

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

Кафедра системного програмування та спеціалізованих

комп’ютерних систем

**Лабораторна робота №3**

**з дисципліни «Бази даних і засоби управління»**

Тема:«Засоби оптимізації роботи СУБД PostgreSQL»

Виконав:

студент групи КВ-03

Новіцький Віктор Миколайович

Перевірив:

Київ – 2023

**Лабораторна робота №3**

Метою роботи є здобуття практичних навичок використання засобів оптимізації СУБД PostgreSQL.

Завдання роботи полягає у наступному:

1. Перетворити модуль “Модель” з шаблону MVC лабораторної роботи №2 у вигляд об’єктно-реляційної проекції (ORM).
2. Створити та проаналізувати різні типи індексів у PostgreSQL.
3. Розробити тригер бази даних PostgreSQL.
4. Навести приклади та проаналізувати рівні ізоляції транзакцій у PostgreSQL.

Варіант 8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *№ варіанта* | *Види індексів* | *Умови для тригера* |
| *8* | *Btree, Gin* | *After insert, update* |

Посилання на Github: https://github.com/Victor238/dblabs.git

***Завдання 1***

**Логічна модель предметної області «Школа»**

Обрана предметна галузь передбачає обробку даних про учнів, їхні номери телефонів, вчителів, предмети та розклад школи.

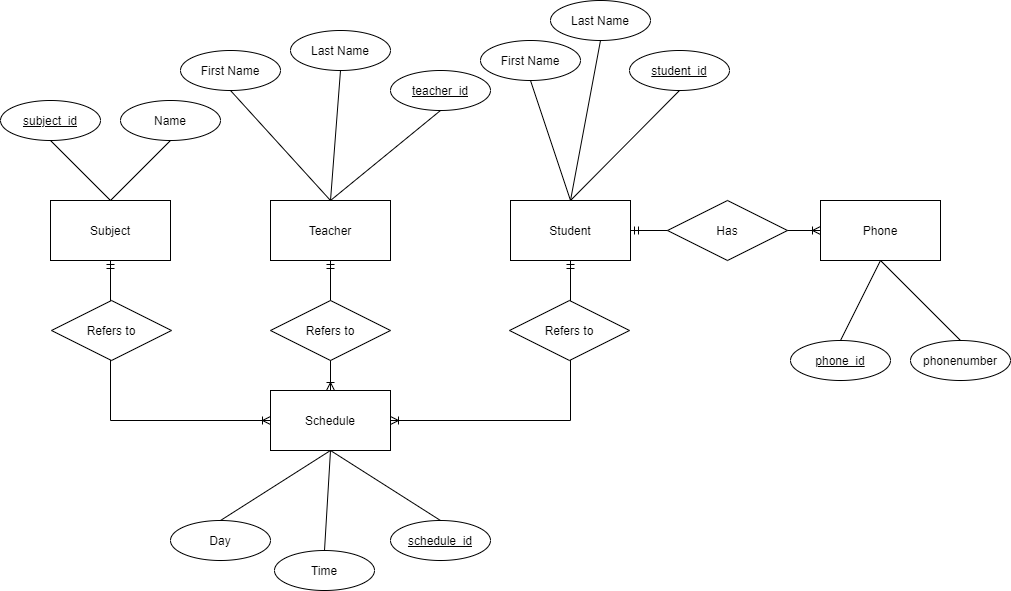


Рисунок 1. ER-діаграма, побудована за нотацією Чена

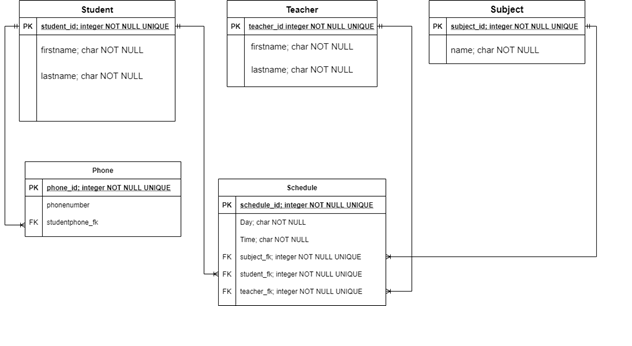


Рисунок 2 - ER-діаграма, переведена у таблиці БД

Зміни у порівнянні з першою лабораторною роботою відсутні.

**Середовище розробки та налаштування підключення до бази даних**

Для виконання лабораторної роботи використовувалась мова програмування Python та середовище розробки PyCharm 2021.2.1.

Для підключення до серверу бази даних PostgreSQL використано сторонню бібліотеку psycorg2, для реалізації моделі ORM використовувалася стороння бібліотека SQLAlchemy, середовище для відлагодження SQL-запитів до бази даних – pgAdmin 4.

**Класи ORM**

У даній лабораторній роботі було реалізовано 5 класів відповідно до 5 існуючих таблиць: Subject, Teacher, Student, Phone, Schedule.

Таблиця Subject має стовпчики id (ідентифікатор) та name (ім’я), а також зв’язок 1:N із таблицею Schedule, тому в класі Subject встановлений зв’язок relationship(‘Schedule’).

Таблиця Teacher має стовпчики id (ідентифікатор), firstname (ім’я), lastname (прізвище), а також зв’язок 1:N із таблицею Schedule, тому в класі Teacher встановлений зв’язок relationship(‘Schedule’).

Таблиця Student має стовпчики id (ідентифікатор), firstname (ім’я), lastname (прізвище), а також зв’язок 1:N із таблицею Schedule, тому в класі Student встановлений зв’язок relationship(‘Schedule’). Ця таблиця має зв’язок 1:N з таблицею Phone, тому в класі Student встановлений зв’язок relationship(‘Phone’).

Таблиця Phone має стовпчики id (ідентифікатор), phonenumber (номер телефону), studentphone\_fk (зовнішній ключ, що пов’язує учня з його номером телефону), а також зв’язок 1:N із таблицею Student, тому в класі Phone встановлений зв’язок relationship(‘Student’).

Таблиця Schedule має стовпчики id (ідентифікатор), day (день тижня), time (час), subject\_fk (зовнішній ключ, що пов’язує предмет з розкладом), teacher\_fk (зовнішній ключ, що пов’язує вчителя з розкладом), student\_fk (зовнішній учня, що пов’язує предмет з розкладом). Ця таблиця має зв’язки 1:N з таблицями Student, Teacher, Subject, тому в класі Schedule встановлені зв’язки relationship(‘Subject’), relationship(‘Teacher’), relationship(‘Student’).

Нижче наведена програмна реалізація класів ORM мовою Python (лістинги усіх модулей надані нижче):

class Subject(Base):  
 \_\_tablename\_\_ = 'subject'  
 subject\_id = Column(Integer, nullable=False, primary\_key=True)  
 name = Column(String, nullable=False)  
 schedule = relationship('Schedule')  
  
 def \_\_init\_\_(self, subject\_id, name):  
 self.subject\_id = subject\_id  
 self.name = name  
  
 def \_\_repr\_\_(self):  
 return "{:>10}{:>35}".format(self.subject\_id, self.name)  
  
  
class Student(Base):  
 \_\_tablename\_\_ = 'student'  
 student\_id = Column(Integer, primary\_key=True)  
 firstname = Column(String, nullable=False)  
 lastname = Column(String, nullable=False)  
 phones = relationship('Phone')  
 schedule = relationship('Schedule')  
  
 def \_\_init\_\_(self, student\_id, firstname, lastname):  
 self.student\_id = student\_id  
 self.firstname = firstname  
 self.lastname = lastname  
  
 def \_\_repr\_\_(self):  
 return "{:>10}{:>35}{:>35}".format(self.student\_id, self.firstname, self.lastname)  
  
  
class Teacher(Base):  
 \_\_tablename\_\_ = 'teacher'  
 teacher\_id = Column(Integer, primary\_key=True)  
 firstname = Column(String, nullable=False)  
 lastname = Column(String, nullable=False)  
 schedule = relationship('Schedule')  
  
 def \_\_init\_\_(self, teacher\_id, firstname, lastname):  
 self.teacher\_id = teacher\_id  
 self.firstname = firstname  
 self.lastname = lastname  
  
 def \_\_repr\_\_(self):  
 return "{:>10}{:>35}{:>35}".format(self.teacher\_id, self.firstname, self.lastname)  
  
  
class Phone(Base):  
 \_\_tablename\_\_ = 'phone'  
 phone\_id = Column(Integer, primary\_key=True)  
 phonenumber = Column(String, nullable=False)  
 studentphone\_fk = Column(Integer, ForeignKey('student.student\_id'))  
  
 def \_\_init\_\_(self, phone\_id, phonenumber, studentphone\_fk):  
 self.phone\_id = phone\_id  
 self.phonenumber = phonenumber  
 self.studentphone\_fk = studentphone\_fk  
  
 def \_\_repr\_\_(self):  
 return "{:>10}{:>35}{:>10}".format(self.phone\_id, self.phonenumber, self.studentphone\_fk)  
  
  
class Schedule(Base):  
 \_\_tablename\_\_ = 'schedule'  
 schedule\_id = Column(Integer, primary\_key=True)  
 day = Column(String, nullable=False)  
 time = Column(String, nullable=False)  
 subject\_fk = Column(Integer, ForeignKey('subject.subject\_id'))  
 student\_fk = Column(Integer, ForeignKey('student.student\_id'))  
 teacher\_fk = Column(Integer, ForeignKey('teacher.teacher\_id'))  
  
 def \_\_init\_\_(self, schedule\_id, day, time, subject\_fk, student\_fk, teacher\_fk):  
 self.schedule\_id = schedule\_id  
 self.day = day  
 self.time = time  
 self.subject\_fk = subject\_fk  
 self.student\_fk = student\_fk  
 self.teacher\_fk = teacher\_fk  
  
 def \_\_repr\_\_(self):  
 return "{:>10}{:>35}{:>35}{:>10}{:>10}{:>10}".format(self.schedule\_id, self.day, self.time, self.subject\_fk,  
 self.student\_fk, self.teacher\_fk)

**Приклади запитів у вигляді ORM**

*Запит вставки*

Цей запит реалізовано за допомогою функції insert. Спочатку у меню користувач обирає опцію вставки, далі обирає таблицю, до якої хоче додати запис і вводить необхідні дані. Є перевірка введених даних. У разі успішного додавання запису користувач бачить відповідне повідомлення. Реалізацію запиту вставки продемонструємо на прикладі таблиці subject.

