Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет
ім. Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики

МІЖНАРОДНА СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ З ПИТАНЬ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК МСНКПМК-2020

Львів 2020

Вступ

Мета конференції: Сприяти співпраці студентів, що вивчають вивчають споріднені області прикладної математики та комп'ютерних наук урізних установах.

Тема конференції: З темами що були досліджені студентами можна ознайомитись в змісті.

Організаційний комітет:

Дияк Іван – декан факультету прикладної математики та інформатики.

Горлач Віталій – заступник декана факультету прикладної математики та інформатики.

Онищенко Орест – голова студентської ради факультету прикладної математики та інформатики.

Лавришин Ірина – студентка факультету прикладної математики та інформатики.

Голько Надія – студентка факультету прикладної математики та інформатики.

Яриш Віра-Оксана – студентка факультету прикладної математики та інформатики.

Та інші члени студентського самоврядування факультету прикладної математики та інформатики.

Зміст

TOPOLOGY OPTIMIZATION WITH CELLULAR AUTOMATON AND ADAPTIVE MESH REFINEMENT.....6

FINDING MAXIMUM MATCHINGS IN GRAPHS..14

БІНАРНА КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В TENSORFLOW 19

ТЕХНІКА НАВЧАННЯ НА МАЛОМУ НАБОРІ ДАНИХ ДЛЯ ЗАДАЧІ СЕГМЕНТАЦІЇ.....24

АВТОМАТИЗАЦІЯ МАРКЕТИНГОВИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ КОМПАНІЙ В СФЕРІ АВТОПОСЛУГ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 30

USAGE OF THE VARIABLE-ORDERED SPECTRAL ELEMENT METHOD TO A ONE-DIMENSIONAL PROBLEM OF ADVECTION-DIFFUSION 35

РОЗРОБКА БОТА ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ СТУДЕНТА З ВИКЛАДАЧЕМ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З ВИКОРИСТАННЯМ AZURE BOT SERVICE 40

ГЕТЕРОГЕННИЙ ПІДХІД ДО РОЗВ’ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ АДВЕКЦІЇ-ДИФУЗІЇ.....44

АНАЛІЗ ПОХИБОК h-АДАПТИВНИХ СХЕМ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ОДНОВИМІРНИХ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ.....51

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПОТОКІВ У МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАФОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ 56

FINITE FRINGE ANALYSIS PACKAGE 60

ЗАСТОСУВАННЯ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДО ОДНОВИМІРНОЇ ЗАДАЧІ НА ВЛАСНІ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОПЕРАТОРА ШТУРМА-ЛІУВІЛЛЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБОК МЕТОДУ 64

AERODYNAMIC AND AEROACOUSTIC ANALYSIS OF HELICOPTER ROTOR IN HOVER.68

СТВОРЕННЯ ЗАСТОСУНКІВ ІЗ СИСТЕМАМИ ВИЯВЛЕННЯ ОБ’ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ...75

h-АДАПТИВНИЙ МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З КУСКОВО-КВАДРАТИЧНИМИ АПРОКСИМАЦІЯМИ НА ТРИКУТНИКАХ 81

ЗАСТОСУВАННЯ AWS ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ASP.NET ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ 86

ТОЧНІ РОЗВ’ЯЗКИ СПАРЕНОГО РІВНЯННЯ КДФ-БЮРГЕРСА МЕТОДОМ $\frac{G'}{G}$ – РОЗШИРЕННЯ 94

ПОБУДОВА КАРТ ГЛИБИНИ ДЛЯ ДВОВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ 99

КЛІЄНТ-СЕРВЕРНА СИСТЕМА ПОШУКУ ФОТОГРАФІВ З ВИКОРИСТАННЯМ VUE.JS ТА SIGNALR.....104

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ УНІВЕРСИТЕТУ.....106

Чат-бот для комунікаціЇ з мережею розумних пристроЇв, організованих за концепцією інтернету речей 109

ОБЧИСЛЕННЯ N-ОГО ЧЛЕНУ ЛІНІЙНОГО ОДНОРІДНОГО РЕКУРЕНТНОГО РІВНЯННЯ...111

РЕАЛІЗАЦІЯ БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЙ НАД НЕЧІТКИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВІ КВАНТОВИХ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЕНЬ 114

CP-РОЗКЛАД ТЕНЗОРІВ: ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ І ШИФРУВАННЯ ДЕКОМПОЗИЦІЄЮ 117

OBJECT DETECTION Додаток 122

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗВИЧАЙНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТА ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ З ЧАСТИННИМИ ПОХІДНИМИ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ 125

Реалізація 2D ігор з використанням відкритої графічної бібліотеки OpenGL.....130

БІБЛІОТЕКА З ВІДКРИТИМ КОДОМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВЕБ-САЙТІВ З ДИНАМІЧНИМИ СТОРІНКАМИ НА МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ С++ 133

GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS. IMAGE GENERATION AND PROCESSING.....136

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОСТУ РАКОВОЇ ПУХЛИНИ 140

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МСЕ ДЛЯ ПРОСТОРОВИХ ЗАДАЧ ТЕОРІЇ ПРУЖНОСТІ...143

Метод граничних елементів для задач розподілу електростатичного потенціалу 145

FINANCIAL FORECASTING USING MACHINE LEARNING.....148

Чисельні дослідження Динаміки популяцій.....150

КОНСТРУЮВАННЯ ТОНКИХ ОБОЛОНОК У ВИГЛЯДІ РІЗНИХ ПОВЕРХОНЬ МОНЖА 153

ПОБУДОВА ТРАНСПОРТНОГО МАРШРУТУ ЗА ДОПОМОГОЮ МУРАШИНОГО ТА ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМІВ 156

3D ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ОБОЛОНОК ТА НАПРУЖЕНЬ НА ЇХ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТАХ.....160

НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ 163

TOPOLOGY OPTIMIZATION WITH CELLULAR AUTOMATON AND ADAPTIVE MESH REFINEMENT.

Valentin Nkana Ngan

Lviv (Ukraine)/ Cracow (Poland).

Ivan Franko National University of Lviv/Cracow University of Technology,

Faculty of Applied Mathematics and Informatics/ Institute of Applied Mechanics.
valentin.nkana@intermaths.eu

Introduction

Topology optimization has become a well established technology used by engineers in the fields of aeronautical, civil, materials, mechanical and structural optimization. For a given area or volume (referred to as the design domain), topology optimization may be described as the process of finding an optimal distribution of a limited amount of material in the design domain, to perform some predefined function [1]. For example, for the standard minimum compliance problem, one seeks a distribution of material that produces a maximally stiff structure. What is more, we seek a discrete, solid-void (or blackand-white) solution,i.e., regions containing either material, or no material at all. Topology optimization was originally a 0-1 discrete problem. The SIMP (solid isotropic micro structure or material with penalization) method of

Rozvany (2000) is an efficient approach used to solve the discrete topology optimization problem by transforming it to a relaxed and penalized continuous problem. However, the major challenge is the solution of a large-scale integer programming problem. The high computing cost of this kind of problem typically precludes the use of gradient-free algorithms [5]. Another drawback is the production of intermediate (or gray) values in the design variables, i.e., one does not obtain a discrete solid-void solution, as is indeed sought. The intermediate values can be eliminated to some extent by using higher values for the penalization parameter, but at the cost of introducing local minima and creating an ill-posed problem when the finite element equations are solved. In a continuum, the design domain is discretized into a large number of elements representing finite portions of material. The topology optimization algorithm selectively removes and relocates these elements to achieve optimum performance. Numerical methods, available in some commercial packages, parametrize the material distribution problem into a set of continuum design variables. These design variables depend on the type of material model used in the optimization algorithm. The nature of the material model characterizes the different approaches to topology optimization. The most commonly referenced approaches are the homogenization approach and the SIMP (solid isotropic material with penalization) approach [3]. In topology optimization, the

number of elements and, hence, the number of design variables depends on the size of the design domain and the desired resolution of the final structure. Even the design of a small mechanical component might involve thousands of design variables. In addition, the cost of a function call increases with the number of elements. Therefore, the use of the classical gradient-based optimization methods might be impractical. This has motivated the implementation of efficient, specialized numerical methods. Some of the most common methods include approximation techniques methods of moving asymptotes (MMA) and optimality criteria (OC). Numerical instabilities such as checker boarding and mesh dependency are commonly found in topology optimization. Checker boarding refers to regions where the solid elements (black) and voids (white) alternate forming a checkerboard pattern. Mesh dependency refers to obtaining qualitatively different topologies for different mesh sizes. Usually, image filtering techniques, gradient constraint and perimeter control strategies are used to deal with these numerical instabilities [2]. The objective of these techniques is to relax the spatial variation of the design variables to avoid instabilities; nevertheless, convergence delays and intermediate densities are associated with the use these techniques. In [3], a new approach to topology optimization was developed. This approach reduces numerical instabilities by using cellular automaton (CA) principles. This method

is referred to as a hybrid cellular automaton (HCA) method with local control rules. In this approach, the design domain is discretized into a regular lattice of CAs. Each CA locally modifies the design variables according to a design rule. This rule drives the local strain energy density (SED) to a local SED target using a control strategy. This approach is inspired in control models proposed in bone remodeling simulations. Adaptive mesh refinement has been one of the approaches in the literature of improving the quality of the solution and the computational efficiency of topology optimization [4].

1.Topology optimization formulation.

We consider the following illustration Fig 1. The question in topology optimization is how to distribute the material in such a way that the domain will be rigid enough to sustain load see Fig 2. Topology optimization using finite element method

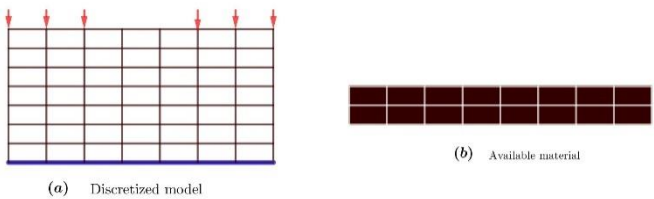


Figure 1: 2D topology optimization using FEM discretization. The blue line in the bottom means we constraint the displacement in both x and y direction.The red lines represent the loads forces.

