

інтернета, а також задействовать в учебном процессе смартфоны студентов, которые обычно отвлекают их во время занятий. Такая технология тестирования не требует наличия компьютерного класса и может быть проведена в любой аудитории.

На базе данного фреймворка было создано веб-приложение, позволяющее провести тестирование студентов во время занятия. Данное веб-приложение работает по принципу одностраничного приложения. Это позволяет уменьшить время загрузки каждой новой страницы при входе в приложение. Для сортировки вопросов в тесте использован алгоритм случайной сортировки. База тестов создается каждым преподавателем для своей дисциплины. Может быть использован для любой дисциплины как в высшей, так и в средней школе.

**Ключевые слова:** фреймворк, веб-приложение, интерфейс, алгоритмизация, разработка, обратная связь.

**Bulanchuk O. M., Bulanchuk G. G., Lozovoy V. S.**

### USE OF ANGULAR-BASED WEB APPLICATION TO ORGANIZE TESTING DURING TRAINING

*This article explores the possibility of developing and using an Angular-based web application to provide feedback to an audience during a lesson.*

*This framework provides the convenience of web application interfaces on different devices without any limitation of their functionality. This framework has many powerful features that allow developers to create one-page web applications easily. Angular is well suited for applications that need to run in multiple development environments.*

*The basic principle of web application operation is based on the already existing system of passing tests during training. But since mobile devices have become an integral part of our lives, they can be used in testing. The main difference from the existing test systems offered in this article is that the server, in this case, is the laptop of the teacher, and communication with students' smartphones is via a local network, including the router. It gives the possibility to be independent of the external Internet and to leverage the students' smartphones in the teaching process, which usually distracts them during class. This testing technique does not require a computer classroom and can be carried out in any audience.*

*Using this framework, we created a web application that allows students to be tested during a lesson. This one works on the principle of a one-page app. It reduces the loading time of each new page when logging into the application. We used a random sort algorithm to sort the questions in the test. Each teacher for his discipline can create his test database. The app can be used for any subject in both university and school.*

**Keywords:** framework, web application, interface, development, algorithmization, feedback.

Рекомендована до публікації: д-р фіз.-мат. наук, проф. Холькін О.М.

Стаття надійшла 15.11.2019 р.

**УДК 532.5+519.63**

**Буланчук О. М., Буланчук Г.Г., Чобану Р. В.**

### МЕТОД ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ОБТІКАННЯ БУДИНКІВ МЕТОДОМ ДИСКРЕТНИХ ВИХОРИВ

*Обработка векторного поля швидкостей та його візуалізація є невід'ємною частиною багатьох задач чисельного моделювання. Представлення результатів у*

традиційному вигляді виконується за допомогою стрілочних діаграм поля швидкостей або колірних діаграм модуля швидкості. Але така інформація не дає вичерпну картину течії в цілому. В даній роботі пропонується метод візуалізації ліній течії, що базується на деяких ідеях текстурної візуалізації з використанням адвекції частинок в заданому полі швидкості. Методика була застосована при моделюванні обтікання ідеальною рідиною системи будинків для двовимірного випадку.

**Ключові слова:** лінії течії, поле швидкостей, адвекція частинок, метод дискретних вихорів, текстурна візуалізація.

**Постановка проблеми.** Зазвичай результатами чисельного моделювання в гідромеханіці є великі масиви скалярних або векторних полів. Етап візуалізації результатів, отриманих під час обчислювального експерименту, дає досліднику інформацію про структуру течії, швидкості та інші характеристики. Результат експерименту залежить від того, в якому вигляді будуть отримані ці дані дослідником, і ґрунтуючись на них, які саме висновки він зробить.

