعريف نظام إدارة قواعد البيانات(DBMS) : يمكن تعريفها على أنها:

"مجموعة من البرامج التي تمكن المستخدمين من التفاعل مع قاعدة البيانات. ويوفر نظام إدارة قواعد البيانات واجهة للوصول إلى البيانات وتعديلها وإدارتها، بالإضافة إلى توفير أدوات للتحكم في الوصول والأمان والنسخ الاحتياطي والاستعادة".

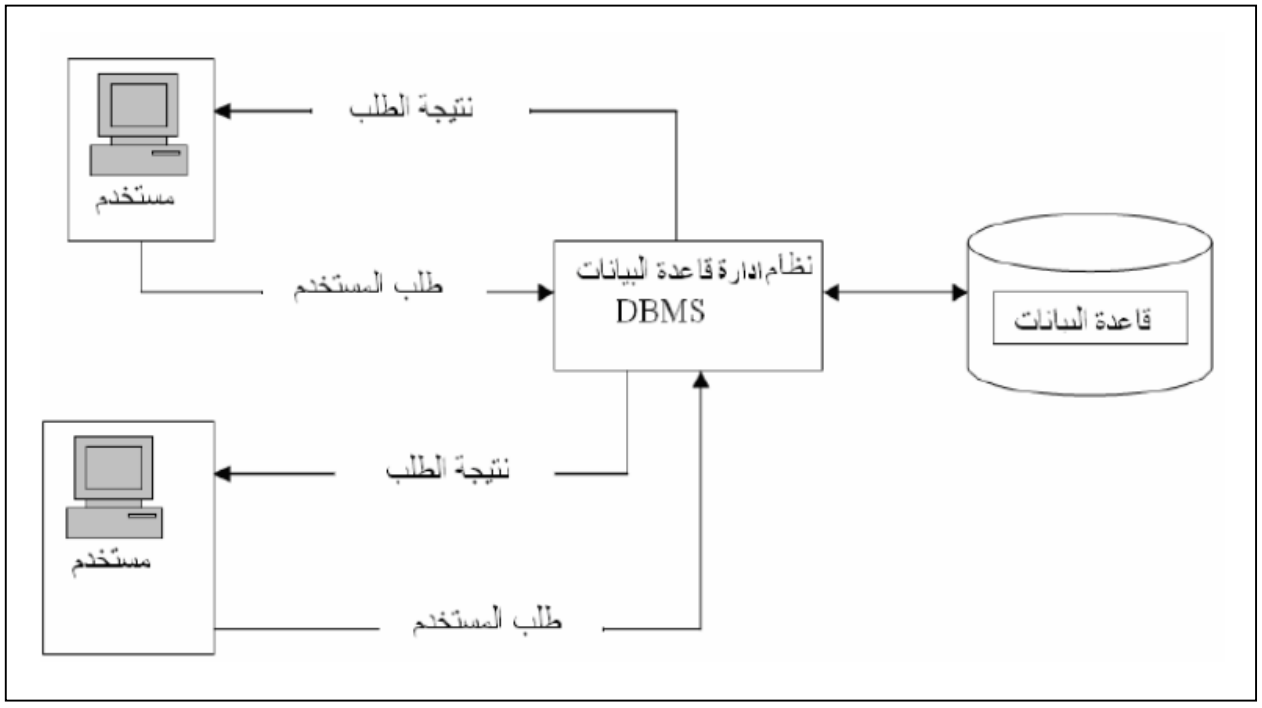
"برنامج يسمح للمستخدمين بتعريف البيانات وتخزينها واسترجاعها ومعالجتها، بالإضافة إلى توفير آليات للتحكم

في الوصول إلى البيانات وحمايتها".