Figure 2: Discretized domain of 64 × 32 elements. each picture is given after 5 iterations.

(FEM) is stated as follows:

$$\min_{\mathbf{u}} \; F^T\mathbf{u} \quad subject \;\; to \begin{cases} K(\xi)\mathbf{u} = F \\ \sum_{e=1}^{N} \xi_e V_e \leq V \\ \xi_{min} \leq \xi_e \leq 1 \;\; ; e = 1, \cdots, N \end{cases}$$

where the stiffness matrix K is a function of the density vector (discretized density field), v_e is the volume of the element e and u is the displacement vector.

2.Cellular automaton in Topology optimization.

The optimization problem consists of maximizing the stiffness of the structure while minimizing its mass. The general optimization problem is state as follows [3]:

$$\begin{cases} \min_{\mathbf{x}} \left(f(U) + g(M)\right) \\ \text{such that} \;\; \mathbf{x} \in [\xi_{min}; 1] \end{cases} \tag{2}$$

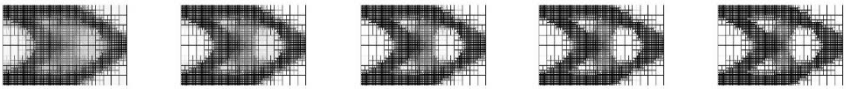
where f(U) and g(M) are functions of the strain energy and mass.

Figure 3: Design domain Cantilever beam.

Figure 4: Discretized domain of 64×32 elements of the Cantilever Beam Fig 3. Each picture is given after 5 iterations using CAs principles.

2 Adaptive mesh refinement in Topology optimization.

We formulate the problem of the minimum compliance as follows:



$$\min_{\mathbf{x}} \mathbf{u}^T K(\xi)\mathbf{u} \quad \text{such that} \begin{cases} V(\xi) = \sum_{e=0} \xi_e v_e \leq V^*. \\ x_{i,j}^k \in [\xi_{min}, 1]. \\ \xi = \sum_{k=1}^{\hat{k}} \mathbf{S}^k \mathbf{x}^k \end{cases} \tag{3}$$

Figure 5: Discretized domain of 256 × 128 elements of the Cantilever Beam Fig 3. using adaptive mesh refinement with 0.4 of available material. Each picture is given after 5 iterations.

Summary.

In this framework, we present the topology optimization problem of the minimum compliance. The problem has been solved first using the filter technique and the optimality criteria in the multiple load case Fig 2. Secondly, we have also solved the problem using cellular automaton paradigm with one single load Fig 4. Lastly, we have used mesh refinement with MMA to find the optimal design of the design domain of the Fig 3.

References

[1] rozvany2014topology, title=Topology optimization in structural and continuum mechanics, author=*Rozvany, George IN and Lewinski, Tomasz´* , year=2014, publisher=Springer

[2] sigmund1998numerical, title=Numerical instabilities in topology optimization: a survey on procedures dealing with checkerboards, mesh-dependencies and local minima, author=*Sigmund, Ole and Petersson, Joakim*, journal=Structural optimization, volume=16, number=1, pages=68–75, year=1998, publisher=Springer

[3] tovar2004bone, title=Bone remodeling as a hybrid cellular automaton optimization process, author=*Tovar Andres*, year=2004

[4] nguyen2017polytree, title=A polytree-based adaptive polygonal finite element method for topology optimization, author=*Nguyen-Xuan, H*, journal=International Journal for Numerical Methods in Engineering, volume=110, number=10, pages=972–1000, year=2017, publisher=Wiley Online Library

[5] zhu2016topology, title=Topology optimization in engineering structure design, author=*Zhu, Jihong and Gao, Tong*, year=2016, publisher=Elsevier

FINDING MAXIMUM MATCHINGS IN GRAPHS

Oghenetega Samuel Otomiewo

Ukraine/Italy

Ivan Franko National University of Lviv/ University of L'Aquila

Faculty of Applied Mathematics and Informatics/DISIM
oghenetega.otomiewo@intermaths.eu

Introduction

The maximum matching problem is one of the most important problems in graph theory. It has many practical applications in flow networks, scheduling and planning, neural networks, molecular chemistry etc., it is also used in solving various optimization problems such transportation problems and job assignment problem [3]. This paper focuses on implementing, analyzing and creating a program to visualize the efficient algorithms used in finding maximum matchings in graphs.

Definitions

- Given a graph $G = (V,E)$, a set $M \subseteq E$ is a matching if no two edges in M are connected to each other by a vertex. It is *maximum* if no larger capacity matching exists in the given graph.

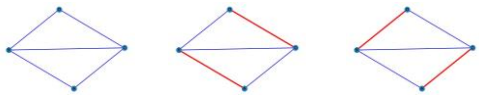


Figure 1: Examples of 2 different matchings for 1 graph

- An alternating path is one whose edges are alternating between being in the matching M and free edges. An Augmenting Path is an alternating path which starts and ends on an exposed vertex. It adds an extra edge to the matching M.

Problem

In the maximum matching problem, we are asked to find a the subset M in the graph $G = (V,E)$ of maximum possible cardinality which is the number of edges in the set M.

The naive approach would be to recursively iterate over all the edges and find all possible matchings and then select the maximum. The algorithm will continue running regardless of when in the loop it actually finds a maximum matching. As we can observe, this would be time-consuming for large graphs.

The approach to efficiently solving the maximum matching problem is to find augmenting paths which will add an extra edge to the current matching and terminate when there are no more augmenting paths. This is validated by the following theorem;

Berge's Theorem: Given a graph $G = (V,E)$ and a matching M, M is the maximum matching if and only if there are no more augmenting paths.

Based on the theorem, we can outline an method for finding the maximum matching in graphs.

Max-Match(G,M)

- $M \leftarrow \emptyset$
- while $\exists$ augmenting path P

$\leftarrow \boldsymbol{M \oplus P}$

• return M

Hopcroft-Karp Algorithm for Bipartite graphs

This algorithm is the fastest deterministic algorithm for finding the maximum matching in a bipartite graph [2]. It uses a combination of Breadth-First Search (BFS) and Depth-First Search (DFS) to find the augmenting paths.

The algorithm BFS to divide the vertices into two sets. Then, starting from the free vertices in one vertex set, it starts looking for augmenting path of odd lengths using DFS starting from lengths (1, 3, 5,...) until no more augmenting paths can be found.

The algorithm runs in $O(|E||^{p}|V|)$, each phase takes $O(|E|)$ and we need $O(|^{p}|V|)$ phases to reach the maximum matching.

(a) G (b) M1 (c) P1 (d) P2 (e) P3 (f) M2

Figure 2: Example of the Hopcroft-Karp Algorithm

The green lines in the above diagram shows the augmenting paths. In Figure 2f, we can observe that the final matching is the symmetric difference of the initial matching in Figure 2b and the augmenting paths in Figure 2e.

Edmonds' Blossom Algorithm for General graphs

The idea of finding augmenting paths is similar except that we might have graphs with odd cycles called *Blossoms*. They consist of $2k+1$ edges of which exactly k belong to M, one of the vertices v of the cycle (root) is such that there exists an alternating path of even length (stem) from v to an exposed vertex w.

Here we also try to find blossoms and contract them to a single vertex and continue looking for augmenting paths after contraction.

Figure 3: Contraction of Blossoms

The existence or non-existence of an augmenting path is preserved during the blossom shrinking since it has

already the maximum matching inside of it [1]. Although the algorithm works for all types of graphs, it runs in O(|V|^4) in the worst case and that is why Hopcroft-Karp is preferred for bipartite graphs. Below is an example of the algorithm in a general graph.

(a) G (b) M1 (c) C1(d) C2 (e) M2

(f) L1 (g) L2(h) M3

Figure 4: Example of Blossoms Algorithm

We can observe in Figures 4c & 4d how the blossom contracts and is lifted after the augmenting path has been found.

References

[1] *Edmonds J.* Paths, trees and flowers. Canad. J. Math. 17: 449467. doi:10.4153/CJM-1965-0454, 1965.

[2] *Galil Z.* Efficient Algorithms for Finding Maximum Matching in Graphs. Computing Surveys, 1986, p23-38.

[3] *Endika B.* The graph matching problem. PhD Thesis, Carletom University, CA. 2002.

БІНАРНА КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В TENSORFLOW

Андрус Олег Ігорович, Україна

Львівський національний університет ім. Івана Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

andrusoleg123@gmail.com

Комп'ютерні програми, здатні обіграти найкращих гравців у покер, діагностувати рак із більшою точністю ніж професійні онкологи, прогнозувати курс валют та акцій на біржі на декілька років уперед, класифікувати тисячі об'єктів за лічені секунди — промовистий приклад того, що штучний інтелект уже вийшов із області фантастики і незабаром стане частиною щоденного життя як економічно вигідне нововведення. Бінарна класифікація — клас задач класифікації елементів набору даних на дві групи на підставі правила класифікації. Розробимо нейронну мережу (далі ШНМ) для медичного діагностуванняпневмонії.Такогородупрограмаєлише допоміжнимзасобом дляспеціалістівувідповіднійгалузі,яказастосовується длямедичного тестування,тобтодозволяєізпевноюймовірністювизначитинаявність або відсутність того чи іншого

захворювання. Вхідні дані — це рентгенівські знімки пацієнта, вихідні — ймовірність захворювання у відсотках (0% — пацієнт із пневмонією, 100% — здоровий пацієнт). Якщо відсоткове відношення дорівнює 50% — вважаємо, що на вхідному знімку зображено легені хворої людини.