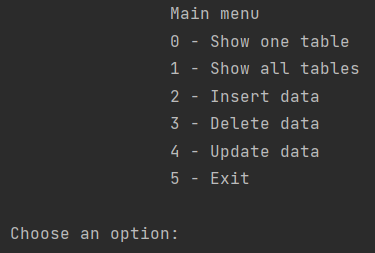


Рис.3 – Початкове меню для вибору опцій

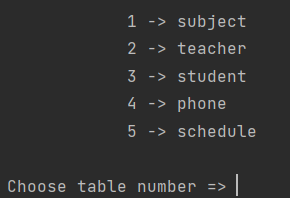


Рис.4 – Меню для вибору таблиці

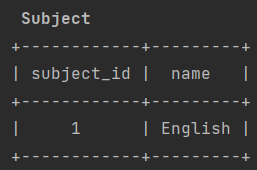


Рис.5 – Початковий стан таблиці Subject

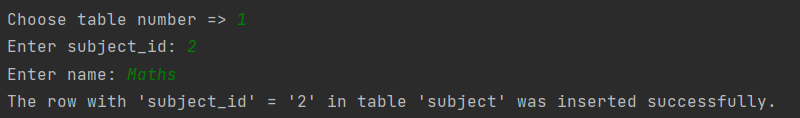


Рис.6 – Повідомлення про успішну вставку запису

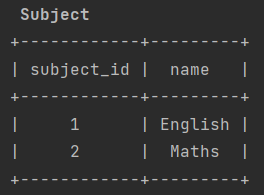


Рис.7 – Таблиця Subject після успішної вставки даних

Лістинг функції insert

def insert() -> None:  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 go\_on = True  
 while go\_on:  
 View.list()  
 table = controller.validtable()  
 if table == 1:  
 id = controller.validate\_input\_items("subject\_id")  
 name = controller.validate\_input\_items("name")  
 s = Subject(subject\_id=id, name=name)  
 session.add(s)  
 View.complete\_message("subject\_id", id, "subject", "inserted")  
 go\_on = False  
 elif table == 2:  
 id = controller.validate\_input\_items("teacher\_id")  
 firstname = controller.validate\_input\_items("firstname")  
 lastname = controller.validate\_input\_items("lastname")  
 s = Teacher(teacher\_id=id, firstname=firstname, lastname=lastname)  
 session.add(s)  
 View.complete\_message("teacher\_id", id, "teacher", "inserted")  
 go\_on = False  
 elif table == 3:  
 id = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 firstname = controller.validate\_input\_items("firstname")  
 lastname = controller.validate\_input\_items("lastname")  
 s = Student(student\_id=id, firstname=firstname, lastname=lastname)  
 session.add(s)  
 View.complete\_message("student\_id", id, "student", "inserted")  
 go\_on = False  
 elif table == 4:  
 id = controller.validate\_input\_items("phone\_id")  
 phonenumber = controller.validate\_input\_items("phonenumber")  
 studentphone\_fk = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 s = Phone(phone\_id=id, phonenumber=phonenumber, studentphone\_fk=studentphone\_fk)  
 session.add(s)  
 View.complete\_message("phone\_id", id, "phone", "inserted")  
 go\_on = False  
 elif table == 5:  
 id = controller.validate\_input\_items("schedule\_id")  
 day = controller.validate\_input\_items("day")  
 time = controller.validate\_input\_items("time")  
 subject\_fk = controller.validate\_input\_items("subject\_id")  
 student\_fk = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 teacher\_fk = controller.validate\_input\_items("teacher\_id")  
 s = Schedule(schedule\_id=id, day=day, time=time, subject\_fk=subject\_fk, student\_fk=student\_fk,  
 teacher\_fk=teacher\_fk)  
 session.add(s)  
 View.complete\_message("schedule\_id", id, "schedule", "inserted")  
 go\_on = False  
 session.commit()

*Запит видалення*

Цей запит реалізовано за допомогою функції delete. Спочатку користувач обирає таблицю, з якої потрібно видалити дані. Потім потрібно ввести номер ідентифікатора запису для видалення. Якщо такого ідентифікатора не існує, то користувач побачить повідомлення про помилку. У разі успішного видалення запису користувач побачить відповідне повідомлення.

Особливу увагу потрібно приділити зв’язкам між таблицями. Наприклад, таблиці subject та schedule пов’язані зв’язком 1:N через зовнішній ключ subject\_fk у таблиці schedule. Тому якщо користувач обирає запис про предмет, з яким є зв’язок у таблиці schedule, то відповідні записи видаляться в обох таблицях.

Реалізацію запиту видалення продемонструємо на таблиці student.

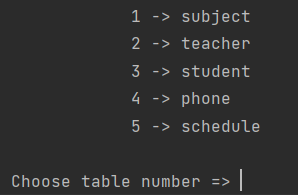


Рис.8 – Меню для вибору таблиці, з якої видалятиметься рядок

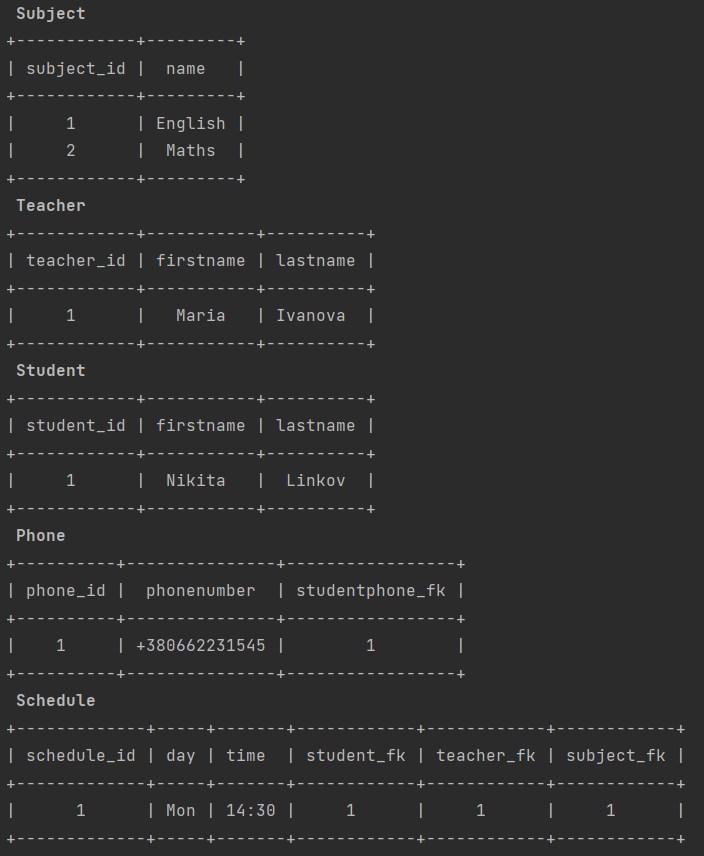


Рис.9 – Початковий стан усіх таблиць

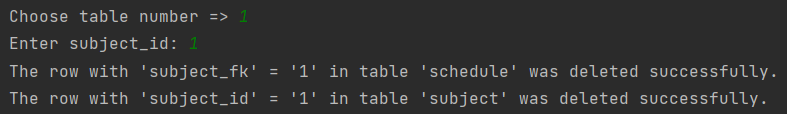


Рис.10 – Повідомлення про успішне видалення запису

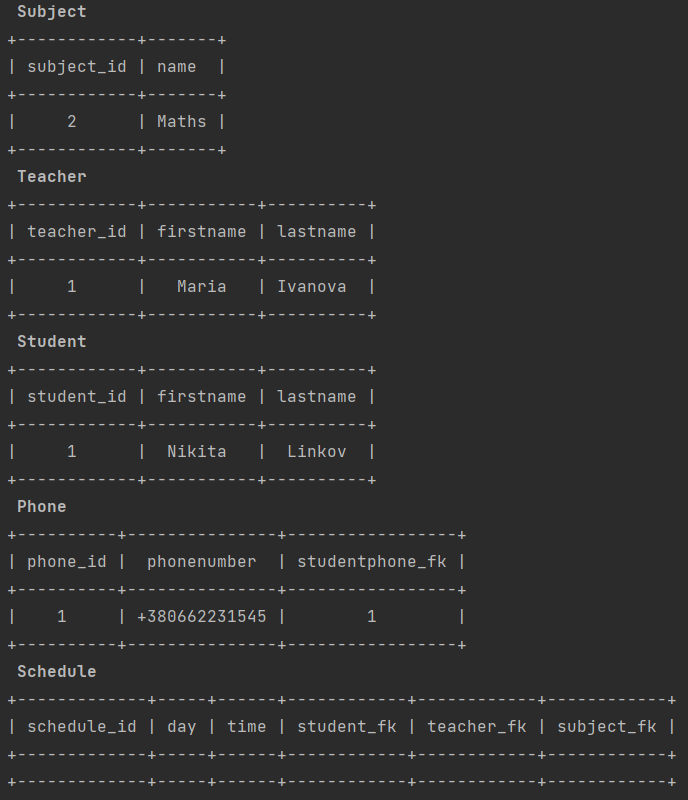


Рис.11 – Стан таблиць після видалення запису з subject та schedule

Лістинг функції delete

def delete():  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 go\_on = True  
 while go\_on:  
 View.list()  
 table = controller.validtable()  
 if table == 1:  
 id = controller.validate\_input\_items("subject\_id")  
 records = session.query(Subject).get(id)  
 if records is not None:  
 records = session.query(Schedule).get(id)  
 if records is not None:  
 delete = session.query(Schedule).filter(Schedule.subject\_fk == id)  
 for i in delete:  
 session.delete(i)  
 View.complete\_message("subject\_fk", id, "schedule", "deleted")  
 session.delete(session.query(Subject).filter(Subject.subject\_id == id).one())  
 View.complete\_message("subject\_id", id, "subject", "deleted")  
 else:  
 controller.message("No ID found")  
 go\_on = False  
 elif table == 2:  
 id = controller.validate\_input\_items("teacher\_id")  
 records = session.query(Teacher).get(id)  
 if records is not None:  
 records = session.query(Schedule).get(id)  
 if records is not None:  
 delete = session.query(Schedule).filter(Schedule.teacher\_fk == id)  
 for i in delete:  
 session.delete(i)  
 View.complete\_message("teacher\_fk", id, "schedule", "deleted")  
 session.delete(session.query(Teacher).filter(Teacher.teacher\_id == id).one())  
 View.complete\_message("teacher\_id", id, "teacher", "deleted")  
 else:  
 controller.message("No ID found")  
 go\_on = False  
 elif table == 3:  
 id = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 records = session.query(Student).get(id)  
 if records is not None:  
 records = session.query(Phone).get(id)  
 if records is not None:  
 delete = session.query(Schedule).filter(Schedule.studentphone\_fk == id)  
 for i in delete:  
 session.delete(i)  
 View.complete\_message("studentphone\_fk", id, "phone", "deleted")  
 records = session.query(Schedule).get(id)  
 if records is not None:  
 delete = session.query(Schedule).filter(Schedule.student\_fk == id)  
 for i in delete:  
 session.delete(i)  
 View.complete\_message("student\_fk", id, "schedule", "deleted")  
 session.delete(session.query(Student).filter(Student.student\_id == id).one())  
 View.complete\_message("student\_id", id, "student", "deleted")  
 else:  
 controller.message("No ID found")  
 go\_on = False  
 elif table == 4:  
 id = controller.validate\_input\_items("phone\_id")  
 records = session.query(Phone).get(id)  
 if records is not None:  
 session.delete(session.query(Phone).filter(Phone.phone\_id == id).one())  
 View.complete\_message("phone\_id", id, "phone", "deleted")  
 else:  
 controller.message("No ID found")  
 go\_on = False  
 elif table == 5:  
 id = controller.validate\_input\_items("schedule\_id")  
 records = session.query(Schedule).get(id)  
 if records is not None:  
 session.delete(session.query(Schedule).filter(Schedule.schedule\_id == id).one())  
 View.complete\_message("schedule\_id", id, "schedule", "deleted")  
 else:  
 controller.message("No ID found")  
 go\_on = False  
 else:  
 "Input correct number"  
 session.commit()  
 pass

*Запит редагування*

Цей запит реалізовано за допомогою функції update. Спочатку користувач обирає, у якій таблиці потрібно змінити запис і за яким ідентифікатором. Також потрібно обрати атрибут, що редагується. У разі успішного редагування користувач побачить відповідне повідомлення. Редагування запиту продемонструємо на прикладі таблиці student.

