تطبيع (تنظيم) قواعد البيانات

إعداد

د. أحمد عبدالبديع عبدالله كامل

كلية التربية النوعية، جامعة المنصورة، مصر.

DOI:
https://doi.org/10.21608/IJDAR.2024.360212

المجلة الدولية للتصاميم والبحوث التطبيقية

دورية علمية محكمة

المجلد (٣). العدد (٩). ابريل ٢٠٢٤

P-ISSN: 2812-6238 **E-ISSN: 2812-6246**

https://ijdar.journals.ekb.eg/

الناشر

جمعية تكنولوجيا البحث العلمي والفنون

المشهرة برقم ٢٧١١ لسنة ٢٠٢٠، بجمهورية مصر العربية

https://srtaeg.org/

تطبيع (تنظيم) قواعد البيانات

إعداد

د. أحمد عبدالبديع عبدالله كامل

كلية التربية النوعية، جامعة المنصورة، مصر.

المستخلص

تطبيع قواعد البيانات هو عملية تحليل هياكل البيانات المعقدة إلى ملفات وعلاقات بسيطة ومستقرة ضمن قواعد بيانات منظمة. في هذا الفصل سيتم التعرف على خطوات التطبيع لقواعد البيانات.

الكلمات الرئيسية: تطبيع قواعد البيانات، تنظيم قواعد البيانات، قواعد البيانات.

التصميم السيئ لقواعد البيانات

هناك مجموعة من الإشكاليات التي تحدث عند التصميم السيئ لقواعد البيانات، وهي كالتالي:

١. **إشكاليات تكرار البيانات Redundant Information؛**

والذي يسبب زيادة حجم التخزين المطلوب، مما يؤدي إلى الاستغلال السيئ لوحدات التخزين.

مثال (١)

الشكل التالي يوضح مخطط لجدول أعضاء هيئة التدريس، والذي يسجل بيانات أعضاء هيئة التدريس، وبيانات المقررات التي يقوموا بتدريسها.

StfID	FName	City	CurID	Title	Credit

وعند ادخال البيانات في الجدول يصبح الجدول كما بالشكل التالي:

StfID	FName	City	CurID	Title	Credit
Sf01	Ahmed	Alex	C03	Database	3
Sf02	Ramage	Alex	C03	Database	3
Sf03	Islam	Mansoura	C06	Networks	1
Sf04	Mazen	Mansoura	C06	Networks	1
Sf05	Hoda	Cairo	C03	Database	3
Sf06	Rasha	Cairo	C03	Database	3

لاحظ أن بيانات المقررات تم تكرارها أكثر من مرة (تم تكرار بيانات مقرر Database أربع مرات، وتكرار بيانات مقرر Networks مرتين)، وهذه من إشكاليات التصميم السيئ لقواعد البيانات.

٢. **عيوب تحديث البيانات Update Anomalies؛**

وتشمل (عيوب الإدخال Insertion Anomalies، عيوب الحذف Deletion Anomalies، عيوب التعديل Modification Anomalies).

مثال (٢)

- إذا أردت تحديث رقم مقرر Database إلى C_01، ستجد إنك ستقوم بتكرار امر التحديث بعدد مرات تكرار بيانات المقرر داخل الجدول (أربع مرات في المثال السابق). وهذه عيوب تحديث البيانات Modification Anomalies.
- كما إنك لا تستطيع ادخال بيانات مقرر جديد إلا إذا كان هناك عضو هيئة تدريس يقوم بتدريس المقرر. وهذه عيوب ادخال البيانات Insertion Anomalies.
- كما إنك عند إلغاء مقرر معين ستضر إلى حذف بيانات جميع أعضاء هيئة التدريس الذين يقوموا بتدريس هذا المقرر. وهذه عيوب حذف البيانات Deletion Anomalies.

مفهوم التطبيع Normalization

هي سلسلة من الخطوات المتبعة لإعادة تصميم، وتصحيح، وتنظيم الهيكل البنائي لجداول قواعد البيانات العلائقية، عن طريق تقسيم الجدول إلى مجموعة من الجداول المترابطة، وذلك لحل إشكاليات التصميم السيئ لقواعد البيانات.