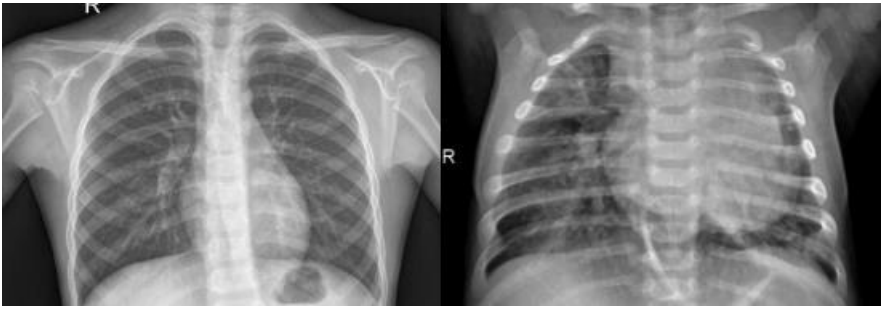
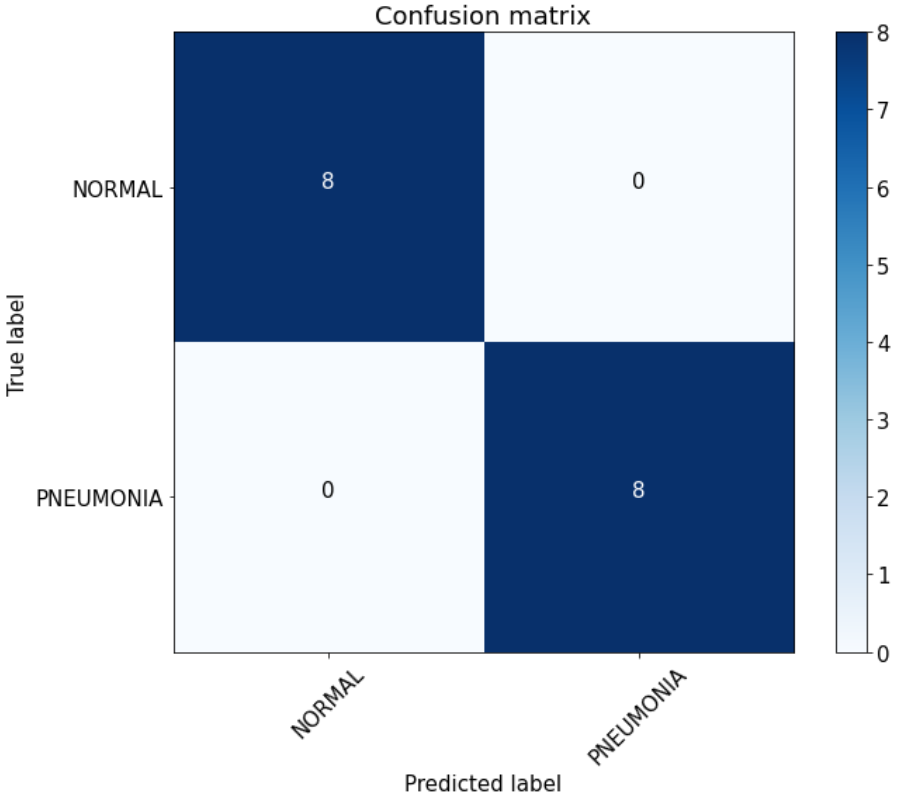


Рис. 1: Приклади даних для дослідження — ліворуч рентгенівський знімок здорової людини, праворуч — пацієнта хворого на пневмонію.

База даних розподілена на 3 папки (train, test, val), кожна з яких містить підкаталог для кожного типу зображень (Pneumonia/Normal). Рентгенівські знімки попередньо були відібрані із групи пацієнтів вікомвідодногодоп’ятироківізGuangzhouWomenandChildren’sMedical Center. Усі рентгенографії грудної клітини отримані унаслідок звичайнихклінічнихобстеженьпацієнтів.Передпублік

аціюдатасетпройшов контроль якості: усі неякісні та нечитабельні знімки видалено. У даній роботі використано нейрону мережу ImageNet, доступ до якої нам надає Tensorflow, для розв’язування поставленої задачі. Архітектуратакоїмережінетривіальна.Протедлявикористаннядостатньо правильно підкорегувати її під конкретну задачу. У нашому випадку обійшлось декількома додатковими шарами. На виході використаємо звичайний Dence layer з 2 нейронами із сигмоідальною функцією для отримання ймовірності. Після 40 епох навчання отримали наступні показники точності: Loss: 0.0132 - Acc: 0.9945 - valLoss: 0.2895 valAcc: 0.9187 Для перевірки якості роботи нейронної мережі побудуємо матрицю помилок (confusion matrix) — таблиця для представлення роботи моделі класифікації на даних, для яких уже попередньо відомі результати. Таким чином ми можемо проаналізувати, які зображення ідентифіковано правильно, а які ні із зазначенням кількості знімків. Вибірка для валідації становить 16 зображень.



Виходячи із вузької спеціалізації даних та поставленої задачі, вважаємо, що програмний продукт може бути застосовний у медичній практиці як один із допоміжних діагностичних засобів для професіоналів. Зазначимо, що із якою б високою точністю нейронна мережа не класифікувала б рентгенівські знімки, без остаточної оцінки спеціаліста у цій галузі не обійтися — надто велика ціна помилки. Оскільки програма не є жорстко прив’язана до ідентифікації саме зображень із

пневмонією, то ШНМ може бути використана для розв’язування більш широкого кола задач. Наприклад, для класифікації туберкульозу чи COVID-19, чим сьогодні займаються науковці, накопичуючи дані для навчання згорткової ШНМ.

Література [1] Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts , Aur´elien G´eron

ТЕХНІКА НАВЧАННЯ НА МАЛОМУ НАБОРІ ДАНИХ ДЛЯ ЗАДАЧІ СЕГМЕНТАЦІЇ

Микола Баранов

Квітень 2020

Вступ

Значний прогрес у сфері глибокого навчання був отриманий протягом останніх років завдяки масштабним наборам даних таких як PASCALVOC, COCO, ImageNet тощо. Такі набори даних охоплюють величезну кількість зображень різноманітних об’єктів. Проте існує набагато більше категорій, які не були охоплені в тих чи інших наборах даних. Також варто зауважити, що такі набори вимагають виключну ручну анотацію даних та велику кількість зображень на одну категорію об’єктів. Великою проблемою сучасності є масштабування моделей, натренованих на розпізнавання об’єктів на зображеннях. Для того щоб класичну модель дотренувати на ще одну категорію в загальному випадку потрібно перетреновувати модель (або використовувати технологію transfer learning). Варто зауважити, що для дотреновування на нову категорію об’єктів кількість даних необхідних для цього не зменшується (наприклад на одну категорію у ImageNet є всередньому 650). Набір даних FSS-1000 пропонує 1000 різноманітних категорії об’єктів

(тенісна ракетка, Ейфелева вежа, літак тощо) з відповідними масками сегментацій. На кожну категорію об’єктів є лише 10 фотографій.

Навчання на малому наборі даних

Існує багато технік навчання на малому наборі даних. Зазвичай такі підходи розділяються на декілька категорій

- Навчання моделі на великому наборі даних та дотреновування на дуже малій кількості даних
- Використання властивостей пам’яті рекурентних нейронних мереж
- Використання допоміжної множини вхідних даних

Останній підхід є найцікавішим та найбільш прогресивним підходом, оскільки вимагає дуже малу кількість даних для навчання. Ідея є дуже схожою з принципом роботи "image retrieval"підходу.

Як вхідні дані нейронної мережі використовується дві множини

- Множина запиту
- Множина підтримки

Множина запиту - це зображення, на якому потрібно побудувати маску об’єкта. Множиною ж підтримки є

зображення об’єкта (або декілька зображень) тієї ж категорії. Множина підтримки відрізняється від множини запиту наявністю анотаційних даних. Тобто підтримка являє собою приклади правильної сегментації об’єктів.

Архітектура такої моделі складається з трьох модулів: кодування, відношення та декодування. Модуль кодування виконує роль екстракції вектору ознак з вхідного зображення. Модуль декодування з вектору ознак генерує зображення. Модуль відношення відповідає за обробку вектору ознак множини запиту та підтримки.

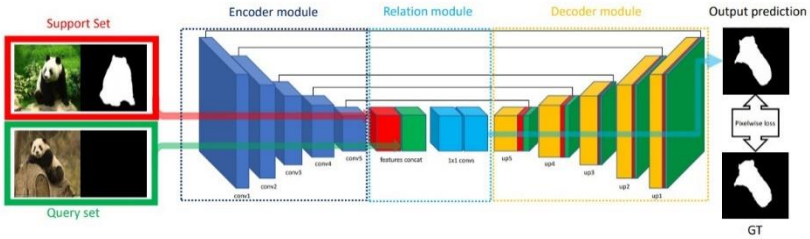


Рис. 1: Загальна архітектура моделі

Для можливості подання зображення з відповідною маскою усі вхідні зображення містять 4 канали (RGB та маска). Множина запиту міститиме повністю чорну маску четвертим каналом для загальності. Модуль відношення конкатенує вектори ознак множини запиту та підтримки (для усіх зображень множини підтримки вектори ознак сумуються).

Таким чином дана модель не намагається видобути такі вектори ознак, які дозволять точно локалізувати об’єкт, а лише порівнює вектори ознак і встановлює відповідності між множиною запиту та підтримки. Таким чином, ми можемо вказувати за допомогою множини підтримки який категорію об’єктів ми хочемо сегментувати.

Перевагою такого підходу є можливість сегментувати навіть ті категорії об’єктів, які ніколи не використовувались в тренування, лише додавши відповідну опорну множину з анотаціями. Таким чином лише анотація декількох зображень необхідна для можливості роботи з новим класом об’єктів. До недоліків можна віднести відсутність можливості сегментації довільного класу з додатковою класифікацією, оскільки лише об’єкти опорного сету будуть сегментовані за один прохід.

Практичні дослідження

Наведену вище архітектуру моделі було побудовано з використання фреймворку Tensorflow 2.0. За основу було взято претреновану архітектуру VGG-16 на ImageNet з заміненим першим шаром на згортковий шар з ядром згортки розмірності 224*224*4 (для можливості роботи з 4-канальними зображенням). Як модуль відношення використано конкатенацію по глибині. Для декодування використано модель

базовану на оберненій архітектурі VGG-16 з звичайним збільшенням зображень. Для кращого результату додано з’єднання схожим чином, як це реалізовано у архітектурі U-Net.