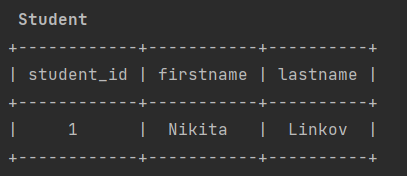


Рис.12 – Початковий стан таблиці student

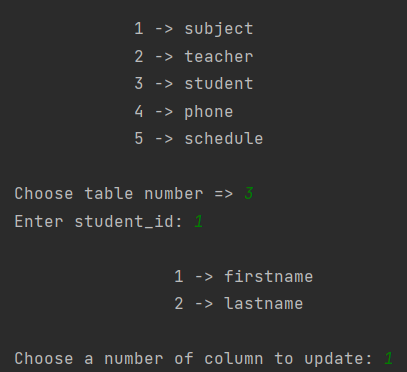


Рис.13 – Меню для вибору таблиці та атрибуту запису для редагування

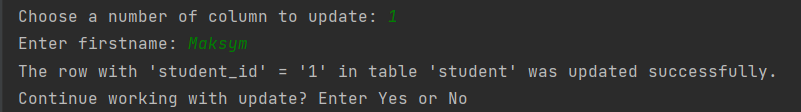


Рис.14 – Повідомлення про успішне редагування рядка

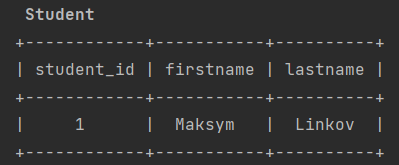


Рис.15 – Стан таблиці після виконання запиту редагування

Лістинг функції update

def update():  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 go\_on = True  
 while go\_on:  
 View.list()  
 table = controller.validtable()  
 if table == 1:  
 id = controller.validate\_input\_items("subject\_id")  
 records = session.query(Subject).get(id)  
 if records is not None:  
 value = controller.validate\_input\_items("name")  
 upd = session.query(Subject).get(id)  
 upd.name = value  
 session.add(upd)  
 else:  
 print("No subject with this ID")  
 go\_on = False  
 elif table == 2:  
 id = controller.validate\_input\_items("teacher\_id")  
 records = session.query(Teacher).get(id)  
 if records is not None:  
 View.columns(2)  
 continue\_update = True  
 while continue\_update:  
 attr = input("Choose a number of column to update ")  
 if attr == '1':  
 value = controller.validate\_input\_items("firstname")  
 upd = session.query(Teacher).get(id)  
 upd.firstname = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif attr == '2':  
 value = controller.validate\_input\_items("lastname")  
 upd = session.query(Teacher).get(id)  
 upd.lastname = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 else:  
 print("Enter correct number ")  
 View.complete\_message("teacher\_id", id, "teacher", "updated")  
 go\_on = False  
 pass  
 else:  
 print("No teacher with this ID")  
 elif table == 3:  
 id = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 records = session.query(Student).get(id)  
 if records is not None:  
 View.columns(3)  
 continue\_update = True  
 while continue\_update:  
 attr = input("Choose a number of column to update: ")  
 if attr == '1':  
 value = controller.validate\_input\_items("firstname")  
 upd = session.query(Student).get(id)  
 upd.firstname = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif attr == '2':  
 value = controller.validate\_input\_items("lastname")  
 upd = session.query(Student).get(id)  
 upd.lastname = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 else:  
 print("Enter correct number ")  
 View.complete\_message("student\_id", id, "student", "updated")  
 go\_on = False  
 pass  
 else:  
 print("No student with this ID")  
 elif table == 4:  
 id = controller.validate\_input\_items("phone\_id")  
 records = session.query(Phone).get(id)  
 if records is not None:  
 View.columns(4)  
 continue\_update = True  
 while continue\_update:  
 attr = input("Choose a number of column to update: ")  
 if attr == '1':  
 value = controller.validate\_input\_items("phonenumber")  
 upd = session.query(Phone).get(id)  
 upd.phonenumber = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif attr == '2':  
 value = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 upd = session.query(Phone).get(id)  
 upd.studentphone\_fk = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 go\_on = False  
 pass  
 else:  
 print("No phone with this ID")  
 elif table == 5:  
 id = controller.validate\_input\_items("schedule\_id")  
 records = session.query(Schedule).get(id)  
 if records is not None:  
 View.columns(5)  
 continue\_update = True  
 while continue\_update:  
 attr = input("Choose a number of column to update: ")  
 if attr == '1':  
 value = controller.validate\_input\_items("day")  
 upd = session.query(Schedule).get(id)  
 upd.day = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif attr == '2':  
 value = controller.validate\_input\_items("time")  
 upd = session.query(Schedule).get(id)  
 upd.time = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif table == '3':  
 value = controller.validate\_input\_items("subject\_id")  
 upd = session.query(Schedule).get(id)  
 upd.subject\_fk = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif table == '4':  
 value = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 upd = session.query(Schedule).get(id)  
 upd.student\_fk = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif table == '5':  
 value = controller.validate\_input\_items("teacher\_id")  
 upd = session.query(Schedule).get(id)  
 upd.teacher\_fk = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 go\_on = False  
 pass  
 else:  
 print("No schedule with this ID")  
 else:  
 print("Please enter correct number ")  
 session.commit()  
 pass

***Завдання 2***

Для тестування індексів було створено окремі таблиці у базі даних test з 1000000 записів.

*GIN*

GIN призначений для обробки випадків, коли елементи, що підлягають

індексації, є складеними значеннями (наприклад - реченнями), а запити, які обробляються індексом, мають шукати значення елементів, які з'являються в складених елементах (повторювані частини слів або речень). Індекс GIN зберігає набір пар (ключ, список появи ключа), де список появи — це набір ідентифікаторів рядків, у яких міститься ключ. Один і той самий ідентифікатор рядка може знаходитись у кількох списках, оскільки елемент може містити більше одного ключа. Кожне значення ключа зберігається лише один раз, тому індекс GIN дуже швидкий для випадків, коли один і той же ключ з’являється багато разів. Цей індекс може взаємодіяти тільки з полем типу tsvector.

**SQL запити**

*Створення таблиці БД:*

DROP TABLE IF EXISTS "gin\_test";

CREATE TABLE "gin\_test"("id" bigserial PRIMARY KEY, "string" text, "gin\_vector" tsvector);

INSERT INTO "gin\_test"("string") SELECT substr(characters, (random()\*length(characters)+1)::integer, 10) FROM (VALUES('qwertyuiopasdfghjklzxcvbnmQWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVBNM')) as symbols(characters), generate\_series(1, 1000000) as q;

UPDATE "gin\_test" set "gin\_vector" = to\_tsvector("string");

*Запити для тестування:*

Було протестовано 4 запити: 1 - виведення записів, у яких ідентифікатор кратний числу 2; 2 - виведення записів, у яких наявне сполучення букв bnm; 3 - виведення суми ідентифікаторів записів, у яких наявні сполучення букв QWERTYUIO або bnm; 4 - виведення мінімального ідентифікатора та максимального ідентифікатора записів, де є сполучення букв bnm, сортування за кратними 2 ідентифікаторами.

SELECT COUNT(\*) FROM "gin\_test" WHERE "id" % 2 = 0;

SELECT COUNT(\*) FROM "gin\_test" WHERE ("gin\_vector" @@ to\_tsquery('bnm'));

SELECT SUM("id") FROM "gin\_test" WHERE ("gin\_vector" @@ to\_tsquery('QWERTYUIOP')) OR ("gin\_vector" @@ to\_tsquery('bnm'));

SELECT MIN("id"), MAX("id") FROM "gin\_test" WHERE ("gin\_vector" @@ to\_tsquery('bnm')) GROUP BY "id" % 2;

*Створення індексу:*

DROP INDEX IF EXISTS "gin\_index";

CREATE INDEX "gin\_index" ON "gin\_test" USING gin("gin\_vector");

**Результати виконання запитів**

Запити вводились у psql.exe.

Запити без індексування:

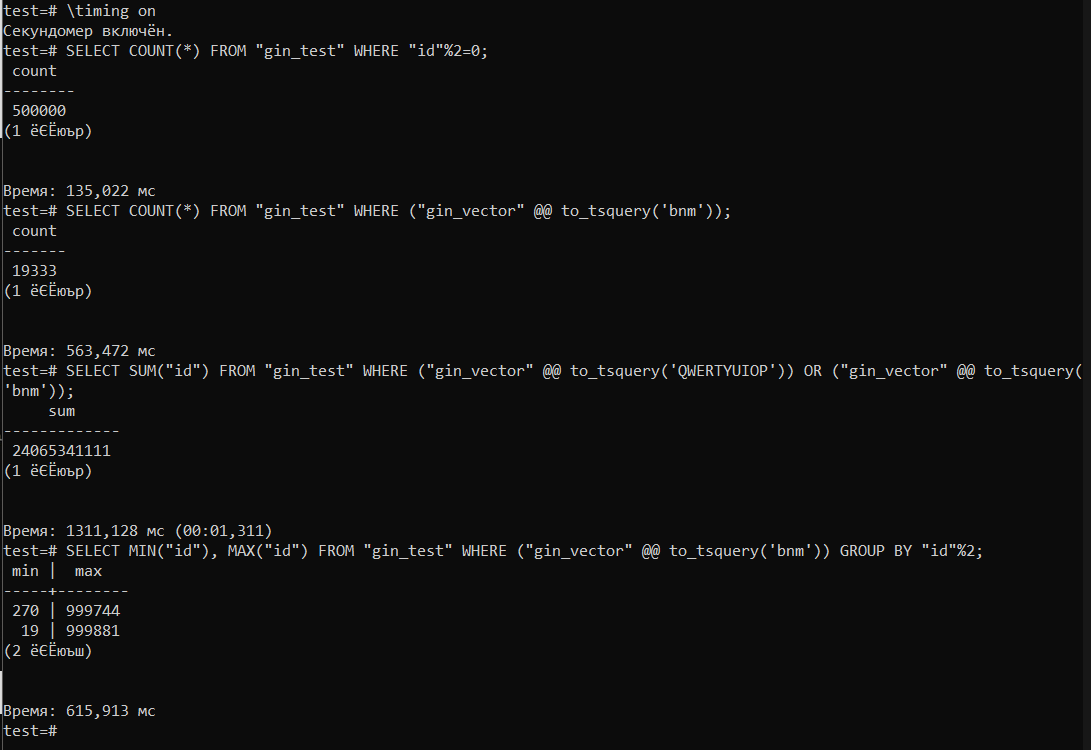


Рис.16 – Запити без індексування

**Час виконання запитів**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Операція 1 | Операція 2 | Операція 3 | Операція 4 |
| 135,022 мс | 563,472 мс | 1311,128 мс | 615,913 мс |

Табл.1 – Час виконання запитів без індексу GIN

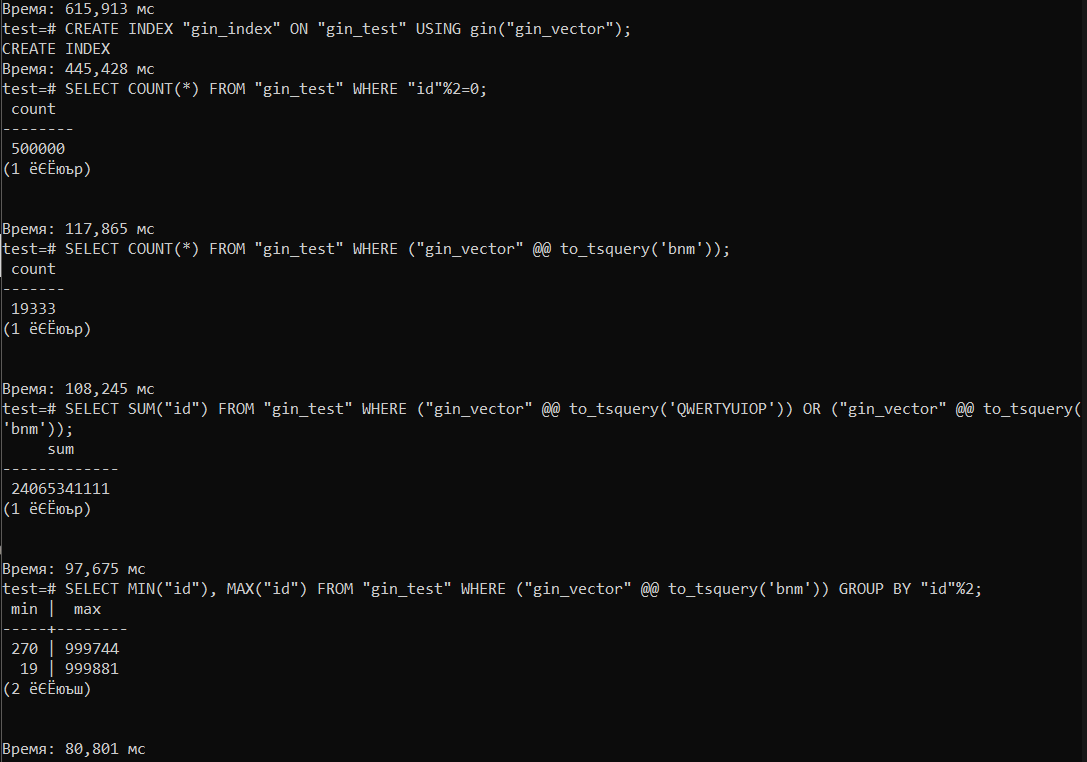


Рис.17 – Запити з індексуванням

**Час виконання запитів**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Операція 1 | Операція 2 | Операція 3 | Операція 4 |
| 117,865 мс | 108,245 мс | 97,675 мс | 80,801 мс |

Табл.2 – Час виконання операції з індексом GIN

З отриманих результатів бачимо, що в усіх заданих випадках пошук з індексацією відбувається значно швидше, ніж пошук без індексації (окрім першого, оскільки на перший запит дана індексація не впливає). Це відбувається завдяки головній особливості індексування GIN: кожне значення шуканого ключа зберігається один раз і запит іде не по всій таблиці, а лише по тим даним, що містяться у списку появи цього ключа. Для даних типу numeric даний тип індексування використовувати недоцільно і неможливо.