فتطبيع قواعد البيانات لا يهتم بالطريقة التي تخزن بها البيانات، بل بطريقة إنشاء العلاقات الطبيعية فيها التي تجعل تلك البيانات أكثر قابلية للاستخدام في البرمجة والتحليل مما هي في حالتها الخام، وذلك بناء على رغبات المستخدم أو المستفيد من قاعدة البيانات.

أهداف التطبيع

ويعتبر أهم أهداف تطبيع قواعد البيانات هو تجنب حدوث تكرار البيانات داخل قواعد البيانات، أي أنه عند إنشاء قواعد بيانات علائقية يجب التأكد أن كل عنصر من البيانات سيتم حفظه لمرة واحدة وفي مكان واحد فقط ضمن قواعد البيانات. فعلى سبيل المثال: (اسم الطالب ورقمه) سيتم حفظها في مكان واحد فقط ولمرة واحد في جدول الطلاب.

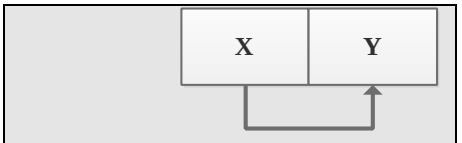
ويمكن ايجاز أهداف التطبيع في النقاط التالية:

- تنظيم البيانات ضمن جداول.
- تجنب حدوث التكرار للبيانات، وتقليص حجم التخزين المطلوب.
- تجنب اشكاليات تحديث البيانات Update Anomalies، مثل أخطاء الإضافة والحذف والتعديل في قواعد البيانات.

- تسمح بصيانة البيانات دون أخطاء أو تضارب.

التبعية Functional Dependencies

يقصد بها علاقة أو ارتباط سمة بسمة أخرى في نفس الجدول، ويرمز لها كما بالشكل التالي:

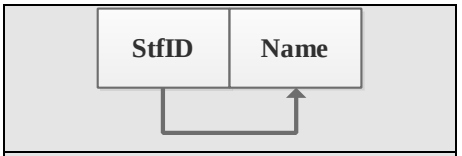


X -> Y

X **Determines** Y

Y **Functional Dependencies** X

فعلى سبيل المثال السمة (رقم عضو هيئة التدريس StfID) تحدد السمة (اسم عضو هيئة التدريس Name). أي أن اسم عضو هيئة التدريس تابع لرقمه، فعند رؤية رقم عضو هيئة التدريس في أي مكان بالجدول يمكنك معرفة اسم عضو هيئة التدريس التابع لهذا الرقم.

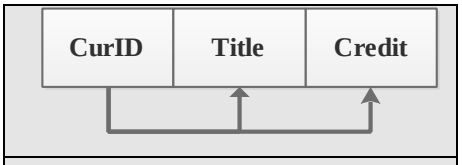


StfID -> Name

StfID **Determines** Name

Name **Functional Dependencies** StfID

كذلك السمة (رقم المقرر CurID) تحدد السمات (اسم المقرر Title، وعدد الساعات Credit).

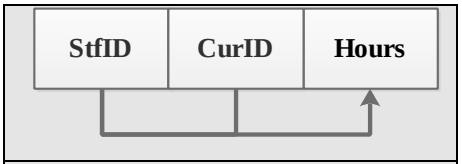


CurID -> {Title, Credit}

CurID **Determines** {Title, Credit}

{Title, Credit} **Functional Dependencies** CurID

كما يمكن القول بأن السمة (أجمالي عدد ساعات التدريس Hours) تابعة للسمات (رقم عضو هيئة التدريس StfID، ورقم المقرر CurID).



{StfID, CurID} -> Hours

{StfID, CurID} **Determines** Hours

Hours **Functional Dependencies** {StfID, CurID}

مستويات التطبيع

مستويات التطبيع الأساسية هي ثلاث مستويات:

- الشكل النظامي الأول First Normal Form (1NF).
- الشكل النظامي الثاني Second Normal Form (2NF).
- الشكل النظامي الثالث Third Normal Form (3NF).

ويقصد عادة بتنظيم قاعدة البيانات وضعها في الشكل النظامي الثالث 3NF، كما يمكن أن يضاف المستويات التالية:

- الشكل النظامي بويس كود Boyce Codd Normal Form (BCNF).
- الشكل النظامي الرابع Fourth Normal Form (4NF).
- الشكل النظامي الخامس Fifth Normal Form (5NF).