2.2. وظائف نظام إدارة قواعد البيانات: يمكن إيجازها في:

- **تعريف البيانات:** يوفر نظام إدارة قواعد البيانات لغات وأدوات لتعريف هيكل قاعدة البيانات، بما في ذلك الجداول، والحقول، والعلاقات بينها.
- **تخزين البيانات:** يتولى نظام إدارة قواعد البيانات تخزين البيانات فعليًا على وسائط التخزين، مع ضمان سلامتها وتكاملها.
- **استرجاع البيانات:** يوفر نظام إدارة قواعد البيانات آليات للاستعلام عن البيانات واسترجاعها بكفاءة، باستخدام لغات الاستلام (QL)[†] مثل: SQL ...
- **معالجة البيانات:** يدعم نظام إدارة قواعد البيانات عمليات معالجة البيانات، مثل الفرز، والتصفية، والتجميع، والحسابات.
- **التحكم في الوصول:** يوفر نظام إدارة قواعد البيانات آليات للتحكم في من يمكنه الوصول إلى البيانات، وما هي العمليات التي يمكنه تنفيذها.
- **حماية البيانات:** يتضمن نظام إدارة قواعد البيانات ميزات لحماية البيانات من الفقدان، والتلف، والوصول غير المصرح به، من خلال النسخ الاحتياطي، والاستعادة، والتشفير، وغيرها.

الشكل (): علاقة قاعدة البيانات بنظام إدارة قاعدة البيانات



[†]. **QL**: لغة استعلام (لغة الاستفسار): لغة برمجة حاسوبية مصممة لاسترجاع البيانات وإدارتها من قواعد البيانات وأنظمة المعلومات. يتم ضبطها بحسب هيكل البيانات المستعلم عنها.

3.2. معمارية نظام إدارة قواعد البيانات:

تصف معمارية نظام إدارة قواعد البيانات المكونات الرئيسية للنظام من منظور تنظيم البيانات وكيفية تفاعلها مع بعضها البعض. ويمكن تصنيف معمارية نظام إدارة قواعد البيانات إلى عدة مستويات، ولكن الأكثر شيوعًا هو نموذج المستويات الثلاثة (Three-Level Architecture)، الذي قدمه المعهد الوطني الأمريكي للمعايير، لجنة تخطيط المعايير والمتطلبات (ANSI/SPARC)، وقد جاءهذا النموذج لتوفير فصل بين المستخدمين والبيانات المخزنة، مما يُسهل الإدارة والتطوير ويوفر الأمن والاستقلالية. بحيث حدد المستويات المعمارية لنظام إدارة قواعد البيانات في:

- **مستوى العرض – الخارجي (View Level)** : يوفر وجهات نظر مختلفة للبيانات لمختلف المستخدمين أو التطبيقات. كل عرض يمثل جزءًا من قاعدة البيانات يهم مستخدمًا معينًا، مما يسمح بتخصيص طريقة عرض البيانات وإخفاء التفاصيل غير الضرورية.
- **المستوى المنطقي – المفاهيمي (Logical Level)** : يصف هيكل قاعدة البيانات والعلاقات بين البيانات، دون الخوض في التفاصيل الفيزيائية للتخزين. يستخدم هذا المستوى نموذج البيانات (Data Model) لتمثيل البيانات، مثل نموذج العلاقة بين الكيانات.
- **المستوى الفيزيائي – الداخلي/ المادي (Physical Level)**: يصف كيفية تخزين البيانات فعليًا على وسائط التخزين، بما في ذلك تنسيق الملفات، وهياكل التخزين، واستراتيجيات الوصول