*BTree*

Індекс BTree призначений для даних, які можна відсортувати. Іншими словами, для типу даних мають бути визначені оператори «більше», «більше або дорівнює», «менше», «менше або дорівнює» та «дорівнює». Пошук починається з кореня вузла, і потрібно визначити, по якому з дочірніх вузлів спускатися. Знаючи ключи в корені, можна зрозуміти діапазони значень в дочірніх вузлах. Процедура повторюється до тих пір, поки не буде знайдено вузол, з якого можна отримати необхідні дані.

**SQL запити**

*Створення таблиці БД і внесення 1000000 записів:*

DROP TABLE IF EXISTS "btree\_test";

CREATE TABLE "btree\_test"("id" bigserial PRIMARY KEY, "time" timestamp);

INSERT INTO "btree\_test"("time") SELECT (timestamp '2021-01-01' + random()\*(timestamp '2020-01-01'-timestamp '2022-01-01')) FROM (VALUES('qwertyuiopasdfghjklzxcvbnmQWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVBNM')) as symbols(characters), generate\_series(1, 1000000) as q;

*Запити для тестування:*

Було протестовано 4 запити: 1 – виведення записів, ідентифікатор яких кратний 2 (рис.18 та рис.21); 2 - виведення записів, у яких час більше або дорівнює 2019-10-01 (рис.19 та рис.21); 3 - виведення середнього значення ідентифікаторів записів, у яких час знаходиться в проміжку між 2019-10-01 та 2021-12-7 (рис.19 і рис.21); 4 - виведення суми ідентифікаторів, а також максимального ідентифікатора записів, у яких час знаходиться в промяжку між 2020-05-05 та 2021-05-05, сортування за кратними 2 ідентифікаторами (рис.20 і рис.21).

SELECT COUNT(\*) FROM "btree\_test" WHERE "id" % 2 = 0;

SELECT COUNT(\*) FROM "btree\_test" WHERE “time” >= ‘20191001’;

SELECT AVG(“id”) FROM “btree\_test” WHERE “time” >= ‘20191001’ AND “time” <= ‘20211207’;

SELECT SUM(“id”), MAX(“id”) FROM “btree\_test” WHERE “time” >= ‘20200505’ AND “time” <= ‘20210505’ GROUP BY “id”%2;

*Створення індексу:*

DROP INDEX IF EXISTS "btree\_index";

CREATE INDEX "btree\_time\_index" ON "btree\_test" ("id");

**Результати виконання запитів**

Запити вводились у psql.exe.

Запити без індексування:

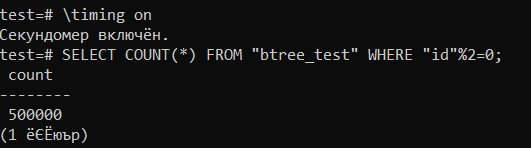


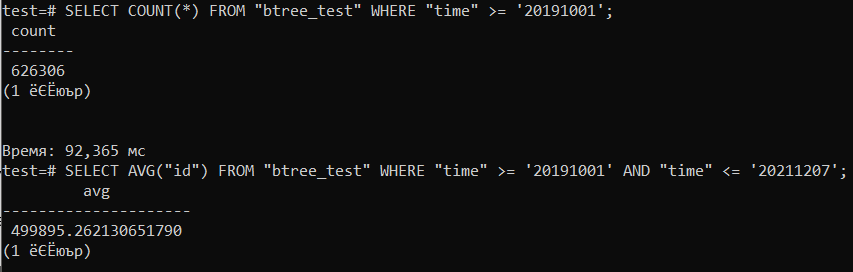
Рис.18 – Запит 1

Рис.19 – Запит 2 і 3

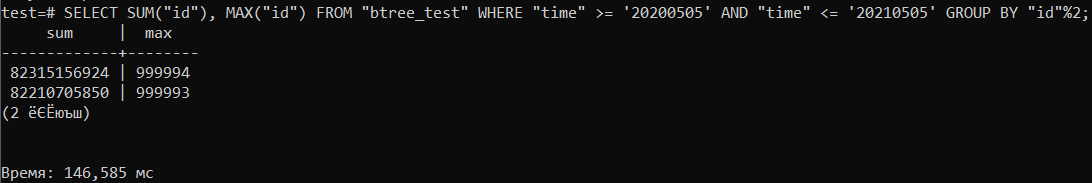


Рис.20 – Запит 4

**Час виконання запитів**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Операція 1 | Операція 2 | Операція 3 | Операція 4 |
| 111,491 мс | 92,365 мс | 154,643 | 146,584 мс |

Табл.3 – Час виконання запитів без індексу BTree

Запити з індексуванням:

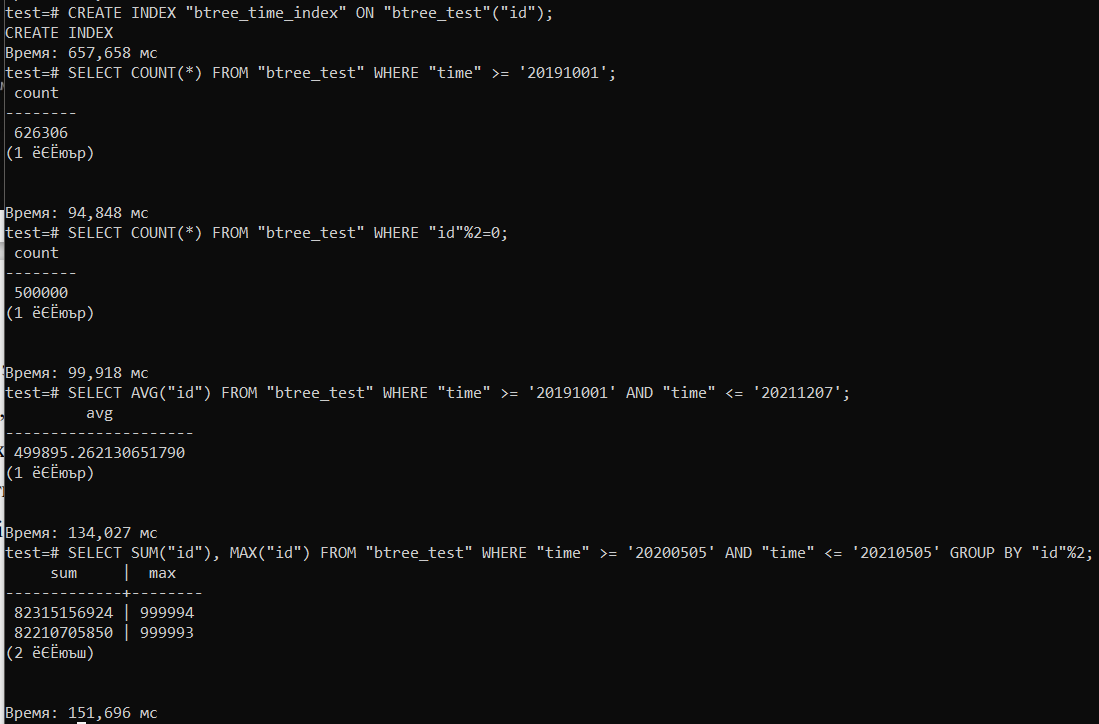


Рис.21 – Запити з індексуванням

**Час виконання запитів**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Операція 1 | Операція 2 | Операція 3 | Операція 4 |
| 94,848 мс | 99,918 мс | 134,027 | 151,696 мс |

Табл.4 – Час виконання запитів з індексом BTree

Як бачимо з результатів, за допомогою використання індексу BTree виконання операцій дещо пришвидшилося. Це пов’язано з тим, що дерево утворює багато гілок, і через це В-дерево виходить неглибоким навіть для дуже великих таблиць. Цей індекс також рекомендовано використовувати саме для операцій пошуку с порівнянням (нерівностями), що і було продемонстровано в запитах.

**Завдання 3**

Для тестування тригера було створено дві таблиці в базі даних test: таблиця trigger\_test з атрибутами trigger\_testID (ідентифікатор) trigger\_textName (ім’я), trigger\_test\_log з атрибутами id (ідентифікатор), trigger\_test\_log\_ID (зовнішній ключ для зв’язку з таблицею trigger\_test), trigger\_test\_log\_name (ім’я).

Тригер спрацьовує після операції вставки (after insert) та під час операції редагування (update). Серед усіх записів таблиці trigger\_test у курсорному циклі обираються ті, що мають ідентифікатори кратні 2. Якщо цей ідентифікатор також кратний 3, то висвічується повідомлення, що число ділиться на 2 і 3. Також якщо ідентифікатор кратний 2 і 3, то в таблицю trigger\_test\_log вставляються рядки з цими ідентифікаторами та відповідними іменами. В іншому випадку (якщо число не ділиться на 3, але ділиться на 2), викликається повідомлення - «Число парне» і в таблицю trigger\_test\_log вставляються рядки з цими ідентифікаторами та відповідними іменами. Далі з атрибуту trigger\_test\_log\_name видаляються набори символів ‘log’. Якщо число не ділиться на 2, то висвічується повідомлення «Число непарне» і виконується редагування в курсорному циклі: для всіх записів таблиці trigger\_test\_log, що мають в назві сполучення букв ‘\_id’ потрібно замінити ім’я на ‘\_’ та trigger\_test\_log\_name та ‘\_log’.

Тригер спрацьовує, якщо викликати операцію вставки (insert) або редагування (update). Нижче на знімках екрану продемонстровано коректну роботу тригера.