وكل شكل نظامي NF يتم إضافته يزيد من مستوى تطبيع البيانات، حيث يعتبر أن الشكل النظامي الثاني أفضل من الشكل النظامي الأول، كما أن الشكل النظامي الثالث أفضل من الشكل النظامي الثاني، ... وهكذا. والنتيجة النهائية هي مجموعة من الجداول المطبعة (المنظمة) في قاعدة بيانات علائقية.

خطوات التطبيع

تكون الجداول غير مطبعة Un Normalization Form، إذا كانت تحتوي على أحدي إشكاليات التصميم السيئ لقواعد البيانات. ويتم تنفيذ عملية تطبيع قواعد البيانات من خلال تطبيق مستويات التطبيع السابقة، وينتج عن عملية التطبيع زيادة في عدد علاقات قاعدة البيانات.

الشكل النظامي الأول 1NF

حتى يصبح الجدول في الشكل النظامي الأول يجب أن يخلو من التالي:

- السمات المركبة Composite Attributes.
- السمات متعددة القيم Multivalued Attributes.
- الجداول المتداخلة Nested Relations.

أولا- السمات المركبة Composite Attributes.

يتم في تلك الحالة تقسيم السمة المركبة الى مجموعة من السمات البسيطة.

مثال

الجدول التالي يحتوي على بيانات أعضاء هيئة التدريس (رقم العضو Stf_ID، أسم العضو Name)، ويمثل Un Normalization Form.

StfID	Name
Sf01	Ahmed Abdelbadie
Sf02	Ramage Reda
Sf03	Islam Ahmed
Sf04	Mazen Ahmed

قم تقسيم السمة المركبة (Name) إلى سمات بسيطة (الاسم الأول F_Name، الاسم الأخير L_Name)، والجدول التالي يمثل First Normalization Form للجدول السابق:

StfID	FName	LName
Sf01	Ahmed	Abdelbadie
Sf02	Ramage	Reda
Sf03	Islam	Ahmed
Sf04	Mazen	Ahmed

ثانيا- السمات متعددة القيم Multivalued Attributes

ويتم في تلك الحالة اخذ السمات متعددة القيم مع المفتاح الأساسي ووضعها في جدول جديد، ثم يتم الربط بين الجدولين.

مثال (٣)

الجدول التالي يحتوي على بيانات أعضاء هيئة التدريس (رقم العضو Stf_ID، أسم العضو Name، المؤهلات Grade)، ويمثل Un Normalization Form.

StfID	FName	Grade
Sf03	Islam	{B.Sc., M.Sc., Ph.D.}
Sf04	Mazen	{B.Sc., M.Sc.}

قم بأخذ السمة متعددة القيم (Grade) مع المفتاح الأساسي (Stf_ID) في جدول جديد، والجداول التالية تمثل First Normalization Form للجدول السابق:

جدول (١) بيانات عضو هيئة التدريس

StfID	FName
Sf03	Islam
Sf04	Mazen

جدول (٢) بيانات مؤهلات عضو هيئة التدريس

StfID	Grade
Sf03	B.Sc.
Sf03	M.Sc.
Sf03	Ph.D.
Sf04	B.Sc.
Sf04	M.Sc.

ثالثا- الجداول المتداخلة Nested Relations

يتم في تلك الحالة فصل الجداول المتداخل إلى جداول منفصلة، ويتم ذلك عن طريق أخذ السمات التي يمكن وضعها في جدول مستقل مع المفتاح الأساسي.

مثال (٤)

الجدول التالي يحتوي على بيانات أعضاء هيئة التدريس (رقم العضو Stf_ID، أسم العضو Name، رقم المقرر الذي قام بتدريسه C_ID، إجمالي عدد الساعات التدريسية Hours)، ويمثل Un Normalization Form.