الشكل (): مستويات نظام إدارة قاعدة البيانات

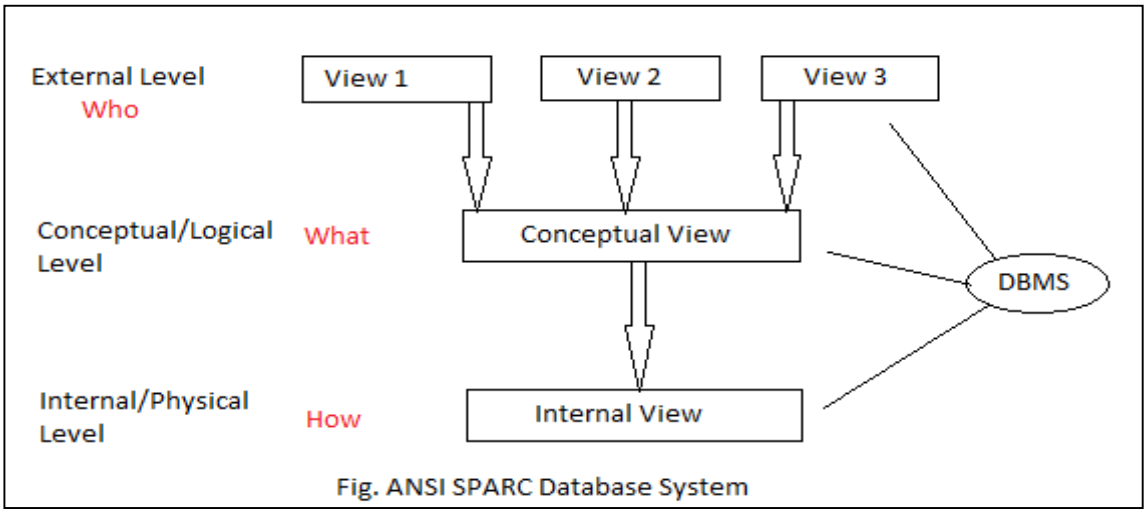
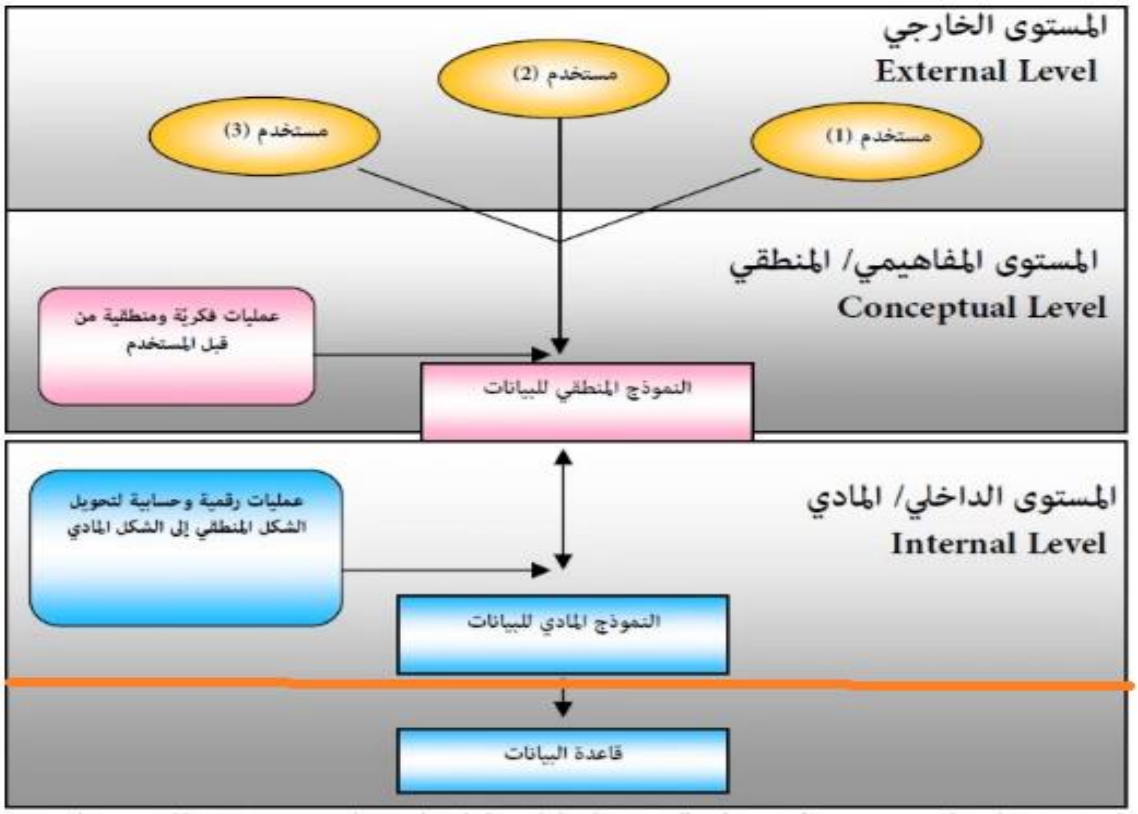