Запити для створення таблиць:

DROP TABLE IF EXISTS "trigger\_test";

CREATE TABLE "trigger\_test"(

"trigger\_testID" bigserial PRIMARY KEY,

"trigger\_testName" text

);

DROP TABLE IF EXISTS "trigger\_test\_log";

CREATE TABLE "trigger\_test\_log"(

"id" bigserial PRIMARY KEY,

"trigger\_test\_log\_ID" bigint,

"trigger\_test\_log\_name" text

);

Команди, що ініціюють виконання тригера:

CREATE TRIGGER "after\_insert\_update\_trigger"

AFTER INSERT OR UPDATE ON "trigger\_test"

FOR EACH ROW

EXECUTE procedure after\_insert\_func();

Початковий вміст таблиці trigger\_test було задано запитом:

INSERT INTO trigger\_test("trigger\_testName") VALUES ('test1'), ('test2'), ('test3'), ('test4'), ('test5'), ('test6');

Текст тригера:

CREATE OR REPLACE FUNCTION after\_insert\_func() RETURNS TRIGGER AS $trigger$

DECLARE

CURSOR\_LOG CURSOR FOR SELECT \* FROM "trigger\_test\_log";

row\_ "trigger\_test\_log"%ROWTYPE;

BEGIN

IF NEW."trigger\_testID"%2=0 THEN

IF NEW."trigger\_testID"%3=0 THEN

RAISE NOTICE 'trigger\_testID is multiple of 2 and 3';

FOR row\_ IN CURSOR\_LOG LOOP

-- UPDATE "trigger\_test\_log" SET "trigger\_test\_log\_name"='\_' || row\_."trigger\_test\_log\_name" || '\_log' WHERE "id"=row\_."id";

INSERT INTO "trigger\_test\_log"("trigger\_test\_log\_ID", "trigger\_test\_log\_name") VALUES (NEW."trigger\_testID", NEW."trigger\_testName");

END LOOP;

RETURN NEW;

ELSE

RAISE NOTICE 'trigger\_testID is even';

INSERT INTO "trigger\_test\_log"("trigger\_test\_log\_ID", "trigger\_test\_log\_name") VALUES (NEW."trigger\_testID", NEW."trigger\_testName");

UPDATE "trigger\_test\_log" SET "trigger\_test\_log\_name" = trim(BOTH '\_log' FROM "trigger\_test\_log\_name");

RETURN NEW;

END IF;

ELSE

RAISE NOTICE 'trigger\_testID is odd';

FOR row\_ IN CURSOR\_LOG LOOP

UPDATE "trigger\_test\_log" SET "trigger\_test\_log\_name" = '\_' || row\_."trigger\_test\_log\_name" || '\_log' WHERE "id" = row\_."id";

END LOOP;

RETURN NEW;

END IF;

END;

$trigger$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER after\_insert\_test

AFTER INSERT OR UPDATE ON "trigger\_test"

FOR EACH ROW EXECUTE PROCEDURE after\_insert\_func();

**Результат виконання**

Приклад виконання наведено для таблиць trigger\_test та trigger\_test\_log.

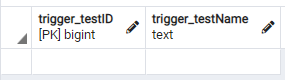


Рис.22 – Початковий стан таблиці trigger\_test

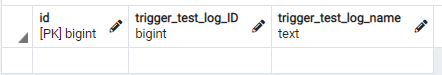


Рис.23 – Початковий стан таблиці trigger\_test\_log

Далі було виконано запит на вставку.

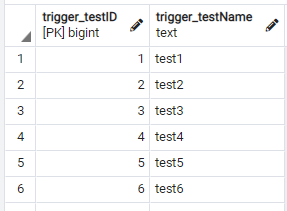
INSERT INTO trigger\_test("trigger\_testName") VALUES ('test7'), ('test8');

Рис.24 – Таблиця trigger\_test після виконання операції вставки

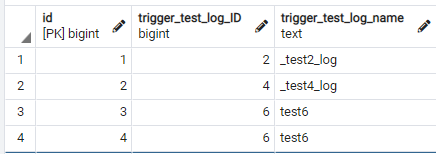


Рис.25 – Таблиця trigger\_test\_log після виконання операції вставки

Запит на редагування (додає у всі записи із парними ідентифікаторами в імені сполучення символів ‘\_2’):

UPDATE "trigger\_test" SET "trigger\_testName" = "trigger\_testName" || '\_2' WHERE "trigger\_testID"%2=0

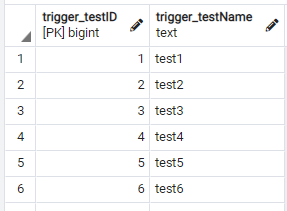


Рис.26 – Початковий стан таблиці trigger\_test

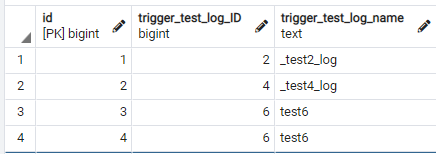


Рис.27 – Початковий стан таблиці trigger\_test\_log

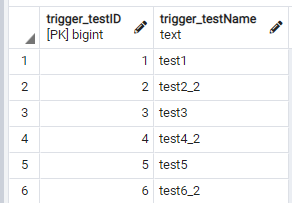


Рис.28 – Стан таблиці trigger\_test після виконання операції редагування

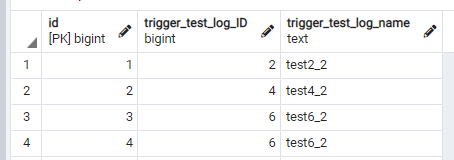


Рис.29 – Стан таблиці trigger\_test\_log після виконання операції редагування та спрацювання тригера

Як видно на знімках, записи із парними ідентифікаторами записалися в таблицю trigger\_test\_log, аналогічно до першого випадку із запитом вставки. Алгоритмічно нічого не змінилося, оскільки всі дії виконуються в залежності від значення ідентифікатора, який не змінювався.

Якщо виконати запити вставки та редагування по черзі, то ситуація дещо зміниться. Спочатку у таблицю trigger\_test вставляються записи з ідентифікаторами від 1 до 8. Далі для парних ідентифікаторів записи копіюються в trigger\_test\_log, а запис з ідентифікатором 6 копіюється в таблицю тричі, оскільки він ділиться і на 2, і на 3.

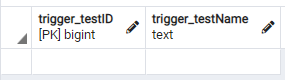


Рис.30 – Стан таблиці trigger\_test до почергової вставки та редагування

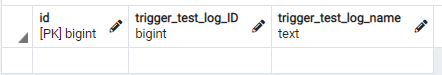


Рис.31 – Стан таблиці trigger\_test\_log до почергової вставки та редагування

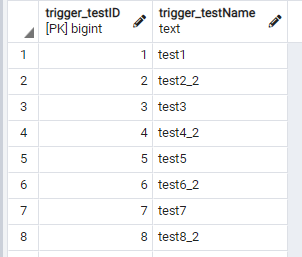


Рис.32 – Стан таблиці trigger\_test після вставки та редагування

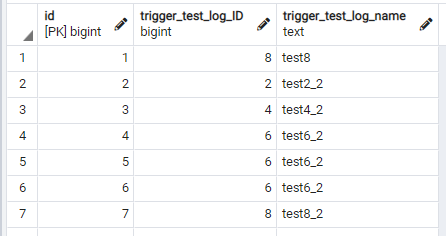


Рис.33 – Стан таблиці trigger\_test\_log після вставки та редагування

**Завдання 4**

Для цього завдання знадобилася окрема таблиця “transactions” з атрибутами id (ідентифікатор), numeric (число), text (текст). Також у таблицю було додано три записи за допомогою запиту вставки insert.

Запит на створення таблиці та вставку:

DROP TABLE IF EXISTS "transactions";

CREATE TABLE "transactions"(

"id" bigserial PRIMARY KEY,

"numeric" bigint,

"text" text

);

INSERT INTO "transactions"("numeric", "text") VALUES (222, 'string1'), (223, 'string2'), (224, 'string3');

*READ COMMINTTED*

На цьому рівні ізоляції одна транзакція не бачить змін у базі даних, викликаних іншою доки та не завершить своє виконання (командою COMMIT або ROLLBACK).

Спочатку у транзакціях 1 і 2 таблиця має однаковий стан. Якщо у транзакції 1 виконати редагування одного рядка, то в транзакції 2 цих змін не буде помітно, поки в першій транзакції не буде команди commit. Таким чином, феномен «брудного читання» на цьому рівні ізоляції неможливий.

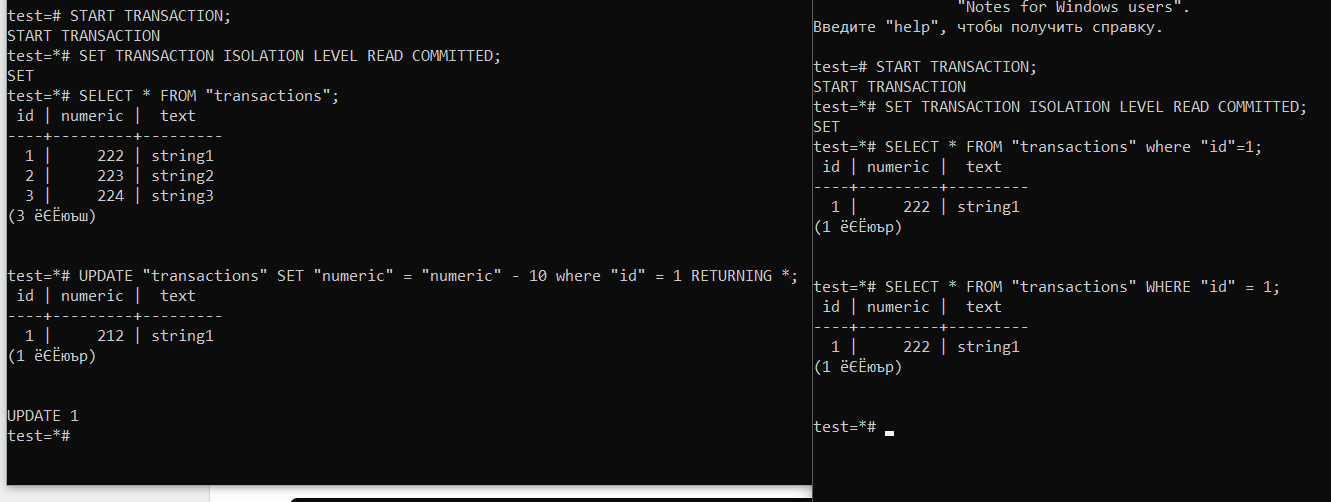


Рис.34 – Виконання редагування в одній з одночасних транзакцій на рівні ізоляції Rad committed

Тепер дослідимо феномен «фантомного читання». Після команди commit у першій транзакції у другій ми побачимо, що умові numeric>=220 відповідають лише 2 рядки, а не 3, як раніше, оскільки зміни були внесені і збережені в обох транзакціях.

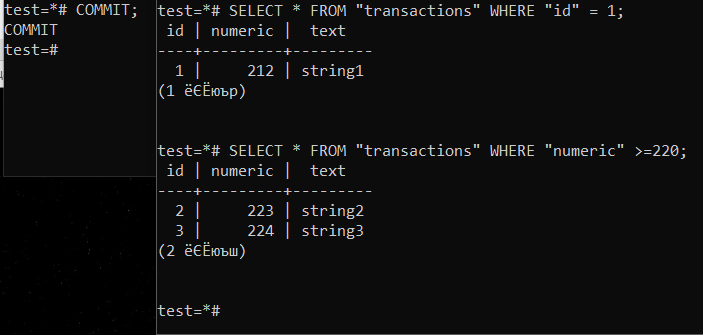


Рис.35 – Феномен «фантомного читання»

*REPEATABLE READ*

Почнемо дві транзакції на рівні ізоляції repeatable read. У другій транзакції обираємо запис з id = 1 і виводимо записи з numeric >=212. Тепер віднімемо від numeric у рядку з ідентифікатором 1 першої транзакції 10. Викликаємо команду commit. У другій транзакції ніяких змін із цим рядком немає, хоча commit був виконаний. Це сталося через використання рівня ізоляції repeatable read, тобто один і той самий запит має повертати той самий результат. Це призводить до того, що феномен «неповторного читання» неможливий на цьому рівні ізоляції.