StfID	FName	CurID	Hours
Sf01	Ahmed	C02 C05	22 30
Sf02	Ramage	C03 C06	30 19
Sf03	Islam	C01 C03 C05	20 13 23
Sf04	Mazen	C02 C06	20 10

قم بأخذ السمات (Cur_ID, Hours) مع المفتاح الأساسي (Stf_ID) في جدول جديد، والجداول التالية تمثل First Normalization Form للجدول السابق:

جدول (١) بيانات عضو هيئة التدريس

StfID	F_Name
Sf01	Ahmed

StfID	F_Name
Sf02	Ramage
Sf03	Islam
Sf04	Mazen

جدول (٢) بيانات الساعات التدريسية

StfID	CurID	Hours
Sf01	C02	22
Sf01	C05	30
Sf02	C03	30
Sf02	C06	19
Sf03	C01	20
Sf03	C03	13
Sf03	C05	23
Sf04	C02	20
Sf04	C06	10

وضع الجدول في الشكل النظامي الأول 1NF لا يحل مشاكل التصميم السي، فبالرغم من وضع جدول نظام النتائج في الشكل النظامي الأول 1NF فإنه لا يزال يعاني من مشكلة تكرار البيانات، وإشكاليات الإضافة والتعديل والحذف.

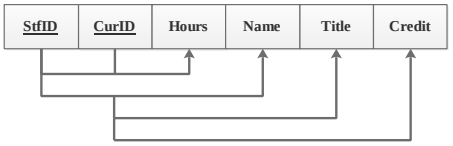
الشكل النظامي الثاني 2NF

حتى يصبح الجدول في الشكل النظامي الثاني يجب أن يخلو من Partial Dependency؛ ويقصد بها أن هناك سمات في الجدول تعتمد على جزء من المفتاح الأساسي وليس المفتاح الأساسي بالكامل.

وللحصول على النموذج الطبيعي الثاني للبيانات 2NF يتم استخراج السمات المرتبطة والمعتمدة على جزء من المفتاح الأساسي في جدول جديد.

مثال (٥)

الشكل التالي يوضح مخطط لجدول الساعات التدريسية لأعضاء هيئة التدريس، والذي يسجل بيانات أعضاء هيئة التدريس، وبيانات المقررات التي يقوموا بتدريسها، والساعات التدريسية لعضو هيئة التدريس.



في الشكل السابق نجد أن:

- السمات (Hours) يعتمد على المفتاح الأساسي بالكامل.
- السمات (Name) يعتمد على جزء من المفتاح الأساسي وهو (StfID).
- السمات (Title) يعتمد على جزء من المفتاح الأساسي وهو (CurID).
- السمات (Credit) يعتمد على جزء من المفتاح الأساسي وهو (CurID).

قم بأخذ السمات (Name) مع جزء المفتاح الأساسي (StfID) في جدول جديد، ثم قم بأخذ السمات (Title, Credit) مع جزء المفتاح الأساسي (CurID)، والجداول التالية تمثل Second Normalization Form للجدول السابق:

جدول (١) بيانات الساعات التدريسية

StfID	CurID	Hours

جدول (٢) بيانات أعضاء هيئة التدريس

StfID	Name

جدول (٣) بيانات المقررات الدراسية

CurID	Title	Credit

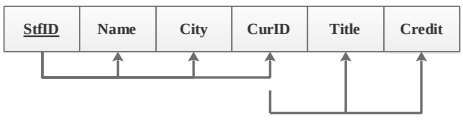
الشكل النظامي الثالث 3NF

حتى يصبح الجدول في الشكل النظامي الثالث يجب أن يخلو من Transitive Dependency؛ ويقصد بها أن هناك سمات في الجدول تعتمد على بعضها البعض، ولا تعتمد على المفتاح الرئيسي.

وللحصول على النموذج الطبيعي الثالث للبيانات 3NF يتم استخراج السمات المعتمدة على بعضها البعض ولا تعتمد على المفتاح الرئيسي في جدول جديد. مع إبقاء نسخة من المفتاح الرئيسي للجدول الجديد في الجدول الذي تم إجراء التحليل عليه، ويصبح هذا المفتاح أجنبي ويوضع بهدف الربط.

مثال (٦)

الشكل التالي يوضح مخطط لجدول الساعات التدريسية لأعضاء هيئة التدريس، والذي يسجل بيانات أعضاء هيئة التدريس، وبيانات المقررات التي يقوموا بتدريسها.



في الشكل السابق نجد أن:

- السمات (Name, City, CurID) تعتمد على المفتاح الأساسي.
- السمات (Title, Credit) تعتمد على السمة (CurID).