Усі експеременти були проведені на основі набору даних FSS-1000. 800 категорій було вибрано для тренування, 200 категорій для тестування. Опорний сет скаладається з 5-ти проанотованих зображень. 5 зображень кожного класу використано для тренування. Як функцію втрат використано бінарну перехресну ентропію.

В результаті експерементів було досягнуто F1-Score 76%. Усі тестування відбувались на категоріях, які не включені у процес тренування

Література

[1] Tianhan Wei, Xiang Li1, Yau Pun Chen1, Yu-Wing Tai, Chi-Keung Tang FSS-1000: A 1000-Class Dataset for Few-Shot Segmentation

[2] Karen Simonyan, Andrew Zisserman: Very deep convolutional networks for large-scale image recognition

[3] Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, and Thomas Brox: U-Net:

Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation

АВТОМАТИЗАЦІЯ МАРКЕТИНГОВИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ КОМПАНІЙ В СФЕРІ АВТОПОСЛУГ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Дубик Андрій Україна, Львів
Львівський Національний Університет імені Івана Франка

Факультет Прикладної Математики та Інформатики

andrew.dubyk7@gmail.com

Вступ

Маркетинг- це діяльність, спрямована на досягнення цілей компанії шляхом формування попиту та максимального задоволення потреб споживачів. В сучасному світі важко уявити розвиток будь-якого бізнесу без залучення нових клієнтів та збереження вже існуючих. Це стосується і сфери автопослуг, а саме компаній, які надають можливістьсвоїмклієнтамкористуватисьнаступнимисервісами:обов'язковий технічний огляд автомобілів, страхування, ремонт та будь-які інші послуги, які пов'язані з обслуговуванням клієнтських автомобілів. Великі компанії, наприклад, страхові, витрачають багато коштів на розробку власних систем інформування своїх клієнтів про закінчення терміну дії послуги, якою вони користуються, або про нові пропозиції. Проте є невеликі компанії, які не

мають можливості витрачати багато коштів на розробки власних систем для автоматизованого зв’язку з клієнтами, але прагнуть вдосконалюватися.

Актуальність

Більшість сервісів пропонують схожий набір послуг, проте вони не можуть універсально працювати з різними форматами даних, використовуючи лише ключові властивості (інформація про клієнта та послугу), тому вимагають або зберігання даних про клієнтів в їхніх базах даних, що відповідно впливає на вартість сервісу, або ручного введення всієї інформації, що є доволі складним та довготривалим процесом. Немає сервісів, які можна було б швидко інтегрувати в інфраструктуру компанії, де дані можуть зберігатися в різних джерелах та форматах.

Головна ідея

Ідеєю проекту є створення програмного забезпечення, яким зможуть скористатися компанії зі сфери автопослуг, щоб автоматизувати процес інформування клієнтів важливою інформацією. Дане програмне забезпечення дозволяє працювати з даними, які можуть мати різний

формат, проте повинні мати ключові властивості за допомогою яких можна налаштувати інформування сповіщеннями.

До таких властивостей відносяться:

1. Контактна інформація клієнта;

2. Інформація про послугу, якою він користується;

3. Дані про автомобіль, для якого діє послуга;

Програмний продукт дає змогу виконувати наступні операції та володіє такими характеристиками:

1. Налаштування розсилки сповіщень для клієнтів компанії - нагадування про закінчення терміну дії послуги та пропозицією її продовження, надсилання інформації про нові пропозиції співпраці та інше;

2. Можливість надсилати Email та SMS повідомлення;

3. Можливість працювати з даними про клієнтів компанії, які зберігаються в різних джерелах: • MSSQL сервер; • Файлова система сервера - JSON, XML, CSV формати;

4. Зручне представлення даних в графічному інтерфейсі з можливістю пошуку за певними критеріями;

5. Робота в багатокористувацькому режимі в мережі компанії- замовника;

6. Доступ до функціоналу програми як через веб-інтерфейс, так і через десктопну програму, яка

підтримує операційні системи Windows, Linux та MacOS;

Висновок

Отже, такий сервіс дозволяє невеликим компанія покращити рівень комунікації з клієнтом, а також збільшити об’єм продажу своїх послуг, не витрачаючи при цьому значні кошти на розробку власних технологічних рішень.

Література

1. Adam Freeman Pro ASP.NET Core MVC 5, 2014

2. Stefan Bjornander C++ Windows Programming, 2016

3. Protocol Buffer Language Guide [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://developers.google.com/protocol-buffers/docs/proto3

4. Grpc service with C# [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://docs.microsoft.com/eu-es/aspnet/core/grpc/basics

5. Chromium Embedded Framework general usage [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

https://bitbucket.org/chromiumembedded/cef/wiki/GeneralUsage

USAGE OF THE VARIABLE-ORDERED SPECTRAL ELEMENT METHOD TO A ONE-DIMENSIONAL PROBLEM OF ADVECTION-DIFFUSION

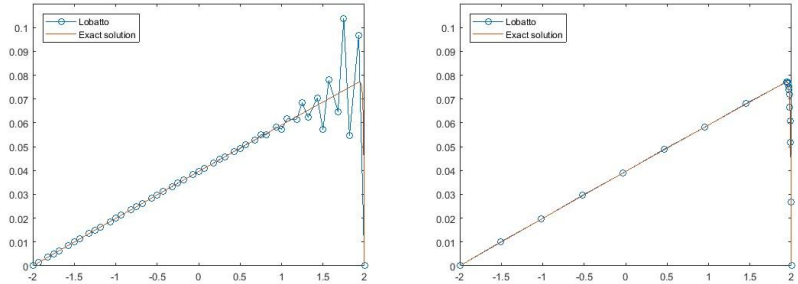
Solomiya Hatalyak

Ukraine, Lviv

Ivan Franko National University of Lviv

Faculty of applied mathematics and informatics
hatalyak.s@gmail.com

A one-dimensional advection-diffusion problem which simulates the transfer of pollution process is considered. In this model it is important to analyze the Peclet number which affects the stability of the computational process. It is known that for the large values of the constant the approximate solution becomes oscillatory, unlike the exact one, which is monotonic. One of the approaches applied to solve this problem is the spectral element method, which uses high-order polynomial expansions over a single finite element [1]. However, this method requires high computational effort and therefore is time-consuming. This problem is solved by applying different grid density and polynomial order for regions where the solution is expected to vary smoothly and rapidly.



(a) Spectral method of order m =3 with (b) Variable-ordered spectral method of number of finite elements n =16 orders m_1 =1, m_2 =3 with number of finite elements n_1 =8, n_2 =4

Figure 1: A comparison of application of pure and variable-ordered spectral element method for Pe = 100

1. Problem statement

We consider the one-dimensional problem which simulates the transfer of pollution process.

The stated problem of finding a function $u \in W_2^{(2)}(a,b)$ is described

by the following differential equation

$$-p\frac{d^2u}{dx^2} + Pe\frac{du}{dx} + qu = f, x \in (a,b) \qquad (1)$$

with the boundary conditions

$$u(a) = 0, u(b) = 0, \qquad (2)$$

where Pe - dimensionless Peclet number, p,q,f - given constants.

2. Weak formulation

We convert the differential equation into an integral form. With the use of integration by parts applied to the problem (1)-(2) we obtain

$$(Lu, v) = \int_a^b (p\frac{du}{dx}\frac{dv}{dx} + Pe\frac{du}{dx}v + quv)dx, \quad (3)$$

$$(f, v) = \int_a^b fvdx \quad \forall v \in V_0 . \quad (4)$$

The task is to find such a function $u(x) \in V_0 = \{v(x) \in W_2^{(1)} v(a) = 0, v(b) = 0\}$

which satisfies the integral equation

$$(Lu,v) = (f,v) \ \forall v \in V_0. \quad (5)$$

3. Spectral element method

The weak integral formulation is converted into the matrix formulation [2]. We take a set of equidistant discretization points, also known as nodes, across the segment $[a,b]$. On each interval an unknown function is approximated with high-order element functions, which intermediate nodes are distributed at the zeros of Lobatto polynomials [3]. Calculation of the discretization error [4] confirms the theoretical analysis of interpolation error which states that the highest interpolation accuracy is

achieved when the interior nodes are distributed at the corresponding zeros of the orthogonal polynomial families.

To reduce the computational effort we use low-order expansions in regions where the solution is approximate to linear form and high-order expansions where the solution is expected to vary rapidly. The example of matrix structure is shown in Figure 2.

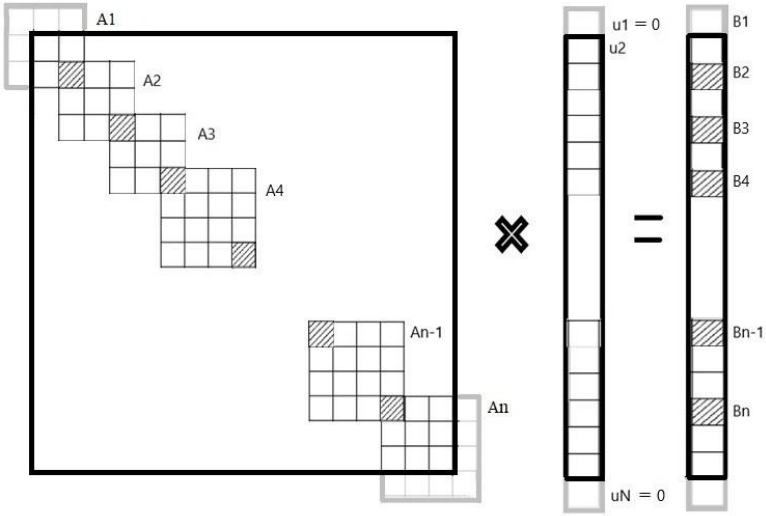


Figure 2: Scheme of forming a system of linear algebraic equations with the use of spectral element method of orders $m_1 = 2, m_2 = 3$

References

[1] *Jan Pech* Application of spectral element method in fluid dynamics. // Institute of Theoretical Physics, Czech Republic, 2013. pages.20-23.