Fig. ANSI SPARC Database System



الجدول (): وصف مستويات نظام إدارة قاعدة البيانات

المستوى	الوصف	السؤال الذي يجب عليه
مستوى العرض / الخارجي	**يُمثل** وجهات نظر المستخدمين المختلفة **على قاعدة البيانات. كل "View" تمثل ما يراه مستخدم أو مجموعة مستخدمين (مثلاً موظف يرى بيانات الطلاب فقط).**	من يرى البيانات (Who)
المستوى المنطقي / المفاهيمي	**يُمثل** الهيكل الكامل والمنطقي **للبيانات في القاعدة كما يفهمها مدير النظام. يشمل الجداول والعلاقات بينها، دون تفاصيل التخزين.**	ما هي البيانات (What)
المستوى الفيزيائي/ الداخلي/ المادي	**يحدد** كيفية تخزين البيانات فعليًا **على القرص أو السحابة (الهياكل، الفهارس، الضغط).**	وكيف تُخزن البيانات (How)

ملاحظة: نظام إدارة قواعد البيانات (DBMS) يربط ويُنسق بين المستويات الثلاثة. بحيث:

- المستخدمون (Views) يتعاملون فقط مع الطبقة الخارجية.
- الطبقة الخارجية ترتبط بالطبقة المفاهيمية، التي تُحدد البنية المنطقية.
- الطبقة المفاهيمية تعتمد على الطبقة الداخلية التي تتعامل مع التفاصيل الفيزيائية للتخزين.

3. العوامل التي يجب مراعاتها عند إختيار قاعدة البيانات: يعد اختيار قاعدة البيانات أمرًا بالغ الأهمية لضمان إدارة البيانات بكفاءة والأداء العالي وقابلية التوسع. يجب أن تعتمد قاعدة البيانات التي تختارها على ما إذا كنت تدير معاملات العملاء أو تحلل مجموعات بيانات كبيرة أو تبني تطبيقات في الوقت الفعلي. وفيما يلي العوامل التي يجب مراعاتها عند اختيار قاعدة بيانات لاحتياجات البيانات الفريدة الخاصة بك:

- **فهم هيكل البيانات:** يحدد نوع قاعدة البيانات الأنسب. البيانات المنظمة للغاية تناسب قواعد البيانات العلائقية، بينما البيانات شبه المنظمة أو غير المنظمة تناسب قواعد البيانات غير العلائقية. البيانات ذات الاتصالات المعقدة تستفيد من قواعد بيانات الرسوم البيانية.
- **متطلبات قابلية التوسع:** يجب أن تكون قاعدة البيانات قادرة على التعامل مع نمو البيانات. التوسع الرأسي (زيادة موارد الخادم) مناسب لقواعد البيانات التي تعتمد على هيكل معين، بينما التوسع الأفقي (توزيع البيانات على خوادم متعددة) مناسب لقواعد البيانات الأكثر مرونة.
- **اتساق البيانات مقابل الأداء:** بعض قواعد البيانات تعطي الأولوية لاتساق البيانات، وهي مثالية للمعاملات المالية. قواعد بيانات أخرى تركز على التوفر والأداء العالي، وهي مناسبة للتطبيقات التي تتطلب سرعة وقابلية للتوسع.
- **تعقيد الاستعلام وعلاقات البيانات:** تدعم بعض قواعد البيانات الاستعلامات المعقدة وعمليات الربط. قواعد البيانات الأخرى ممتازة للقراءات/الكتابات البسيطة والاستعلامات المرنة.
- **اعتبارات الأداء والزمن الكامن:** بالنسبة للتطبيقات التي تتطلب سرعة عالية، تعتبر مخازن القيمة الرئيسية مثالية. بالنسبة لتحليلات البيانات الضخمة، تعتبر قواعد البيانات العمودية هي الأفضل.
- **احتياجات وحالات الاستخدام الخاصة بالصناعة:** تتطلب الصناعات المختلفة قدرات مختلفة لقواعد البيانات. على سبيل المثال، تتطلب التجارة الإلكترونية قواعد بيانات علائقية، بينما تتطلب تطبيقات إنترنت الأشياء قواعد بيانات غير علائقية.
- **سهولة الإدارة والصيانة:** توفر قواعد البيانات السحابية المُدارة التوسع التلقائي والصيانة، مما يقلل من النفقات الإدارية. تتطلب قواعد البيانات المستضافة ذاتيًا خبرة داخلية.
- **اعتبارات التكلفة والترخيص:** قواعد البيانات مفتوحة المصدر فعالة من حيث التكلفة. قواعد بيانات المؤسسات تقدم ميزات متميزة ولكنها تأتي بتكاليف ترخيص أعلى. توفر نماذج التسعير المستندة إلى السحابة المرونة وقابلية التوسع.