قم بأخذ السمات (CurID, Title, Credit) في جدول جديد. مع إبقاء نسخة من السمة (CurID) في الجدول الأصلي. والجداول التالية تمثل Third Normalization Form للجدول السابق:

جدول (١) بيانات أعضاء هيئة التدريس

StfID	Name	City	CurID

جدول (٢) بيانات المقررات الدراسية

CurID	Title	Credit

الشكل النظامي بويس كود BCNF

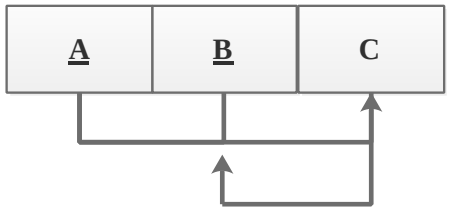
هو عبارة عن الشكل النظامي الثالث ولكن بشروط أكثر صرامة، حتى يصبح الجدول في الشكل النظامي بويس كود يجب أن يكون كل سمة في الجدول لا تعتمد إلا على سمات Super Key للجدول حتى لو كانت جزء من المفتاح الأساسي.

وللحصول على النموذج النظامي بويس كود BCNF، يتم استخراج السمات التي لا تعتمد على سمات Super Key في جدول جديد. مع إبقاء نسخة من المفتاح الرئيسي للجدول الجديد في الجدول الذي تم إجراء التحليل

عليه، ويصبح هذا المفتاح أجنبي ويوضع بهدف الربط.

مثال (٧)

الشكل التالي يوضح مخطط لجدول يحتوي على ثلاث سمات A, B, C، والمفتاح الأساسي يتكون من السمات (A, B).



في الشكل السابق نجد أن:

- السمة (C) تعتمد على المفتاح الأساسي.
- السمة (B) تعتمد على السمة (C).

قم بأخذ السمات (B, C) في جدول جديد. مع إبقاء نسخة من السمة (C) في الجدول الأصلي. والجداول التالية تمثل Boyce Codd Normalization Form للجدول السابق:

جدول (١)

A	C

جدول (٢)

C	B

الشكل النظامي الرابع 4NF

لا توجد حاجة للشكل النظامي الرابع والخامس إلا في حالات ضرورية، حيث أنه في العادة يكتفي بإجراء عملية التطبيع في الاشكال النظامية الثلاثة الأولى.

وحتى يصبح الجدول في الشكل النظامي الرابع يجب أن يخلو من Multivalued Dependency؛ ويقصد بها أن هناك سمات متعددة القيم معتمدة على بعضها البعض على الرغم من عدم وجود علاقة بينهم.

وللحصول على النموذج الطبيعي الرابع للبيانات 4NF يتم استخراج السمات متعددة القيم والمعتمدة على بعضها البعض ولا يوجد بينهم علاقة مع المفتاح الأساسي في جدول جديد.

مثال (٨)

الشكل التالي يوضح مخطط لجدول أعضاء هيئة التدريس، والذي اسم عضو هيئة التدريس، ورقم المقرر الذي يقوم بتدريسه، واسم أبناء عضو هيئة التدريس.

Name	CurID	DepName
Ahmed	C02	Islam
Ahmed	C05	Mazen
Ahmed	C02	Mazen
Ahmed	C05	Islam

في الشكل السابق نجد أن:

- السمات (CurID, DepName) سمات متعددة القيم، ولا يوجد بينهما أي علاقة (لا يوجد علاقة بين اسم الابن، وبين اسم المقرر).

قم بأخذ السمات (Name, DepName) في جدول جديد. والجداول التالية تمثل Third Normalization Form للجدول السابق:

جدول (١)

Name	CurID
Ahmed	C02
Ahmed	C05

جدول (٢)

Name	DepName
Ahmed	Islam
Ahmed	Mazen

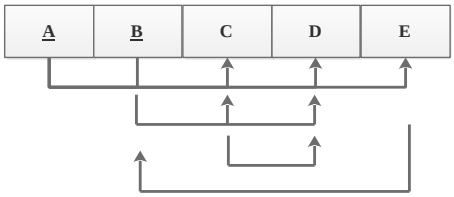
إعادة التطبيع Denormalization

يعرف إعادة التطبيع بأنه الانتقال من شكل نظامي إلى شكل نظامي أدنى منه، بهدف تسريع الأداء واستجابة قاعدة المعطيات على حساب تكرار المعطيات.