[2] *Савула Я. Г.* Числовий аналіз задач математичної фізики варіаційними методами. // Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, Львів, 2004. ст.30-37.

[3] *C. Pozrikidis.* Introduction to Finite and Spectral Element Methods Using MATLAB, Second Edition. // CRC Press, Boca Raton, 2014. pages.154-158, 165-174.

[4] *Patrick Knupp, Kambiz Salari* Verification of computer codes in computational science and engineering. // Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, 2003. pages.24-30.

РОЗРОБКА БОТА ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ СТУДЕНТА З ВИКЛАДАЧЕМ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З ВИКОРИСТАННЯМ AZURE BOT SERVICE

Щербак Андріана

Україна, Львів

Львівський Національний Університет імені Івана Франка

Факультет Прикладної Математики та Інформатики

andriana.shcherbak@gmail.com

У століття хмарних технологій, штучного інтелекту та засобів програмної заміни ручної роботи людини, цілком не доцільно вести всю документацію роботи навчальних закладів вручну. Також це доволі небезпечно, адж е не маючи достатнього рівня захисту від несподіваних обставин, таких як: пожежа, крадіжки чи неуважність працівників, можна втратити важливі дані. Саме тому даний процес потребує автоматизації, що дозволить будь-якому студенту та викладачу мати доступ до свого «журналу» , з будь-якої частини світу, не переживаючи, що дані можуть бути втрачені. На даний момент популярним засобом для онлайн освіти та звітності є "e-learning"та "moodleде існує можливість проходити тести і здавати завдання в онлайн режимі, але наразі там доступна доволі

обмежена кількість предметів. Моя програма - це чат-бот, що має доволі велику кількість переваг над звичними для нас сайтами. Зокрема, відновлення паролю стане доволі простим завданням і зручність використання додатку з телефона надзвичайно зросте, оскільки месенджери чудово адаптуються під будь-який девайс. Також у месенджерах обмін повідомленнями асинхронний за замовчуванням і синхронний при необхідності[1]. Тобто ми можемо зробити запит, який нас цікавить, отримати відповідь та переглянути її будь-коли, коли нам зручно, без необхідності знову заходити на сайт і повторно здійснювати пошук, а просто зайшовши в чат з усіює необхідною інформацією та історією запитів. Розроблений додаток надасть можливість позбавитись потреби ручного запису університетської діяльності та дасть змогу студентам переглядати свої оцінки, предмети, завдання з дедлайнами та розклад з будь-якої частини світу, а не приходити і шукати викладачів для отримання цієї інформації. Додаток можна розширювати, розробивши єдину систему для всіх університетів. Дана робота реалізована з допомогою Microsoft Bot Framework тасервісухмарнихтехнологійAzure,використовуючиRESTAPI.NET

Core. Для меседжеру було вибрано Telegram оскільки він посідає позицію одного з найбезпечніших, найшвидших та найбільш функціональних. Але завдяки фреймворку Microsoft Bot Framework, у нас є можливість транслювати нашого бота на всі популярні канали, такі як: Messanger, Skype, Skype for Business, Slack, Microsoft Teams. Протокол MTProto, забезпечує безпечну передачу повідомленнь, що шифруються AES ключем, який відомий і клієнту і серверу. Тому використання Telegram для будь-яких цілей, буде одним з найкращих рішень. Також для розпізнавання запитів користувача було використано LUIS(Understanding Language) - це служба хмарних API, яка застосовує користувальницький інтелектуальний інструмент для машинного навчання до тексту розмовної, природної мови користувача, щоб передбачити загальний зміст та витягнути детальну інформацію. Якщо більш детально розглядати програмну складову, то постає безліч питаннь, відносно швидкодії, доступності та захисту даних. Тому в основі додатку, є розташування всіх компонентів проекту в Azure[2]. Azure Bot Service забезпечує інтегроване середовище, створене спеціально для розробки бота, що дозволяє побудувати нам зручний процес неперервної інтеграції та доставки(CI/CD) з GitHub, де зберігається код програми, для автоматичних оновлень даних та розгортання нової версії . Це

дозволить нам позбутись проблеми з хостингом наших сервісів, а також надасть нам швидкий обмін даними між клієнтом і сервером. Доступ до даних відбувається завдяки повністю незалежного веб-сервісу - WEB API[3], це в перспективі дозволить нам реалізувати ще безліч проектів які будуть працювати з цим API. Архітектура нашого проекту є мікросервісною, адже ми неприв'язані до певної технології. Та оскільки наші сервіси мають «розуміти» одне одного. Комунікація відбувається завдяки протоколу HTTP[4]. Результатом створення цього проектом є реалізація зручного і водночас потужного чат-бота, який є незалежним від якогось конкретного каналу. Швидкодію додатку забезпечує структура «клієнтський додаток – API, хмарні технології – веб ресурс».

Література

1. Amir Shevat. Designing Bots: Creating Conversational Experiences

2. https://docs.microsoft.com/en-us/azure/?product=all

3. Mithun Pattankar.MasteringASP.NETWebAPI—PacktPublishing,2017. — 330 с.

4. Brian Totty. HTTP: The Definitive Guide / Reddy S. — O'Reilly Media, 2002. — 658 с.

ГЕТЕРОГЕННИЙ ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ АДВЕКЦІЇ-ДИФУЗІЇ

Сподар Ірина Володимирівна

Україна, Львів

Львівський національний університет

ім. Івана Франка

факультет прикладної математики та інформатики

irynka-ww@ukr.net

Вступ

Задача адвекції-дифузії (АД) є основою для математичного мо-делювання процесів переносу в однорідних та неоднорідних середо-вищах. Вона має важливі застосування у вирішенні проблем масопе-ренесення у живих тканинах, перебігу хімічних реакцій, поширення забруднень, прогнозування погоди, та інших. Проте відомо [1–5], що процеси числового аналізу задачі АД у випадку великих чисел Пекле

є нестійкими. У роботі [4] розвинено підхід до вирішення проблеми ре-гуляризації обчислювального процесу для задачі АД, який базується на гетерогенній математичній моделі та застосуванні методу Діріхле-Ноймана. У даній роботі

цей підхід реалізовано з використанням ме-тоду скінченних елементів (МСЕ) [2], побудованому на основі методів Гальоркіна та Петрова-Гальоркіна.

Алгоритм Діріхле-Ноймана

Розглянемо задачу адвекції-дифузії

$$\begin{cases} \mathrm{A}_1 u_1 = div(bu_1) + b_0 u_1 = f \text{ в } \Omega_1, \\ \mathrm{A}_2 u_2 = div(-\nu \nabla u_2 + bu_2) + b_0 u_2 = f \text{ в } \Omega_2, \\ \mathrm{u}_1 = g_1 \text{ на } \partial\Omega_1 \backslash \Gamma, \\ \mathrm{u}_2 = g_2 \text{ на } \partial\Omega_2 \backslash \Gamma, \\ \mathrm{u}_1 = u_2 \text{ на } \Gamma, \\ \text{-b}\cdot n_\Gamma u_1 = \nu \frac{\partial u_2}{\partial n_\Gamma} - b \cdot n_\Gamma u_2 \text{ на } \Gamma. \end{cases}$$

Головна ідея методу Діріхле-Ноймана полягає в тому, що на одній

з підобластей формулюють задачу з крайовими умовами Діріхле, а на іншій – з крайовими умовами Ноймана. Розв’язуючи ітераційно отри-

мані задачі, знаходять послідовності функцій

$\{u_1{}^{(k)}\} \in \Omega_1$, $\{u_2{}^{(k)}\} \in \Omega_2$

що збігаються до розв’язків вихідної гетерогенної задачі u_1 і u_2 відпо-відно. Співпадіння розв’язків u_1 і u_2 на спільній межі підобластей

Вибір пробних функцій

Введемо спеціальні пробні функції [6]

$$\psi_i(x_1, x_2) = \phi_i(x_1, x_2) - \alpha\gamma(x_1, x_2),$$

$$\gamma(x_1, x_2) = w_n\phi_i(x_1, x_2)\phi_j(x_1, x_2)\phi_m(x_1, x_2),$$

де φi , φj , φm - білінійні базисні функції МСЕ, w_n - нормальна складо-ва вектора швидкості, - параметр, що дозволяє контролювати вплив допоміжної функції (x_1; x_2). Введені модифіковані пробні функції зо-бражені на рис. 1.

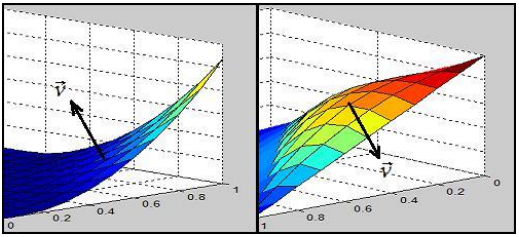


Рис. 1: Пробна функція $_i(x_1; x_2)$

Числові результати

Нехай = [0; 1] [0; 2]; f = 1; b_0 = 1; b = [100; 0];

v = 1; g = 0.

Ілюстрація розв’язку подана на рис. 2.

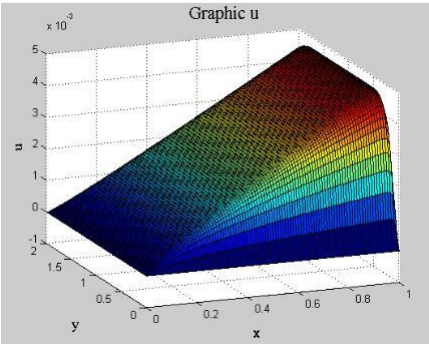


Рис. 2: Площа скінченного елемента не перевищує 1 10^{3}

Для верифікації розв’язку задаємо на двох протилежних грани-цях області однорідну умову Ноймана, а на двох інших – однорідну умову Діріхле. Розв’язок матиме вигляд циліндра, тобто на кожній з прямих x_2 = a, де a 2 [0; 2], він буде однаковим. Тому якщо тепер за-фіксуємо координату x_2, то отримаємо аналог одновимірного випадку, який можемо

порівняти з аналітичним розв'язком. Для цього випадку експериментальний порядок збіжності обчислимо за формулою [3]:

$$p = \frac{ln(e_1) - ln(e_2)}{ln(h_1) - ln(h_2)},$$

де h_1; h_2 - кроки розбиття, $e_i = \| ku_{h+i}\| - \| u-_0\|$; i = 1; 2.