При візуалізації за допомогою стрілочних діаграм вектор швидкості відображається у вигляді стрілки, напрямок і величина якої відповідають значенням поля в точці. Недоліком стрілочних діаграм є низька роздільна здатність при відображенні векторного поля. Також при візуалізації вихрових структур має місце перетин векторних символів, що призводить до важкості сприйняття зображення і його інтерпретації. Тому останнім часом набувають популярності методи візуалізації, які використовують інші підходи, які не базуються на візуалізації безпосередньо поля швидкостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним з найважливіших етапів розвитку галузі наукової візуалізації, що дали початок багатьом методикам, стали методи текстурної візуалізації [1]-[5], зокрема метод адвекції початкового зображення вздовж лінії течії. Термін “адвекція” означає перенесення скалярного значення в векторному полі, при якому це значення не змінюється. Одним із базових методів є текстурна адвекція Лагранжа-Ейлера (LEA-Largangian-Eulcrían Advection). Ідея цього алгоритму полягає в спільному використанні лагранжевої і ейлерової кінематики руху суцільного середовища. Перенесення текстурного значення відбувається разом із рухом частинки, а колір у даній точці набуває значення кольору цієї частинки. Щоб початкове зображення з часом не було винесене за межі області, що візуалізується, на кожному кроці по часу застосовується підмішування до проадвектованого зображення шумової структури. Таким чином, відбувається накладання цих двох зображень: адвектованого і шумового. Обчислений результат бере участь у наступній ітерації.

Більш детальний огляд методів текстурної візуалізації векторних полів можна знайти в роботі [5].

**Мета дослідження.** У даній роботі пропонується застосувати метод адвекції частинок для візуалізації плоских течій ідеальної рідини. Цей метод був випробуваний при чисельному моделюванні методом дискретних вихорів обтікання будинків [6]. Використовується методика, що комбінує основні ідеї методу текстурної адвекції Лагранжа-Ейлера, але в спрощеному варіанті, без використання текстур, а лише з використанням адвекції зафарбованих частинок. Метою роботи є програмна реалізація даного підходу для візуалізації двовимірних течій при чисельному моделюванні дискретними вихорами.

Слід відмітити, що ідея побудови ліній течії, як сліду руху частинок по заданому полю швидкостей у спрощеному варіанті була вже реалізована в роботі [7] за допомогою

маркерів. Однак у попередньому алгоритмі необхідно було задавати початкове положення маркерів на деяких фіксованих відрізках, що є не дуже зручним, оскільки наперед не відомо, де краще розставити дані відрізки. Колір всіх маркерів при цьому задавався однаковим і не змінювався.

Метою роботи було створення програмного забезпечення для візуалізації двовимірного векторного поля, обчисленого методом дискретних вихорів на основі модифікації відомих алгоритмів текстурної візуалізації. Дана візуалізація течій повинна відбуватись на основі завантажених каталогів дискретних полів швидкостей та дозволяти досліджувати картини ліній течії в динаміці. Також вона може бути придатною для візуалізації векторних полів, обчислених будь-яким іншим методом.

**Основний матеріал дослідження.** Ідея методу дискретних вихорів полягає в наступному. Всі будинки замінюються дискретними вихорами з невідомою циркуляцією, які називаються приєднаними. Вихори розміщуються таким чином, щоб на гострих кутах був вихор. Посередині між вихорами розміщуються контрольні точки. Із умови непротікання в контрольних точках отримується система лінійних алгебраїчних рівнянь відносно циркуляції приєднаних вихорів. В кожен момент часу із гострих кутів кожного будинку сходять вільний вихор. Таким чином формується вихрова система за будинками. Більш детально метод дискретних вихорів описаний в роботі [6].

При моделюванні методом дискретних вихорів на виході ми маємо поле швидкостей, в кожен момент часу обчислене на рівномірній сітці, що покриває розрахункову область. Ідея методу візуалізації, що пропонується, полягає в наступному:

1. Завантажуємо поле швидкостей для деякого фіксованого моменту часу, обчислене для рівномірної сітки.

2. Вибираємо певну кількість кроків.

3. У вузлах сітки вносимо випадкові збурення координат таким чином, щоб нові координати не вийшли за межі прилягаючих сусідніх комірок. При такому підході комірки залишаються комірками і сітка стає нерегулярною з випадковим відхиленням вузлів. У кожному вузлі поміщаємо частинки, які будемо рухати. Швидкість частинки дорівнює швидкості рідини в даній комірці (вважаємо її сталою).

4. Пересуваємо ці частинки по простору зі швидкістю, що відповідає полю швидкостей на один крок  $\Delta\tau$ . Крок  $\Delta\tau$  підбираємо таким чином, щоб зміщення відбувалось на 1-2 пікселя. Початкове і кінцеве положення частинки з'єднуємо відрізком, якому надаємо колір в залежності від модуля швидкості. Рух таких частинок по простору через певну кількість кроків залишить за собою слід у вигляді ліній течії. Зауважимо, що крок  $\Delta\tau$ , з яким ми рухаємо частинки, не є тим кроком по часу, з яким проведені розрахунки. Це деякий умовний крок, з яким ми рухаємо частинки по полю швидкостей у фіксований момент часу  $t$ .