فعلى سبيل المثال: يعتبر الشكل النظامي الثالث أكثر الأشكال السابقة 3NF ملاءمة لأغراض تصميم قواعد البيانات، ولكن وعلى الرغم من أن تنظيم قواعد البيانات هو عامل أساسي في تصميم قواعد البيانات، إلا أنه لا ينبغي الافتراض بأن المستوى الأعلى من التنظيم هو المستوى الأفضل، فكلما ارتفع مستوى التنظيم كلما ازداد عدد العلاقات والارتباطات وكذلك العمليات المنفذة لاسترجاع النتائج المطلوبة، وكلما ازداد زمن الاستجابة من قبل قاعدة البيانات، وبالتالي ينبغي أن تؤخذ سرعة الأداء بعين الاعتبار أثناء تنظيم قواعد المعطيات مما يؤدي إلى ظهور مفهوم إعادة التنظيم Denormalization.

تمرين (1)

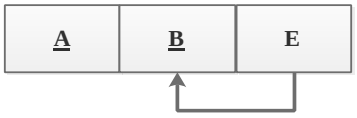
الجدول التالي يوضح جدول في الشكل النظامي الأول، قم بتحويله إلى BCNF.



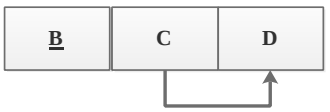
الإجابة

- **الشكل النظامي الثاني 2NF**

الجدول (١)

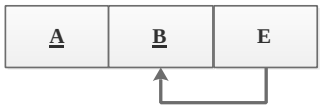


الجدول (٢)



- **الشكل النظامي الثالث 3NF**

الجدول (١)



الجدول (٣)

B	C

الجدول (٤)

C	D

الجدول (٤)

C	D

الجدول (٥)

A	E

- **الشكل النظامي بويس كود BCNF**

الجدول (٣)

B	C

الجدول (٦)

E	B

تمرين (2)

الجدول التالي يوضح نظام لثلاثة كيانات (الطلاب Students، أعضاء هيئة التدريس Staff، المقررات الدراسية Courses)، قم بتطبيق خطوات التطبيع.

StuID	StuName	Total Credits	StfID	StfName	CurID	Title	Credit	Grade
1035	Ahmed	17	Sf_03	Islam	CSC151, MKT212, ENG101, BUS105, CHM112	Computer Science, Marketing Management, English Composition, Introduction to Business, General Chemistry	3, 3, 3, 3, 5	B, A, B, A, A
3379	Ammar	9	Sf_03	Islam	ENG101, MKT212, CSC151	English Composition, Marketing Management, Computer Science	3, 3, 3	A, C, B
4070	Adam	14	Sf_04	Mazen	CSC151, CHM112, ENG101, BUS105	Computer Science, General Chemistry, English	3, 5, 3, 3	B, C, C, C

StuID	StuName	Total Credits	StfID	StfName	CurID	Title	Credit	Grade
						Composition, Introduction to Business		

GRADE_REPORT (Student Number, Student Name, Total Credits, Advisor Number, Advisor Name, Course No, Course Description, Num Credits, Grade)

الإجابة

نلاحظ أن العلاقة غير مطبعة لأنها تحتوي على سمات متعددة القيم، وجداول متداخلة.

- **الشكل النظامي الأول 1NF**

١. إلغاء السمات متعددة القيم:

StuID	StuName	Total Credits	StfID	StfName	CurID	Title	Credit	Grade
1035	Ahmed	17	49	Islam	CSC151	Computer Science	3	B
1035	Ahmed	17	49	Islam	MKT212	Marketing Management	3	A
1035	Ahmed	17	49	Islam	ENG101	English Composition	3	B
1035	Ahmed	17	49	Islam	BUS105	Introduction to Business	3	A
1035	Ahmed	17	49	Islam	CHM112	General Chemistry	5	A
3379	Ammar	9	49	Islam	ENG101	English Composition	3	A
3379	Ammar	9	49	Islam	MKT212	Marketing Management	3	C
3379	Ammar	9	49	Islam	CSC151	Computer Science	3	B
4070	Adam	14	23	Mazen	CSC151	Computer Science	3	B
4070	Adam	14	23	Mazen	CHM112	General Chemistry	5	C