Також здійснимо верифікацію розв'язку шляхом використання схеми Ейткена [3]. Для експериментального порядку збіжності засто-суємо наступну формулу:

$$p = \frac{ln(\delta_1) - ln(\delta_2)}{ln(q)},$$

де $q = \frac{h_i}{h_{i-1}}, i = 2, 3, \delta_i = \left\|u_{h_{i+1}}\right\| - \|u_{h_i}\|, i = 1, 2.$

Результати наведені втабл. 1.

	L_2	$W_2^{(1)}$
Апріорний порядок збіжності	2	1

Апостеріорний порядок збіжності у порівнянні з точним розв’язком	1.982	0.950
Порядок збіжності за схемою Ейткена	1.989	0.992

Табл. 1: Порядок збіжності

Висновки:

Розглянуто гетерогенну модель задачі адвекції-дифузії. Для зна-ходження розв’язку задачі застосовано алгоритм декомпозиції області Діріхле-Ноймана з використанням модифікованих пробних функцій. Проведено верифікацію отриманого розв’язку шляхом порівняння йо-го одновимірної проекції з аналітичним розв’язком та шляхом використання схеми Ейткена. Отримані результати демонструють, що експе-риментальний порядок збіжності близький до апріорного.

Література

[1] Кухарський В. Модифікований метод залишково-вільних бульбашок для розв’язування задач адвекції-дифузії з великими числами Пекле / В. Ку-харський, Я. Савула, І. Кривень // Вісник ЛНУ. Серія прикл. матем. та інформатика. –2013. – Вип. 20 – с. 85-94.

[2] Савула Я. Г. Числовий аналіз задач математичної фізики варіаційними методами // Я. Г. Савула. - Львів: видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, Львів, 2004. – 221 с.

[3] Турчин Ю. І. Експоненціальна заміна у методі скінченних елементів для сингулярно-збурених задач адвекції-дифузії-реакції : дис. . . . канд. фіз.-мат. наук : 01.05.02 / Турчин Юлія Ігорівна. – Львів, 2019. – 165 с.

[4] Bertoluzza S. Modeling, numerics and applications / S. Bertoluzza, R.H. Nochetto, A. Quarteroni, K.G. Siebert, A. Veeser / C.I.M.E. Summer School, Cetrato, Italy 2009.- p. 314.

[5] Savula Y. Replacements in finite element method for the problem of advection-diffusion-reaction /Y. Savula, Y. Turchyn // Journal of numeri-cal and applied mathematics. Series "Numerical Mathematics №1(130), 2019

– p. 84-98.

[6] Fletcher C. Computational Galerkin Methods // Springer-Verlag New York, 1984.– p. 352.

АНАЛІЗ ПОХИБОК h-АДАПТИВНИХ СХЕМ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ОДНОВИМІРНИХ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ.

Малашняк Павло

Україна, Львів

Львівський національний університет імені Івана Франка

Факультет прикладної математики і інформатики
pmalashnyak17@gmail.com

Постановка задачі.

Розглянемо крайову задачу для звичайного диференціального рівняння другого порядку

$$\begin{cases} -(\mu u')' + \beta u' + \sigma u = f, \ \Omega = (a,b) \subset R, -\infty < a < b < +\infty \\ u(a) = 0, -\mu u'|_{x=b} = \alpha[u(b) - \overline{u}], \end{cases} ,$$

(1)

де $\mu(x)$,$\beta(x)$,$\sigma(x)$,$f(x)$–задані функції, $\alpha \geq 0$,$\overline{u} = 0$–дійсні сталі.

Варіаційне формулювання.

Щоб скористатися методом скінченних елементів (МСЕ) для числового розв'язування задачі (1), скористаємося її варіаційним формулюванням такого гатунку

$$\begin{cases} \text{знайти } u \in V := v \in H^1(0,1) : v(0) = 0 \\ \text{таку, що } c(u,v) =< l, v > \quad \forall v \in V. \end{cases} \qquad (2)$$

З бі-лінійною формою та лінійним функціоналом, визначеними в такий спосіб

$$\begin{cases} c(u,v) := \int_a^b (\mu u' v' + \beta u' v + \sigma u v) dx + \alpha u(n) v(b) \\ < l, v > := \int_a^b f v dx + \alpha \overline{u} v(n) \quad \forall u, v \in V. \end{cases} \quad (3)$$

Метод скінченних елементів з поліноміальними базисами різних порядків.

Фіксуємо натуральне $N > 1$ і за допомогою сітки вузлів $a = x_0 < x_1 < ... < x_{i-1} < x_i < x_{i+1} < ... < x_N = b$ поділимо відрізок $[a,b]$ на скінченні елементи $K_{i+\frac{1}{2}} := [x_i, x_{i+1}], i = 0, ..., N-1$. Щоб уніфікувати процеси визначення базисних функцій та необхідних обчислень на кожному такому елемент $K_{i+\frac{1}{2}}$ вводимо локальну координату ξ згідно правила:

$$\begin{cases} x(\xi) := \frac{1}{2}(1-\xi)x_i + \frac{1}{2}(1+\xi)x_{i+1} = \\ \quad = \theta(\xi)x_i + \omega(\xi)x_{i+1} = x_{i+\frac{1}{2}} + \frac{1}{2}h_{i+\frac{1}{2}}\xi \\ x_{i+\frac{1}{2}} := \frac{1}{2}(x_i + x_{i+1}), \;\; h_{i+\frac{1}{2}} := x_{i+1} - x_i \quad \forall \xi \in [-1;1] \end{cases}$$

(4)

.

Частинами лінійні апроксимації МСЕ.

За допомогою перетворення (4) зручно описати систему кусково лінійних базисних функцій Куранта $\{\varphi_i\}_{i=0}^N$, асоційованих з заданою системою вузлів $\{x_i\}_{i=0}^N$. Так, на елементі $K_{i+\frac{1}{2}}$ ненульові значення приймають лише функції ϕ_i та ϕ_{i+1}, які в локальних координатах описуються виразами

$$\varphi_i(\xi) := \frac{1}{2}(1-\xi) \text{ та } \varphi_{i+1}(\xi) := \frac{1}{2}(1+\xi) \quad \forall \xi \in [-1;1] \quad (5)$$

Отже шукана апроксимація МСЕ на кожному скінченному елементі $K_{i+\frac{1}{2}}$ описується виразом

$$u_{i+\frac{1}{2}}(\xi) := \theta(\xi)u_i + \omega(\xi)u_{i+1} \qquad \forall\xi \in [-1;1] \qquad (6)$$

з невідомими коефіцієнтами u_i та u_{i+1}. Їх значення обчислюємо класичною процедурою Гальоркіна, за деталями див. [1].

Для оцінки якості знайденої апроксимації $u_h = \left\{u_{i+\frac{1}{2}}\right\}_{i=0}^{N-1}$ та стратегії адаптування схеми МСЕ ми використовуємо поелементно визначений апостеріорний оцінювач похибки МСЕ у вигляді розвинення:

$$e_h(x) := \sum_{i=0}^{N-1} \lambda_{i+\frac{1}{2}} b_{i+\frac{1}{2}}(x), \qquad (7)$$

де локальний носій $supp\ b_{i+\frac{1}{2}} := K_{i+\frac{1}{2}}$ і на цьому елементі базисна функція в локальних координатах описується виразом $b_{i+\frac{1}{2}}(\xi) := 4\theta(\xi)\omega(\xi)$.

Частинами квадратичні апроксимації МСЕ.

На кожному скінченному елементі вибираємо квадратичну апроксимацію шуканого розв'язку варіаційної задачі (3) у вигляді:

$$\begin{cases} u_h(\xi) := 2\theta(\xi)(\theta(\xi) - \frac{1}{2})u_i + 4\omega(\xi)\theta(\xi)u_{i+\frac{1}{2}} + \\ \qquad +2\omega(\xi)(\omega(\xi) - \frac{1}{2})u_{i+1} \\ \forall\xi \in [-1;1] \quad \forall K_{i+\frac{1}{2}}, i = 0, ..., N-1 \end{cases} \qquad (8)$$

а її похибку на кожному скінченному елементі будемо апроксимувати кубічним поліномом вигляду:

$$\begin{cases} e_{i+\frac{1}{2}}(\xi) := (\omega(\xi)\theta(\xi)(\theta(\xi) - \omega(\xi)))\lambda_{i+\frac{1}{2}} \\ \forall\xi \in [-1;1] \quad \forall i = 0, ..., N-1 \end{cases} \qquad (9)$$

Частинами кубічніапроксимації МСЕ.