5. Результатом такого руху частинок ми будемо мати лінії течії в кожен момент часу.

На рис. 1 зображено лінії течії за системою будинків в момент часу  $t = 0.5$ . Картина побудована по полю швидкостей, яке було отримане методом дискретних вихорів.

Зроблено 1000 кроків при переміщенні частинок. Кольорами зображено різні модулі швидкості. Як бачимо, в даний момент часу ще не сформувалась вихрова система біля будинків і обтікання будинків практично потенціальне.

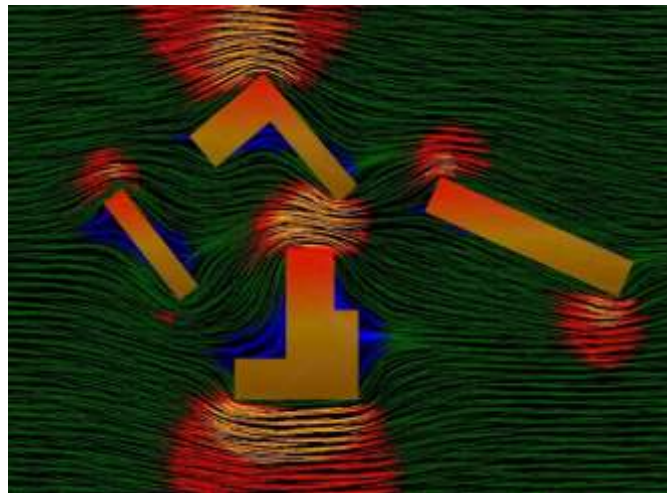


Рисунок 1 – Структура течії біля будинків в момент часу  $t = 1$

На рис.2 зображено картину течії в момент часу  $t = 10$  при тих же параметрах методу. Як бачимо, за будинками утворюються вихрові структури. Це замкнуті лінії течії, які формують великі циркуляційні зони. Така картина обумовлена сходом дискретних вихорів з гострих кутів будинку і є результатом суперпозиції швидкостей, що генеруються кожним з вихорів.

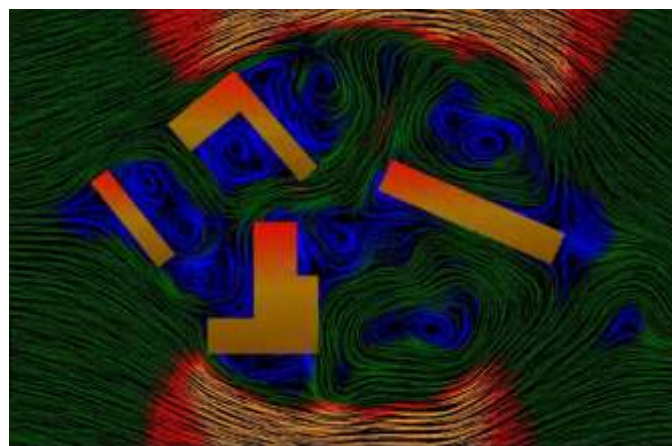


Рисунок 2 – Картина течії при обтіканні будинків в момент часу  $t = 10$

На рис.3 показані лінії течії в момент часу  $t = 20$ . Частина вихрових структур за будинками знесена вниз, а на деяких будинках утворилось декілька вихорів.