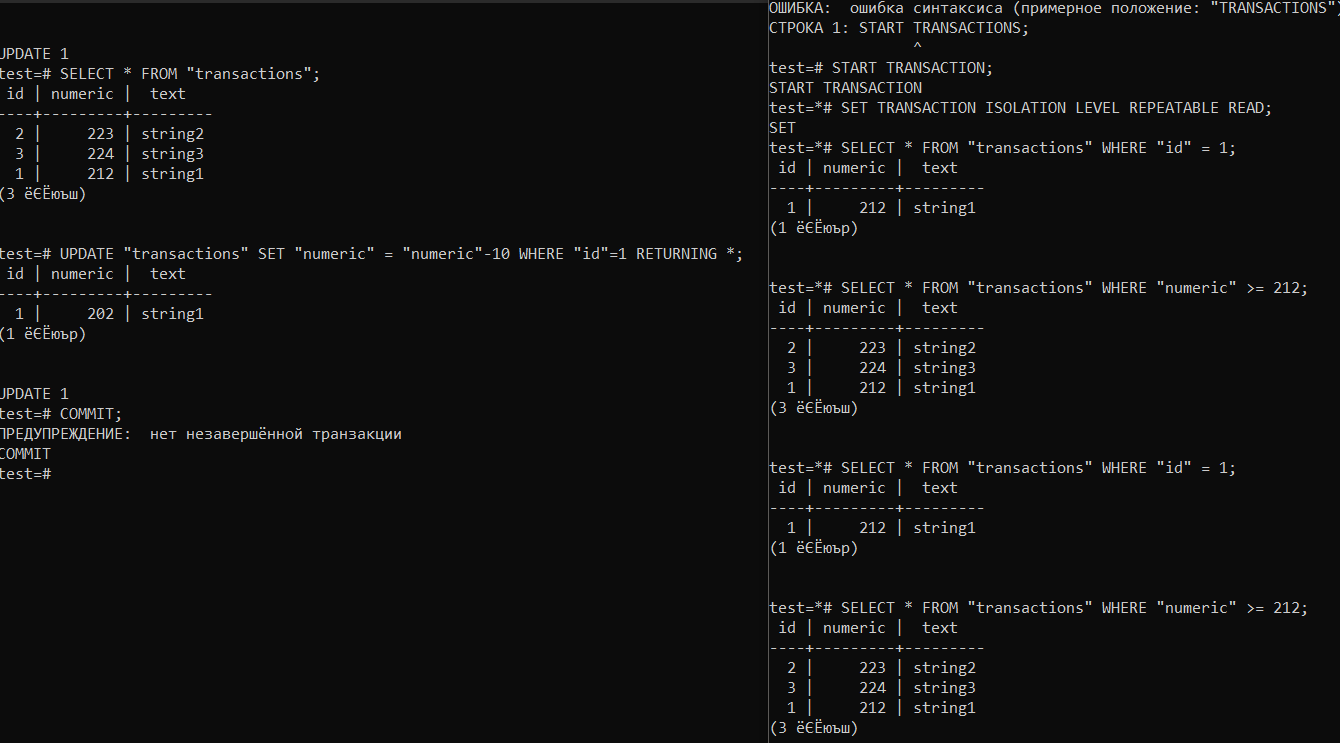


Рис.36 – Спроба одночасного внесення змін у таблиці на рівні ізоляції Repeatable read

Якщо спробувати в другій транзакції виконати запит редагування того самого рядка і відняти від numeric 10, то нам висвітиться помилка через паралельні зміни в транзакціях. Це є перевагою repeatable read, оскільки тоді ми можемо уникнути ситуацій, коли при відніманні 10 від 212 ми отримаємо 192 замість 202. Щоб відмінити транзакцію, було викликано команду rollback.

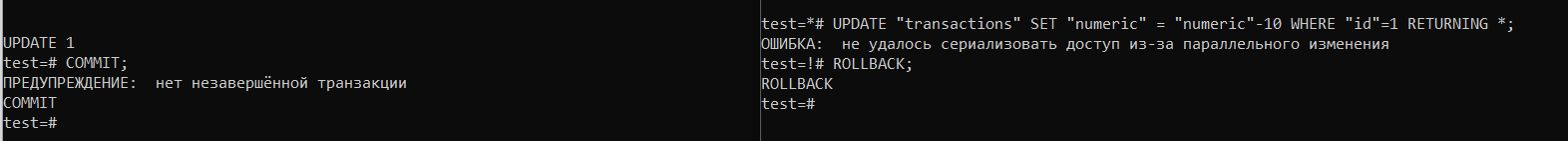


Рис.37 – Помилка через паралельні зміни на рівні ізоляції Repeatable read

Дослідимо аномалію серіалізації. На рівні ізоляції repeatable read запустимо дві транзакції. У першій виведемо всі рядки і порахуємо суму стовпчика numeric у всіх записах. Додаємо запис із цим значенням в таблицю. Якщо у другій транзакції повторити ті ж самі операції, то стан таблиці на початку ще не змінений, сума буде такою ж, як у першій транзакції. Таким чином, ми додамо до таблиці такий самий рядок, як і першій транзакції. Виконуючи commit в обох транзакціях, ми побачимо два однакових записи в таблиці. Це і є феномен «серіалізації», що пояснюється серійним виконанням двох транзакцій однієї за одною, причому порядок виконання транзакції неважливий.

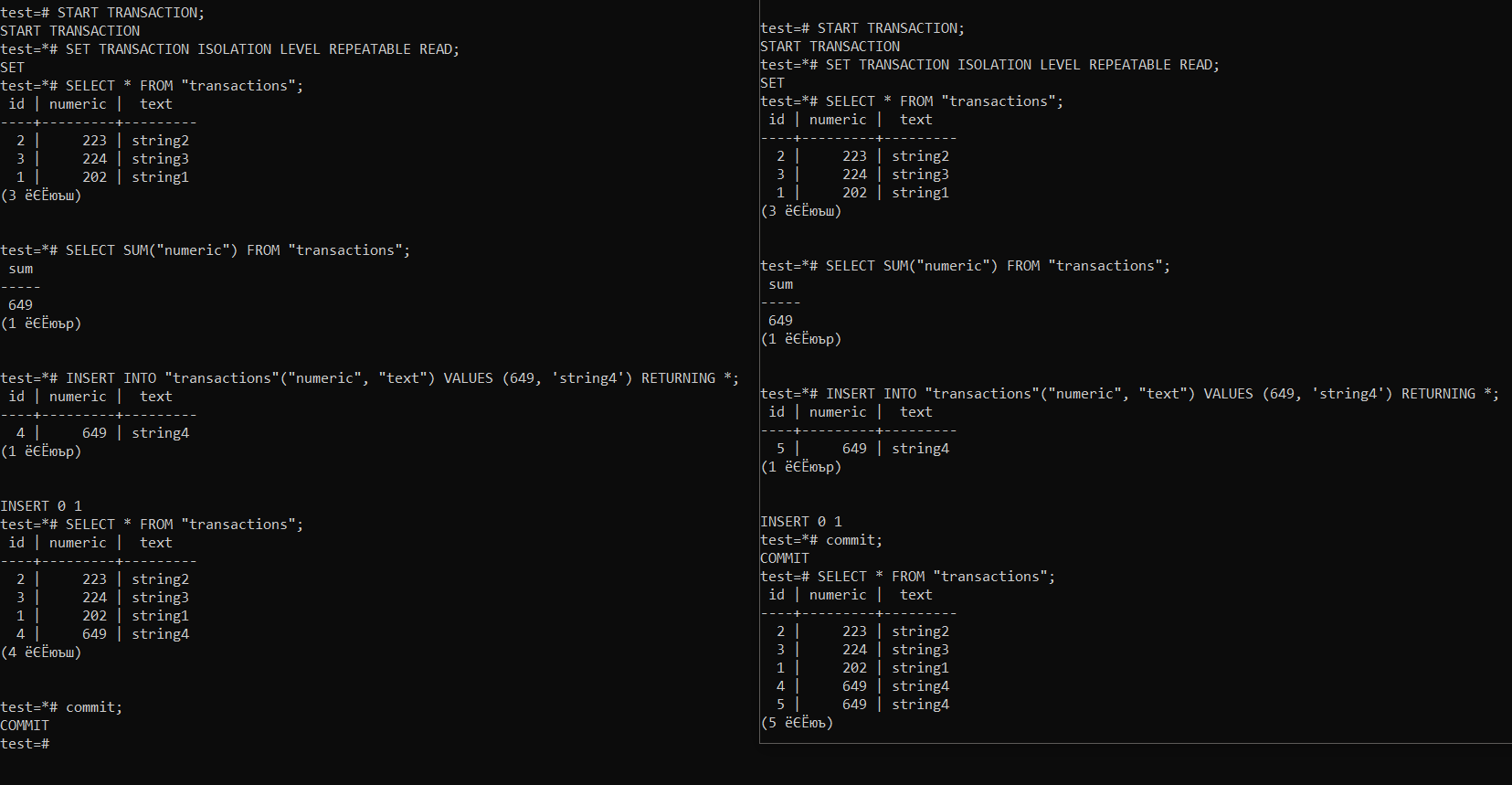


Рис.38 – Аномалія серіалізації

*SERIALIZABLE*

Запустимо дві транзакції на рівні Serializable. Спочатку стан таблиці однаковий. У першій транзакції видалимо рядок з id = 5 та виконаємо редагування рядку з id = 4. Якщо у другій транзакції спробувати зробити ті ж операції, то ми повинні будемо очікувати, доки перша транзакція не завершиться. Коли команда commit у першій транзакції виконана, у другій виникає помилка через паралельне видалення. Це неможливо, оскільки якщо запис уже видалений в першій транзакції, то видалити рядок з неіснуючим ідентифікатором неможливо. Ситуацію рятує команда rollback, і після цього бачимо, що зміни внесені і в другу транзакцію.