StuID	StuName	Total Credits	StfID	StfName	CurID	Title	Credit	Grade
4070	Adam	14	23	Mazen	ENG101	English Composition	3	C
4070	Adam	14	23	Mazen	BUS105	Introduction to Business	3	C

٢. إلغاء الجداول المتداخلة:

تقسيم الجدول السابق إلى أربعة جداول (Grade, Students, Staff, Courses).

جدول (١) Grade

StuID	Total Credits	StfID	CurID	Grade
1035	17	49	CSC151	B
1035	17	49	MKT212	A
1035	17	49	ENG101	B
1035	17	49	BUS105	A
1035	17	49	CHM112	A
3379	9	49	ENG101	A
3379	9	49	MKT212	C
3379	9	49	CSC151	B
4070	14	23	CSC151	B
4070	14	23	CHM112	C
4070	14	23	ENG101	C
4070	14	23	BUS105	C

جدول (٢) Students

StuID	StuName
1035	Ahmed
3379	Ammar
4070	Adam

جدول (٣) Staff

StfID	StfName
49	Islam
23	Mazen

جدول (٤) Courses

CurID	Title	Credit
CSC151	Computer Science	3
MKT212	Marketing Management	3
ENG101	English Composition	3
BUS105	Introduction to Business	3
CHM112	General Chemistry	5

- **الشكل النظامي الثاني 2NF**

إلغاء Partial Dependency: الغاء السمات التي تعتمد على جزء من المفتاح الأساسي وليس المفتاح الأساسي بالكامل.

- الجداول (٢، ٣، ٤) ضمن تمثيل الشكل النظام الثنائي.

جدول (٢) Students

StuID	StuName
1035	Ahmed
3379	Ammar
4070	Adam

جدول (٣) Staff

StfID	StfName
49	Islam
23	Mazen

جدول (٤) Courses

CurID	Title	Credit
CSC151	Computer Science	3
MKT212	Marketing Management	3
ENG101	English Composition	3
BUS105	Introduction to Business	3
CHM112	General Chemistry	5

- في الجدول (١) تجد ان السمة (**Total Credits**) تعمد على جزء من المفتاح الأساسي وهو (**StuID**).

جدول (٥) Grade

StuID	StfID	CurID	Grade
1035	49	CSC151	B
1035	49	MKT212	A
1035	49	ENG101	B
1035	49	BUS105	A
1035	49	CHM112	A
3379	49	ENG101	A
3379	49	MKT212	C
3379	49	CSC151	B
4070	23	CSC151	B
4070	23	CHM112	C
4070	23	ENG101	C

StuID	StfID	CurID	Grade
4070	23	BUS105	C

جدول (٦) Total Credits

StuID	Total Credits
1035	17
3379	9
4070	14

- **الشكل النظامي الثلاثي 3NF**

إلغاء Transitive Dependency؛ الغاء السمات التي تعتمد على بعضها البعض، ولا تعتمد على المفتاح الرئيسي.

- جميع الجداول السابقة (٢، ٣، ٤، ٥، ٦) ضمن تمثيل الشكل النظام الثلاثي.

المراجع

Connolly, T., & Begg, C. (2014). *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management* (6th ed.). Pearson. ISBN: 978-0132943260.

Coronel, C., & Morris, S. (2016). *Database Systems: Design, Implementation, & Management* (12th ed.). Cengage Learning. ISBN: 978-1305627482.

Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2016). *Fundamentals of Database Systems* (7th ed.). Pearson. ISBN: 978-0133970777.

Hoffer, J. A., Venkataraman, R., & Topi, H. (2016). *Modern Database Management* (12th ed.). Pearson. ISBN: 978-0133544619.

Ramakrishnan, R., & Gehrke, J. (2002). *Database Management Systems* (3rd ed.). McGraw-Hill. ISBN: 978-0072465631.

Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. (2019). *Database System Concepts* (7th ed.). McGraw-Hill Education. ISBN: 978-0078022159.