На кожномускінченномуелементі виберемо кубічну апроксимацію шуканого розв'язку варіаційної задачі у вигляді:

$$\begin{cases} u_h(\xi) := \theta^2(\xi)[2\omega(\xi)+1]u_i + \omega^2(\xi)[2\theta(\xi)+1]u_{i+1} - \\ \quad -h\omega^2(\xi)\theta(\xi)u'_{i+1} + h\theta^2(\xi)\omega(\xi)u'_i \\ \forall\xi \in [-1;1] \quad \forall i = 0, ..., N-1 \end{cases} \tag{10}$$

ОцінювачпохибокапроксимаціїМСЕбудуємонакожномускінченному елементі використовуючи поліноми четвертого порядку.

$$\begin{cases} e_h(\xi) := 16\theta_i^2(\xi)\omega_i^2(\xi)\lambda_{1+\frac{1}{2}} \\ \forall\xi \in [-1;1] \quad \forall i = 0, ..., N-1 \end{cases} \tag{11}$$

Стратегія адаптування сітки. На кожному скінченному елементі перевіряємо чи виконується нерівність

$$\frac{\sqrt{N}\|e_h\|_{i+\frac{1}{2}}}{\sqrt{\|u_h\|_V^2 + \|e_h\|_v^2}}100\% > eps, \tag{12}$$

де $\|e_h\|_{i+\frac{1}{2}}-$ локальна енергетична норма оцінювача на $K_{i+\frac{1}{2}}$, $\|e_h\|_v^2 :=$

$c(e_h,e_h)$–енергетичнанормаоцінювача,$\|u_h\|_v^2-$ енергетичнанормарозв'язку, eps –заданий максимально допустимий рівень похибки. Кожен елемент, на якому виконується нерівність (12), поділяється на два нових, які в покращеній сітці замінюють його на черговому кроці адаптування. Решта елементів залишається без змін і разом з усіма новоутвореними скінченними елементами

формують уточнену сітку. Якщо жоден з елементів не задовольняє даної умови, то процес адаптування вважають завершеним.

Література

1. *Є.Абрамов,О.Ліпіна,Г.Шинкаренко,А.Ямелинець.* Кусково-лінійні апроксимації h-адаптивного методу скінченних елементів для одновимірних крайових задач.// Вісн. Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. та інформ. 2006. Вип. 11. С. 3–18.

2. *Є.Абрамов,Г.Квасниця,Г.Шинкаренко*Частинамикв адратичнітакубічніапроксимації h–адаптивного МСЕ для одновимірних крайових задач.// Вісн. Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. та інформ. 2011. Вип. 17. С.47–61.

3. *Квасниця Г., Шинкаренко Г.* Адаптивні апроксимації методу скінченних елементів для задач електростатики // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. та інформ. 2002. Вип. 5. С. 95–106. 4.

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПОТОКІВ У МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАФОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Ірина Ковальчик, Україна,

Львівський Національний Університет

імені Івана Франка,

Факультет прикладної математики та інформатики,

irenkovalchik@gmail.com

Актуальність. Стохастичні задачі при вивченні потоків в мережах виникають доволі часто. Це перш за все різноманітні задачі планування потоків на перспективу з невизначеним майбутнім, наприклад задачі розміщення підприємств при випадковому попиті, планування потоків товарів у системах управління запасами, потоків заявок(вимог) у системах обслуговування. Поняття потоку в мережах є математичною абстракцією реальних вантажопотоків у транспортній мережі, потоку рідини по трубопроводу, потоку з'єднання в мережі зв'язку та інших фізичних систем, які можуть бути представленні такою структурою потоку.[1] На сьогодні виникає необхідність моделювати мережі з потоками з мінімальним затратами, а також можливістю аналізу даних зібраних всередині мережі, як однієї цілісної структури.

Постановка проблеми. Існують різні методи обробки і моделювання потоків у мережах, які часто утворюють собою ряд стохастичних завдань, які потрібно розв'язати.

До прикладу, для транспортної задачі, яка входять в клас стохастичних задач, популярним методом є трансформування даних у матрицю та їх подальша обробка певними алгоритмами, такими як метод північно-західного кута, тощо. Цей тип задач може бути вирішений за допомогою нейронної мережі. Однак вона не може опрацьовувати граф, як цілісний набір даних, тому на практиці його потрібно перетворювати в матрицю, щоб працювати з даними і проводити процес навчання нейронної мережі. Використання матриць є доцільним тільки при малому об'ємі даних. Тому такі методи не є оптимальними до використання в умовах великого набору даних, наприклад, коли потрібно спроектувати цілу мережу перевезень по місті або країні. Інша проблема (для практичної реалізації) полягає в тому, що граф, як структура даних, немає якогось конкретного початку чи кінця, бо це набір скінченної множини вершин і скінченної множини орієнтованих або ні ребер.

Шлях вирішення проблеми. Графова нейрона мережа (ГНМ) є унікальною завдяки можливості навчання з даних, які задані графом. Можлива реалізація алгоритму, який може вчитися з цілого комплексного зв'язку, не перебудовуючи його в матрицю, щоб розуміти не тільки напрямки, але й непрямі відносини, які були б цінними для аналізу даних в такій структурі. Більше того, будь-яка транспортна задача може бути представлена у вигляді графу з локацією (як вершиною) і дорогою\зв'язком (як

дугою). Власне тому була запропонована така модель, як графова нейронна мережа, яка розв'язує ці проблеми.

Для реалізації ГНМ створені різні програмні бібліотеки. Найпопулярніші з них – це PyTorch Geometric Library, The Graph Nets Library, The Deep Graph Library. Кожна з них має свої особливості. PyTorch Geometric Library – найновіші види графів, уже побудовані і готові до використання як однострокові функції в Python. The Graph Nets Library – розроблена для «глибокого навчання» під TensorFlow, розрахована для знаходження найкоротшого шляху, сортування і прогнозування фізичної системи. The Deep Graph Library – кросплатформенна; відносна простота і читабельність коду порівняно з іншими двома бібліотеками.

Результати та висновки. Завдяки вище зазначеним перевагам пропонується використовувати дані бібліотеки для створення нейронної мережі, яка буде навчатися, щоб моделювати і аналізувати мережі, які базуються на графах без зміни їх структури.

Використана література:

1. *Ю.М. Ермольев* «Методы стохастического программирования» издательство

«НАУКА» Главная редакция физико-математической литературы. Москва 1976

2. *Scarselli F., Gori M., Tsoi A., Hagenbuchner M. & Monfardini, G.* 2009, «The graph neural network model»//

[Електронний ресурс]– Режим доступу: https://persagen.com/files/misc/scarselli2009graph.pdf

3. Бібліотека Deep Graph Library// [Електронний ресурс]– Режим доступу:

https://docs.dgl.ai/

4. Бібліотека Pytorch// [Електронний ресурс]– Режим доступу: https://github.com/rusty1s/pytorch_geometric

5. Бібліотека Graph Nets// [Електронний ресурс]– Режим доступу:

https://github.com/deepmind/graph_nets

FINITE FRINGE ANALYSIS PACKAGE

Ahmed Hady NeamatAllah Moahmed Hanfy

Ukraine, Lviv

Ivan Franko National University of Lviv

Faculty of Applied Mathematics and Informatics

ahmed.hanfy@intermaths.eu

Interferometers are widely used in science and industry. In most interferometers, light from a single source is split into two beams that travel in different optical paths, which are then combined again to produce interference. Several optical measurement techniques are based on the interference phenomenon, which encodes the measured physical quantity into the phase of a periodic signal. The two-dimensional interferometric signal which is captured via an image sensor is called *fringe pattern*. A software package is developed for the analysis of the two-dimensional finite fringe interferograms, through an interactive graphical user interface.

An image normally consists of an array of pixels, where each pixel is defined by a light source color channel which should be monochromatic. A color channel contains a set of intensity or grayscale values. The image is defined by the intensity values (i) in spatial coordinates (x,y).

Fringe patterns usually appear as stripes, alternatively bright or dark, which represent the contour lines of the measured

physical quantity. The mathematical formulation [1] of this interference field can be defined as:

$$i(x,y) = a(x,y) + b(x,y)\cos[2\pi f_0 x + \phi(x,y)] \tag{1}$$

Where a(x,y) is the average value of the signal and represents the bias light and noise, b(x,y) is the fringe pattern modulation and φ(x,y) is the optical phase encoding the physical quantity measured in the experiment and contains the desired information, however, a(x,y) and b(x,y) represent unwanted irradiance variations arising from the non-uniform light reflection or transmission by a test object.

The spatial representation of a fringe pattern image can be described by its spectral information in the frequency domain to extract the phase information, a non-contour type of fringe pattern can be rewritten in the following form for the convenience of explanation:

$$i(x,y) = a(x,y) + c(x,y)e^{2\pi i f_0 x} + c^*(x,y)e^{-2\pi i f_0 x} \tag{2}$$

Where

$$c(x,y) = \frac{1}{2}b(x,y)e^{i\phi(x,y)} \tag{3}$$

Where c*(x,y) denotes a complex conjugate and by using Fast Fourier transform (FFT) with respect to x.

$$I(x,y) = A(f,y) + C(f - f_0, y) + C^*(f - f_0, y) \tag{4}$$

Where the capital letters (I, A, C and C*) denote the Fourier

spectra and f is spatial frequency in the x direction. However, the spatial variations of a(x,y), b(x,y), and φ(x,y) are slow compared with the spatial frequency f0, the Fourier spectra are separated by the carrier frequency f0 as shown in figure below.

Where Im[c(x,y)] and Re[c(x,y)] denote the imaginary and real parts of c(x,y), respectively. In most cases, a computer-generated function subroutine gives a principal value ranging from -π to π. These discontinuities called the wrapped phase, can be simply corrected by adding/subtracting the corresponding multiple k of 2π at each pixel of the phase distribution φd(x,y) to obtaining the absolute phase as[5]:

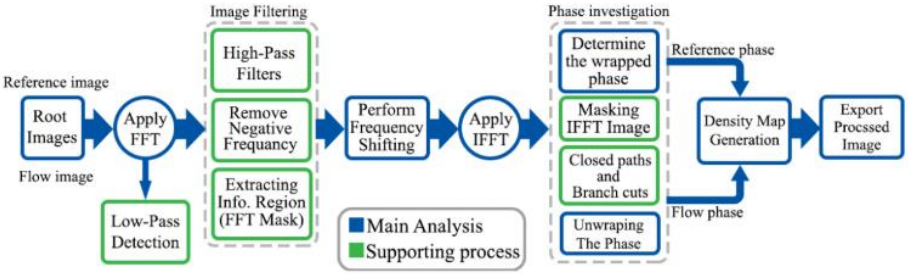
$$\phi_d\,(x,y) = \arctan\left[\frac{Im[c(x,y)]}{Re[c(x,y)]}\right] \tag{5}$$

The presence of noise, downsampling of the wrapped phase, vertices or shock waves might break the uniqueness of the aforementioned k. There is a lot of algorithms developed to correct it. The software package uses the Goldstein algorithm which recognizes the path dependence in the unwrapping of inconsistent phase fields in terms of local inconsistencies [6]. And finally, the density map can be calculated by considering the Gladstone-Dale equation

$$\rho_{flow} - \rho_{ref} = \frac{\lambda}{2\pi dK}(\phi_{ref} - \phi_{flow}) \tag{7}$$

Where ρ is the fluid density, λ is the used light wavelength, d is the length of the optical path inside the test section, K is the Gladstone-Dale constant, ref refers to reference condition and

flow is the flow condition. The summary of the fringe analysis process described can be shown in the following figure:



The software could be implemented across any platform that Mathworks company supports. A good quality interferogram can be analyzed in a short time with high accuracy, also the software is supported with extra features (cropping, saving project, exporting images, etc.).