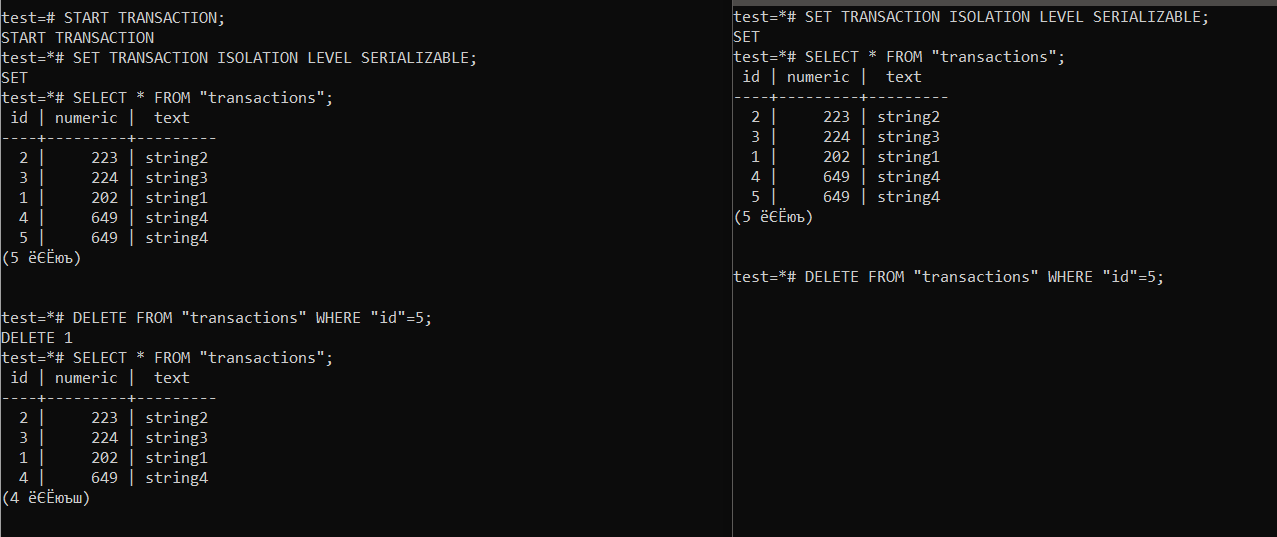


Рис.39 – Спроба одночасного виконання запитів на рівні ізоляції Serializable

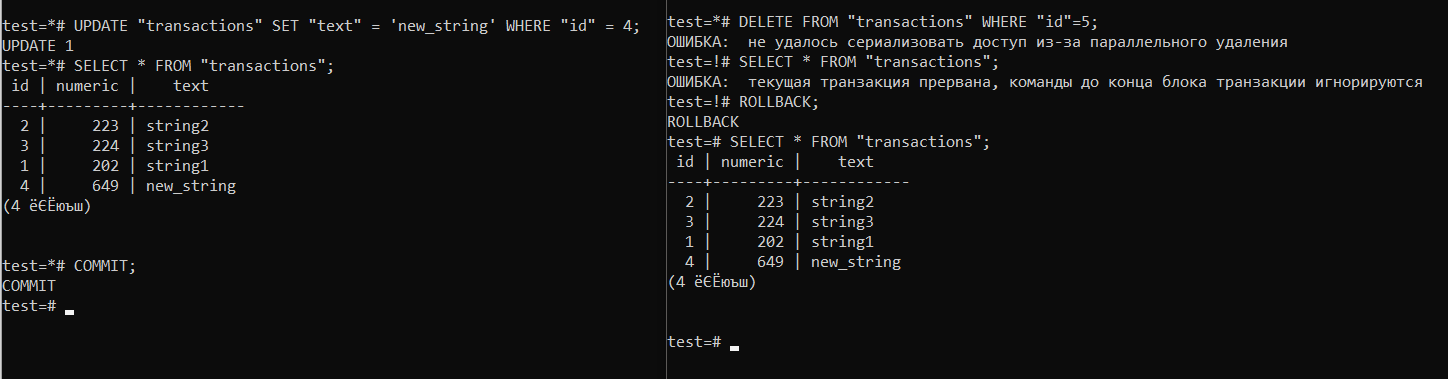


Рис.40 – Помилка через паралельне вилучення запису на рівні ізоляції Serializable

**Посилання для навігації по тексту програми**

[main.py](#main)

[controller.py](#controller)

[model.py](#model)

[view.py](#view)

[menu.py](#menu)

**Текст програми**

main.py

from menu import Menu  
  
Menu.menu()

controller.py

from view import View  
  
  
def message(text):  
 return print(text)  
  
  
def validtable():  
 incorrect = True  
 while incorrect:  
 table = input('Choose table number => ')  
 if table.isdigit():  
 table = int(table)  
 if 1 <= table <= 5:  
 incorrect = False  
 else:  
 print('Incorrect input, try again.')  
 else:  
 print('Incorrect input, try again.')  
 return table  
  
  
def validate\_input\_items(name):  
 if name == "id":  
 value = View.enter\_item("id")  
 if value.isdecimal():  
 return value  
 elif name == "subject\_id":  
 value = View.enter\_item("subject\_id")  
 if value.isdecimal():  
 return value  
 elif name == "teacher\_id":  
 value = View.enter\_item("teacher\_id")  
 if value.isdecimal():  
 return value  
 else:  
 message("enter only number")  
 validate\_input\_items("teacher\_id")  
 elif name == "phone\_id":  
 value = View.enter\_item("phone\_id")  
 if value.isdecimal():  
 return value  
 elif name == "schedule\_id":  
 value = View.enter\_item("schedule\_id")  
 if value.isdecimal():  
 return value  
 elif name == "student\_id":  
 value = View.enter\_item("student\_id")  
 if value.isdecimal():  
 return value  
 elif name == "name":  
 value = View.enter\_item("name")  
 if value.isalpha() is False:  
 return validate\_input\_items(name)  
 return value  
 elif name == "firstname":  
 value = View.enter\_item("firstname")  
 if value.isalpha() is False:  
 return validate\_input\_items(name)  
 return value  
 elif name == "lastname":  
 value = View.enter\_item("lastname")  
 if value.isalpha() is False:  
 return validate\_input\_items(name)  
 return value  
 elif name == "phonenumber":  
 value = View.enter\_item("phone\_number")  
 if value.isdigit() is False:  
 print("Enter like in example: 0998889999")  
 return validate\_input\_items(name)  
 else:  
 if len(value) != 10:  
 print("Phone should have 10 numbers")  
 return validate\_input\_items(name)  
 return str("+38" + value)  
 elif name == "day":  
 value = View.enter\_item("day")  
 if value.isalpha() is False:  
 return validate\_input\_items(name)  
 return value  
 elif name == "time":  
 value = View.enter\_item("time")  
 li = list(value.split(":"))  
 li\_hour = li[0]  
 li\_min = li[1]  
 if li\_hour.isdecimal() and li\_min.isdecimal():  
 if 20 > int(li\_hour) > 7 and -1 < int(li\_min) < 60:  
 li = [li\_hour, li\_min]  
 return ':'.join(li)  
 else:  
 message("Please, enter hours from 7 to 20 and minutes from 0 to 59")  
 return validate\_input\_items(name)  
 else:  
 message("Please, enter only digits with : between")

Лістинг view.py

class View:  
 def \_\_init\_\_(self, table, records):  
 self.table = table  
 self.records = records  
  
 @staticmethod  
 def complete\_message(attribute, value, table, action):  
 print(f"The row with '{attribute}' = '{value}' in table '{table}' was {action} successfully.")  
  
 @staticmethod  
 def enter\_item(item):  
 data = input("Enter {}: ".format(item))  
 return data  
  
 @staticmethod  
 def list():  
 print('''  
 1 -> subject  
 2 -> teacher  
 3 -> student  
 4 -> phone  
 5 -> schedule  
 ''')  
  
 @staticmethod  
 def columns(table):  
 if table == 1:  
 print('''  
 1 -> name  
 ''')  
 elif table == 2:  
 print('''  
 1 -> firstname  
 2 -> lastname  
 ''')  
 elif table == 3:  
 print('''  
 1 -> firstname  
 2 -> lastname  
 ''')  
 elif table == 4:  
 print('''  
 1 -> phone number  
 2 -> student ID  
 ''')  
 elif table == 5:  
 print('''  
 1 -> day  
 2 -> time  
 3 -> subject ID  
 4 -> student ID  
 5 -> teacher Id  
 ''')

model.py

from sqlalchemy.ext.declarative import declarative\_base  
from sqlalchemy import Table, Index, Column, Integer, String, Text, create\_engine, Boolean, PrimaryKeyConstraint, \  
 UniqueConstraint, ForeignKeyConstraint, ForeignKey  
from sqlalchemy.orm import relationship  
from sqlalchemy.orm import Session, sessionmaker  
import controller  
from view import View  
from numpy import array  
from tabulate import tabulate  
from pandas import DataFrame  
  
tables = {  
 1: 'subject',  
 2: 'teacher',  
 3: 'student',  
 4: 'phone',  
 5: 'schedule',  
}  
  
Base = declarative\_base()  
engine = create\_engine('postgresql+psycopg2://postgres:1111@localhost:5432/school')  
  
  
class Subject(Base):  
 \_\_tablename\_\_ = 'subject'  
 subject\_id = Column(Integer, nullable=False, primary\_key=True)  
 name = Column(String, nullable=False)  
 schedule = relationship('Schedule')  
  
 def \_\_init\_\_(self, subject\_id, name):  
 self.subject\_id = subject\_id  
 self.name = name  
  
 def \_\_repr\_\_(self):  
 return "{:>10}{:>35}".format(self.subject\_id, self.name)  
  
  
class Student(Base):  
 \_\_tablename\_\_ = 'student'  
 student\_id = Column(Integer, primary\_key=True)  
 firstname = Column(String, nullable=False)  
 lastname = Column(String, nullable=False)  
 phones = relationship('Phone')  
 schedule = relationship('Schedule')  
  
 def \_\_init\_\_(self, student\_id, firstname, lastname):  
 self.student\_id = student\_id  
 self.firstname = firstname  
 self.lastname = lastname  
  
 def \_\_repr\_\_(self):  
 return "{:>10}{:>35}{:>35}".format(self.student\_id, self.firstname, self.lastname)  
  
  
class Teacher(Base):  
 \_\_tablename\_\_ = 'teacher'  
 teacher\_id = Column(Integer, primary\_key=True)  
 firstname = Column(String, nullable=False)  
 lastname = Column(String, nullable=False)  
 schedule = relationship('Schedule')  
  
 def \_\_init\_\_(self, teacher\_id, firstname, lastname):  
 self.teacher\_id = teacher\_id  
 self.firstname = firstname  
 self.lastname = lastname  
  
 def \_\_repr\_\_(self):  
 return "{:>10}{:>35}{:>35}".format(self.teacher\_id, self.firstname, self.lastname)  
  
  
class Phone(Base):  
 \_\_tablename\_\_ = 'phone'  
 phone\_id = Column(Integer, primary\_key=True)  
 phonenumber = Column(String, nullable=False)  
 studentphone\_fk = Column(Integer, ForeignKey('student.student\_id'))  
  
 def \_\_init\_\_(self, phone\_id, phonenumber, studentphone\_fk):  
 self.phone\_id = phone\_id  
 self.phonenumber = phonenumber  
 self.studentphone\_fk = studentphone\_fk  
  
 def \_\_repr\_\_(self):  
 return "{:>10}{:>35}{:>10}".format(self.phone\_id, self.phonenumber, self.studentphone\_fk)  
  
  
class Schedule(Base):  
 \_\_tablename\_\_ = 'schedule'  
 schedule\_id = Column(Integer, primary\_key=True)  
 day = Column(String, nullable=False)  
 time = Column(String, nullable=False)  
 subject\_fk = Column(Integer, ForeignKey('subject.subject\_id'))  
 student\_fk = Column(Integer, ForeignKey('student.student\_id'))  
 teacher\_fk = Column(Integer, ForeignKey('teacher.teacher\_id'))  
  
 def \_\_init\_\_(self, schedule\_id, day, time, subject\_fk, student\_fk, teacher\_fk):  
 self.schedule\_id = schedule\_id  
 self.day = day  
 self.time = time  
 self.subject\_fk = subject\_fk  
 self.student\_fk = student\_fk  
 self.teacher\_fk = teacher\_fk  
  
 def \_\_repr\_\_(self):  
 return "{:>10}{:>35}{:>35}{:>10}{:>10}{:>10}".format(self.schedule\_id, self.day, self.time, self.subject\_fk,  
 self.student\_fk, self.teacher\_fk)  
  
  
def display\_query(rows, headers):  
 df = DataFrame([array(el) for el in rows], columns=array(headers))  
 print(tabulate(df, headers="keys", tablefmt="pretty", showindex=False))  
  
  
def show\_subject():  
 print("\033[1m Subject \033[0m")  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 records = session.query(Subject.subject\_id, Subject.name).all()  
 return records  
  
  
def show\_teacher():  
 print("\033[1m Teacher \033[0m")  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 records = session.query(Teacher.teacher\_id, Teacher.firstname, Teacher.lastname).all()  
 return records  
  
  
def show\_student():  
 print("\033[1m Student \033[0m")  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 records = session.query(Student.student\_id, Student.firstname, Student.lastname).all()  
 return records  
  
  
def show\_phone():  
 print("\033[1m Phone \033[0m")  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 records = session.query(Phone.phone\_id, Phone.phonenumber, Phone.studentphone\_fk).all()  
 return records  
  
  
def show\_schedule():  
 print("\033[1m Schedule \033[0m")  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 records = session.query(Schedule.schedule\_id, Schedule.day, Schedule.time, Schedule.student\_fk,  
 Schedule.teacher\_fk, Schedule.subject\_fk).all()  
 return records  
  