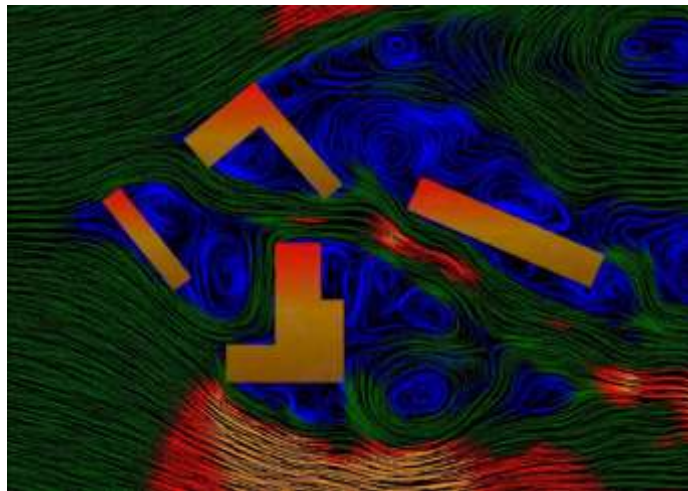


Рисунок 3 – Картина течії при обтіканні будинків в момент часу  $t = 20$

## ВИСНОВКИ

Дане дослідження вказує на те, що даний метод дозволяє ефективно візуалізувати лінії течії за будинками і таким чином моделювати вихрові структури і їх динаміку. Зауважимо, що даний метод візуалізації може бути застосований до поля швидкостей, розрахованого будь-яким методом, або отриманого експериментально. Також підходить до візуалізації будь-яких векторних полів.

У подальшому планується провести розпаралелювання обчислень для того, щоб збільшити швидкість розрахунків і мати змогу отримати картину течії в реальному часі. Також може бути поширений на випадок тривимірного поля швидкостей.

### *Список використаних джерел*

1. Wijk, J. J. Spot noise: Texture synthesis for data visualization / J.J. Wijk // Computer Graphics – 1991. Vol. 25, №4. – P. 309-318.
2. Cabral B. Imaging vector fields using line integral convolution / B. Cabral, L. C. Leedom // In Proceeding of ACM SIGGRAPH 93, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series – 1993. vol.4. – P. 263-270.
3. Stalling D. LIC on Surfaces. In Texture Synthesis with Line Integral Convolution/ D. Stalling // ACM SIGGRAPH 97, International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. –1997. – P. 51-64.
4. D. Stalling Fast and resolution independent line integral convolution/ Stalling D., H. C. Hege // ACM SIGGRAPH 95, International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques – 1995. – P. 249-256.
5. Потий О. А. Текстурная визуализация векторных полей с использованием возможностей графического оборудования: [Электронный ресурс]: Дис. канд. техн. наук: 05.13.11. – Ростов н/Д: РГБ. 2005.
6. Вихрові течії ідеальної рідини. Класичні моделі та метод дискретних вихорів: монографія / С. О. Довгий, Г. Г. Буланчук, О. М. Буланчук. – Маріуполь: ПДТУ, 2016. – 341 с.
7. Буланчук О. Н. Программа построения линий тока по дискретному полю скоростей / О. Н. Буланчук, Г. Г. Буланчук // Вестник Харьковского национального

университета. Серия: Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизированные системы управления. – 2013. – Т. 22. – С. 45-50.

**Буланчук О. Н., Буланчук Г. Г., Чобану Р. В.**

### **МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ОБТЕКАНИЯ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ**

*Обработка векторного поля скоростей и его визуализация является неотъемлемой частью многих задач численного моделирования. Представление результатов в традиционном виде выполняется с помощью стрелочных диаграмм поля скоростей или цветowych диаграмм модуля скорости. Но такая информация не дает исчерпывающую картину течения в целом.*

*В данной работе предлагается метод визуализации линий тока, основанный на некоторых идеях текстурной визуализации с использованием адвекции частиц в заданном поле скорости. Методика была применена при моделировании обтекания идеальной жидкостью системы домов для двумерного случая. Алгоритм состоит в том, что в каждом узле неравномерной сетки размещаются частицы, которые движутся по полю скоростей. Начальное и конечное положения частицы соединяем отрезком, которому предоставляем цвет в зависимости от модуля скорости. Движение таких частиц по пространству через определенное количество шагов оставит за собой след в виде линий тока. Была создана компьютерная программа для визуализации двумерного векторного поля на основе модификации известных алгоритмов текстурной визуализации. Была проведена визуализация векторного поля скорости, вычисленного методом дискретных вихрей. Проведенные расчеты показывают, что данный метод позволяет эффективно визуализировать линии тока за домами и моделировать вихревые структуры и их динамику. Заметим, что данный метод визуализации может быть применен к полю скоростей, рассчитанного любым методом, или полученного экспериментально. Также подходит к визуализации любых векторных полей. При использовании параллельных вычислений можно увеличить скорость расчетов и иметь возможность получить картину течения в реальном времени. Метод также может быть распространен на случай трехмерного поля скоростей.*