  
def insert() -> None:  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 go\_on = True  
 while go\_on:  
 View.list()  
 table = controller.validtable()  
 if table == 1:  
 id = controller.validate\_input\_items("subject\_id")  
 name = controller.validate\_input\_items("name")  
 s = Subject(subject\_id=id, name=name)  
 session.add(s)  
 View.complete\_message("subject\_id", id, "subject", "inserted")  
 go\_on = False  
 elif table == 2:  
 id = controller.validate\_input\_items("teacher\_id")  
 firstname = controller.validate\_input\_items("firstname")  
 lastname = controller.validate\_input\_items("lastname")  
 s = Teacher(teacher\_id=id, firstname=firstname, lastname=lastname)  
 session.add(s)  
 View.complete\_message("teacher\_id", id, "teacher", "inserted")  
 go\_on = False  
 elif table == 3:  
 id = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 firstname = controller.validate\_input\_items("firstname")  
 lastname = controller.validate\_input\_items("lastname")  
 s = Student(student\_id=id, firstname=firstname, lastname=lastname)  
 session.add(s)  
 View.complete\_message("student\_id", id, "student", "inserted")  
 go\_on = False  
 elif table == 4:  
 id = controller.validate\_input\_items("phone\_id")  
 phonenumber = controller.validate\_input\_items("phonenumber")  
 studentphone\_fk = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 s = Phone(phone\_id=id, phonenumber=phonenumber, studentphone\_fk=studentphone\_fk)  
 session.add(s)  
 View.complete\_message("phone\_id", id, "phone", "inserted")  
 go\_on = False  
 elif table == 5:  
 id = controller.validate\_input\_items("schedule\_id")  
 day = controller.validate\_input\_items("day")  
 time = controller.validate\_input\_items("time")  
 subject\_fk = controller.validate\_input\_items("subject\_id")  
 student\_fk = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 teacher\_fk = controller.validate\_input\_items("teacher\_id")  
 s = Schedule(schedule\_id=id, day=day, time=time, subject\_fk=subject\_fk, student\_fk=student\_fk,  
 teacher\_fk=teacher\_fk)  
 session.add(s)  
 View.complete\_message("schedule\_id", id, "schedule", "inserted")  
 go\_on = False  
 session.commit()  
  
  
def delete():  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 go\_on = True  
 while go\_on:  
 View.list()  
 table = controller.validtable()  
 if table == 1:  
 id = controller.validate\_input\_items("subject\_id")  
 records = session.query(Subject).get(id)  
 if records is not None:  
 records = session.query(Schedule).get(id)  
 if records is not None:  
 delete = session.query(Schedule).filter(Schedule.subject\_fk == id)  
 for i in delete:  
 session.delete(i)  
 View.complete\_message("subject\_fk", id, "schedule", "deleted")  
 session.delete(session.query(Subject).filter(Subject.subject\_id == id).one())  
 View.complete\_message("subject\_id", id, "subject", "deleted")  
 else:  
 controller.message("No ID found")  
 go\_on = False  
 elif table == 2:  
 id = controller.validate\_input\_items("teacher\_id")  
 records = session.query(Teacher).get(id)  
 if records is not None:  
 records = session.query(Schedule).get(id)  
 if records is not None:  
 delete = session.query(Schedule).filter(Schedule.teacher\_fk == id)  
 for i in delete:  
 session.delete(i)  
 View.complete\_message("teacher\_fk", id, "schedule", "deleted")  
 session.delete(session.query(Teacher).filter(Teacher.teacher\_id == id).one())  
 View.complete\_message("teacher\_id", id, "teacher", "deleted")  
 else:  
 controller.message("No ID found")  
 go\_on = False  
 elif table == 3:  
 id = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 records = session.query(Student).get(id)  
 if records is not None:  
 records = session.query(Phone).get(id)  
 if records is not None:  
 delete = session.query(Schedule).filter(Schedule.studentphone\_fk == id)  
 for i in delete:  
 session.delete(i)  
 View.complete\_message("studentphone\_fk", id, "phone", "deleted")  
 records = session.query(Schedule).get(id)  
 if records is not None:  
 delete = session.query(Schedule).filter(Schedule.student\_fk == id)  
 for i in delete:  
 session.delete(i)  
 View.complete\_message("student\_fk", id, "schedule", "deleted")  
 session.delete(session.query(Student).filter(Student.student\_id == id).one())  
 View.complete\_message("student\_id", id, "student", "deleted")  
 else:  
 controller.message("No ID found")  
 go\_on = False  
 elif table == 4:  
 id = controller.validate\_input\_items("phone\_id")  
 records = session.query(Phone).get(id)  
 if records is not None:  
 session.delete(session.query(Phone).filter(Phone.phone\_id == id).one())  
 View.complete\_message("phone\_id", id, "phone", "deleted")  
 else:  
 controller.message("No ID found")  
 go\_on = False  
 elif table == 5:  
 id = controller.validate\_input\_items("schedule\_id")  
 records = session.query(Schedule).get(id)  
 if records is not None:  
 session.delete(session.query(Schedule).filter(Schedule.schedule\_id == id).one())  
 View.complete\_message("schedule\_id", id, "schedule", "deleted")  
 else:  
 controller.message("No ID found")  
 go\_on = False  
 else:  
 "Input correct number"  
 session.commit()  
 pass  
  
  
def update():  
 Session = sessionmaker(bind=engine)  
 session = Session()  
 go\_on = True  
 while go\_on:  
 View.list()  
 table = controller.validtable()  
 if table == 1:  
 id = controller.validate\_input\_items("subject\_id")  
 records = session.query(Subject).get(id)  
 if records is not None:  
 value = controller.validate\_input\_items("name")  
 upd = session.query(Subject).get(id)  
 upd.name = value  
 session.add(upd)  
 else:  
 print("No subject with this ID")  
 go\_on = False  
 elif table == 2:  
 id = controller.validate\_input\_items("teacher\_id")  
 records = session.query(Teacher).get(id)  
 if records is not None:  
 View.columns(2)  
 continue\_update = True  
 while continue\_update:  
 attr = input("Choose a number of column to update ")  
 if attr == '1':  
 value = controller.validate\_input\_items("firstname")  
 upd = session.query(Teacher).get(id)  
 upd.firstname = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif attr == '2':  
 value = controller.validate\_input\_items("lastname")  
 upd = session.query(Teacher).get(id)  
 upd.lastname = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 else:  
 print("Enter correct number ")  
 View.complete\_message("teacher\_id", id, "teacher", "updated")  
 go\_on = False  
 pass  
 else:  
 print("No teacher with this ID")  
 elif table == 3:  
 id = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 records = session.query(Student).get(id)  
 if records is not None:  
 View.columns(3)  
 continue\_update = True  
 while continue\_update:  
 attr = input("Choose a number of column to update: ")  
 if attr == '1':  
 value = controller.validate\_input\_items("firstname")  
 upd = session.query(Student).get(id)  
 upd.firstname = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif attr == '2':  
 value = controller.validate\_input\_items("lastname")  
 upd = session.query(Student).get(id)  
 upd.lastname = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 else:  
 print("Enter correct number ")  
 View.complete\_message("student\_id", id, "student", "updated")  
 go\_on = False  
 pass  
 else:  
 print("No student with this ID")  
 elif table == 4:  
 id = controller.validate\_input\_items("phone\_id")  
 records = session.query(Phone).get(id)  
 if records is not None:  
 View.columns(4)  
 continue\_update = True  
 while continue\_update:  
 attr = input("Choose a number of column to update: ")  
 if attr == '1':  
 value = controller.validate\_input\_items("phonenumber")  
 upd = session.query(Phone).get(id)  
 upd.phonenumber = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif attr == '2':  
 value = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 upd = session.query(Phone).get(id)  
 upd.studentphone\_fk = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 go\_on = False  
 pass  
 else:  
 print("No phone with this ID")  
 elif table == 5:  
 id = controller.validate\_input\_items("schedule\_id")  
 records = session.query(Schedule).get(id)  
 if records is not None:  
 View.columns(5)  
 continue\_update = True  
 while continue\_update:  
 attr = input("Choose a number of column to update: ")  
 if attr == '1':  
 value = controller.validate\_input\_items("day")  
 upd = session.query(Schedule).get(id)  
 upd.day = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif attr == '2':  
 value = controller.validate\_input\_items("time")  
 upd = session.query(Schedule).get(id)  
 upd.time = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif table == '3':  
 value = controller.validate\_input\_items("subject\_id")  
 upd = session.query(Schedule).get(id)  
 upd.subject\_fk = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif table == '4':  
 value = controller.validate\_input\_items("student\_id")  
 upd = session.query(Schedule).get(id)  
 upd.student\_fk = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 elif table == '5':  
 value = controller.validate\_input\_items("teacher\_id")  
 upd = session.query(Schedule).get(id)  
 upd.teacher\_fk = value  
 session.add(upd)  
 continue\_update = False  
 go\_on = False  
 pass  
 else:  
 print("No schedule with this ID")  
 else:  
 print("Please enter correct number ")  
 session.commit()  
 pass

menu.py

import model  
from view import View  
import controller  
  
  
class Menu:  
 @staticmethod  
 def menu():  
 while True:  
 print('''  
 Main menu  
 0 - Show one table  
 1 - Show all tables  
 2 - Insert data  
 3 - Delete data  
 4 - Update data  
 5 - Exit  
 ''')  
 choice = input('Choose an option: ')  
 if choice == '0':  
 View.list()  
 table = controller.validtable()  
 if table == 1:  
 model.display\_query(model.show\_subject(), ["subject\_id", "name"])  
 elif table == 2:  
 model.display\_query(model.show\_teacher(), ["teacher\_id", "firstname", "lastname"])  
 elif table == 3:  
 model.display\_query(model.show\_student(), ["student\_id", "firstname", "lastname"])  
 elif table == 4:  
 model.display\_query(model.show\_phone(), ["phone\_id", "phonenumber", "studentphone\_fk"])  
 elif table == 5:  
 model.display\_query(model.show\_schedule(),  
 ["schedule\_id", "day", "time", "student\_fk", "teacher\_fk", "subject\_fk"])  
 elif choice == '1':  
 model.display\_query(model.show\_subject(), ["subject\_id", "name"])  
 model.display\_query(model.show\_teacher(), ["teacher\_id", "firstname", "lastname"])  
 model.display\_query(model.show\_student(), ["student\_id", "firstname", "lastname"])  
 model.display\_query(model.show\_phone(), ["phone\_id", "phonenumber", "studentphone\_fk"])  
 model.display\_query(model.show\_schedule(),  
 ["schedule\_id", "day", "time", "student\_fk", "teacher\_fk", "subject\_fk"])  
 elif choice == '2':  
 end\_insert = False  
 while not end\_insert:  
 model.insert()  
 incorrect = True  
 while incorrect:  
 answer = input('Continue working with insert? Enter Yes or No ')  
 if answer == 'No':  
 end\_insert = True  
 incorrect = False  
 elif answer == 'Yes':  
 incorrect = False  
 pass  
 else:  
 print('Please, enter Yes or No')  
 elif choice == '3':  
 end\_delete = False  
 while not end\_delete:  
 model.delete()  
 incorrect = True  
 while incorrect:  
 answer = input('Continue working with delete? Enter Yes or No ')  
 if answer == 'No':  
 end\_delete = True  
 incorrect = False  
 elif answer == 'Yes':  
 incorrect = False  
 pass  
 else:  
 print('Please, enter Yes or No ')  
 elif choice == '4':  
 end\_update = False  
 while not end\_update:  
 model.update()  
 incorrect = True  
 while incorrect:  
 answer = input('Continue working with update? Enter Yes or No ')  
 if answer == 'No':  
 end\_update = True  
 incorrect = False  
 elif answer == 'Yes':  
 incorrect = False  
 pass  
 else:  
 print('Please, enter Yes or No ')  
 elif choice == '5':  
 break  
 else:  
 print('Please, enter valid number')