**Ключевые слова:** *линии тока, поле скоростей, адвекция частиц, метод дискретных вихрей, текстурная визуализация.*

**Bulanchuk O. M., Bulanchuk G. G., Chobanu R. V.**

### **VISUALIZATION METHODS FOR MODELING THE FLOWING OF BUILDINGS BY THE METHOD OF DISCRETE VORTEXES**

*Processing of the vector velocity field and its visualization is an integral part of many numerical simulations. Presentation of the results in the traditional form is performed by means of arrow diagrams of the velocity field or color diagrams of the velocity module. But such information does not give a complete picture of the flow as a whole. This paper proposes a visualization technique for streamlines that based on some ideas of texture visualization with using particle advection at a given velocity field. The technique was used for simulation of the ideal fluid flow of a buildings system in two-dimensional case. The algorithm is that at each node of the non-uniform mesh are placed particles moving along the velocity field. A start and end position of a particle is connected by a segment that is color-coded depending on the velocity module. The movement of*

*such particles through space through a certain number of steps will leave a trace in the form of flow lines. We created a computer application that visualizes a two-dimensional vector field based on a modification of known texture rendering algorithms. We visualized the vector velocity field computed by the discrete vortices method. Our calculations indicate that this method allows to effectively visualize streamlines behind buildings and to simulate vortex structures and their dynamics. We can notice that this visualization technique can be applied to the velocity field calculated by any other method or obtained experimentally. It is also suitable for visualization of any vector fields. By using parallel computing, you can increase the calculation speed and get a real-time picture of the flow. The method can also be extended in the case of a three-dimensional velocity field.*

**Keywords:** *current lines, velocity field, particle advection, discrete vortex method, texture rendering.*

Рекомендована до публікації: д-р фіз.-мат. наук, проф. Холькін О.М.

Стаття надійшла 15.11.2019 р.

УДК 004.934

Волков О.С., П'ятикоп О.Є.

## ПРОБЛЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЧАСТОТИ ЗВУКУ ПРИ РОЗРОБЦІ СИСТЕМИ НАЛАШТУВАННЯ ГІТАРИ

*Дана стаття присвячена дослідженню процесу розпізнавання звуку гітари для вирішення задачі налаштування інструменту за допомогою мобільного додатку. Під налаштуванням гітари розуміється відповідність частоти кожної струни основній частоті. За міжнародним стандартом (ISO 16:1975) кожна струна має свою унікальну фундаментальну частоту. Виявлено перешкоди, які впливають на розпізнавання звуку. Так гітарна нота не перебуває в одній частоті: вона складається з ряду гармонік. Різниця в гармоніках – це те, що відрізняє звучання гітари і скрипки навіть при грі на одній і тій же ноті. Інша проблема може виникнути з чутливістю мікрофона: пригнічування гучності низькочастотної частини спектру. У зв'язку з цим проведено аналіз останніх досліджень та публікацій щодо методів розпізнавання аудіообразів та алгоритмів визначення частоти основного тону музичного звуку. Аналіз публікацій показав, що в процесі розпізнавання доцільно використовувати перетворення Фур'є для звукової хвилі та принцип вимірювання частоти за допомогою рамки (вікна). Розглянута ADSR модель звуку гітарної струни, що має чотири характерні моменти: атаку (англ. attack), спад (англ. decay), підтримку (англ. sustain) і загасання (англ. release). Визначено етапи розпізнавання частоти звуку при розробці системи для налаштування гітари. Встановлено, що необхідна додаткова попередня обробка звуку. Досліджено вплив перетворень Фур'є на точність визначення частоти основного тону. Результати дослідження показали, що повторне використання перетворення Фур'є дозволяє при частоті дискретизації 1,35 Гц підвищити точність результату розпізнавання до 0,08 Гц. Знайдений спосіб збільшення точності розпізнавання спектру дозволяє розробити програму-тюнер у вигляді мобільного додатку.*

**Ключові слова:** *розпізнавання звуку, перетворення Фур'є, гітарний тюнер.*

**Постановка проблеми.** У всіх європейських струнних інструментах кожна струна налаштовується на деяку ноту, а цій ноті відповідає деяка частота. Різниця між нотою і частотою в тому, що кожна нота несе в собі деяку музичну функцію. І ця функція визначається положенням ноти щодо інших нот, так, наприклад, нота С в послідовності С-мажор відіграє роль тоніки, тобто основного і самого стійкого звуку. Якщо ця нота тріхи