ЗАСТОСУВАННЯ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДО ОДНОВИМІРНОЇ ЗАДАЧІ НА ВЛАСНІ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОПЕРАТОРА ШТУРМА-ЛІУВІЛЛЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБОК МЕТОДУ

Хутка Софія

Україна, Львів

Львівський національний університет

імені Івана Франка

факультет прикладної математики та інформатики

skhutka@gmail.com

Метод скінченних елементів посідає особливе місце серед числових методів прикладної математики, які мають застосування в комп'ютерному моделюванні. Спектральний метод є таким методом скінченних елементів, що використовує поліноми високих порядків над окремим елементом розбиття інтервалу. Дані розклади визначаються відповідним числом та типом вузлів інтерполяції на елементі, які, як правило, відрізняються від двох кінцевих вузлів. За вузли в спектральному методі використовують нулі відповідного сімейства ортогональних многочленів. Теоретичний аналіз похибки інтерполяції показує, що максимальна точність забезпечується, коли внутрішні вузли розміщені в нулях відповідного сімейства ортогональних многочленів, наприклад поліномів Лобатто. Така ідея є

основою методу спектральних елементів . В результаті застосування даного методу отримують систему алгебричних рівнянь, яку можна подати в матричному вигляді. Даний метод застосуємо до задачі на власні значення для оператора Штурма Ліувілля.

1. Формулювання задачі

Дано задачу Штурма-Ліувілля на власні значення описану таким диференціальним рівнянням:

$$-\frac{d}{dx}p(x)\frac{du}{dx} + q(x)u - \lambda u = 0, x \in (0, \pi) \quad (1)$$

І дано такі граничні умови:

$$u(0) = 0, u^0(b) = 0, \quad (2)$$

де p,q - сталі, $0 < x < \pi$, причому $p > 0, q > 0$

Задача полягає в знаходженні наближених власних значень та власних функцій з допомогою спектрального методу скінченних елементів.

1

2. Варіаційне формулювання

Сформулюємо крайову задачу як варіаційну:

$$\int_0^\pi (-p\frac{d^2u}{dx^2} + q(x)u - \lambda u)v(x)dx = 0, \quad (3)$$

де $v(x) \in V_0, x \in [0, \pi], V_0 = \{v(x) \in W_2^{(1)} v(0) = 0, v'(\pi) = 0\}$

v^0 - кусково неперервні та обмежені

Із використанням формули інтегрування частинами отримаємо

. (4) $$a(u,v)=\int_0^{\pi}(p\frac{du}{dx}\frac{dv}{dx}+quv)dx \quad \forall v\in V_0$$

(5) $$\lambda(u,v)=\int_0^{\pi}uvdx \quad \forall v\in V_0.$$

Задача полягає у знаходженні такого числа $\lambda \in$, що $u(x) \in V_0$ задовольняє

$a(u,v) - \lambda(u,v) = 0 \ \forall v \in V_0$. (6)

і не дорівнює тотожно нулю.

3. Спектральний метод скінченних елементів

В чисельному розв'язуванні диференціальних рівнянь, метод спектральних елементів є відгалуженням методу скінченних елементів, в якому як базисні функції вибрано як кусково-поліноміальні функції вищих порядків, побудовані за вузлами, розміщеними в нулях певного сімейства ортогональних поліномів. Розіб'ємо рівновіддаленими точками на піввідрізки. На кожному з піввідрізків $[x_{i-1},x_i]$ побудуємо базові функції із вузлами, що розміщені в нулях сімейства ортогональних многочленів Лобатто та Лежандра (3 степеня)

m

Якщо $u(x) = \sum_{i=1} a_i\varphi_i(x)$, то задачу можна записати наступним виглядом

$$\sum_{k=1}^{m} a_k(\phi_k, \phi_j)_A - \lambda \sum_{k=1}^{m} a_k(\phi_k, \phi_j) = 0$$

$$(\phi_i, \phi_j)_A = \sum_{k=1}^{n} [\phi_i, \phi_j]_{Ak}, \qquad (\phi_i, \phi_j) = \sum_{k=1}^{n} [\phi_i, \phi_j]_k$$

$$[\phi_i, \phi_j]_{Ak} = \int_{x_{k-1}}^{x_k} (p(\phi_i)'(\phi_j)' + q\phi_i\phi_j)dx = 0$$

2

$$[\phi_i, \phi_j]_k = \int_{x_{k-1}}^{x_k} \lambda\phi_i\phi_j dx = 0 \quad (10)$$

Для того щоб система однорідних рівнянь мала розвязок відмінний від тотожного нуля необхідно і достатньо, щоб її визначник дорівнював нулю тобто

$det(\varphi_k,\varphi_j)_A - \lambda(\varphi_k,\varphi_j) = 0$ (11)

З цього рівняння і отримаємо власні числа, а потім підставивши кожне в систему і власні вектори.

References

[1] *Савула Я. Г.* Числовий аналіз задач математичної фізики варіаційними методами. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, Львів, 2004. ст.30-37.

[2] *C. Pozrikidis.* Introduction to Finite and Spectral Element Methods Using MATLAB, Second Edition. // CRC Press, Boca Raton, 2014. pages.154-158, 165-174.

AERODYNAMIC AND AEROACOUSTIC ANALYSIS OF HELICOPTER ROTOR IN HOVER

Karim Yehia Sedik Bahnasy Aly

Ukraine, Lviv

Ivan Franko National University of Lviv

Faculty of Applied Mathematics and Informatics

karimyehiasedikbahnasy.aly@student.univaq.it

Introduction

This research aims to develop and validate the main functionalities of a new numerical tool designed for aero-acoustic analysis of various configurations, including helicopter propeller and wind turbine rotors. The code was written using Macro scripts in Tecplot360 software and designed to be easily used compared to other acoustic tools regardless the shape of the body or the number of grid panels, and is based on the acoustic analogy approach of Ffowcs-Williams and Hawkings (FW-H) and analytical solutions of Farassat (1 and 1A). This methodology is a state-of-the-art approach to the modeling of noise generation mechanisms and sound propagation in free space for rotating systems. Such a multi-physical analysis relies on a numerical simulation of the flow-field for a given configuration using supercomputers and parallel processing CFD codes. As a result, it provides a necessary input to the acoustic radiation tool that is developed in our research group. Moreover, the applications of this research field do not stop at designing a quiet helicopter only but also finding solutions for reducing

noise generated from many systems or machines with a rotating airfoil.

FW-H acoustic analogy

The FW-H acoustic analogy involves enclosing the sound sources with a control surface that is mathematically represented by a function, $f(\mathbf{x}, t) = 0$. The acoustic signature p' at any observer position can be obtained from the FW-H equation:

$$p'(\mathbf{x}, t) = \frac{\partial}{\partial t}\int_{f=0}\left[\frac{Q_i n_i}{4\pi|\mathbf{x}-\mathbf{y}|}\right]_{\tau_e} \mathrm{d}S - \frac{\partial}{\partial x_i}\int_{f=0}\left[\frac{L_{ij} n_j}{4\pi|\mathbf{x}-\mathbf{y}|}\right]_{\tau_e} \mathrm{d}S + \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j}\int_{f>0}\left[\frac{T_{ij}}{4\pi|\mathbf{x}-\mathbf{y}|}\right]_{\tau_e} \mathrm{d}V \quad (1)$$

where $\mathbf{x}$ and $\mathbf{y}$ are positions of the observer and the source, respectively. Moreover, n is the unit vector normal to the surface and $[\quad]\tau_e$ denotes evaluation at the emission time τ_e. The source terms under the integral sign are:

$$Q_i = \rho(u_i - v_i) + \rho_0 v_i and L_{ij} = \rho u_i\left(u_j - v_j\right) + P_{ij} \quad (2)$$

and T_{ij} is referred to as Lighthill's stress tensor:

$$T_{ij} = \rho u_i u_j + [(p - p_0) - c_0^2(\rho - \rho_0)]\delta_{ij} - \sigma_{ij} \quad (3)$$

The vectors u and v are the flow and the surface velocities, respectively. See [1] for the definition of other quantities. The compression tensor P_{ij} is defined as:

$$P_{ij} = (p - p_0)\delta_{ij} - \sigma_{ij} \quad (4)$$

Solutions for the Ffowcs Williams-Hawkings equation were derived by F. Farassat in formulations 1 and 1A for surface sources moving at subsonic speed[2].

Cases of study

The validation of the new FW-H analogy tool is performed for a single acoustic source problem. For this purpose, a model of injecting/ejecting sphere is considered to represent a pure and stationary monopole source. As shown below in table 1 the numerical simulations have been carried out for various sphere sizes, numerical grid densities and time steps of the numerical scheme to assure proper convergence and correlation with the available analytical solutions. At a later stage, rotation of the source will be added and validated in the same systematic manner. When the validation process

is complete the developed tool will be used with confidence in noise generation cases where thickness noise is the dominant source, i.e. helicopter rotor blades in hover conditions.

Figure 1: Mesh Panels of The Sphere Surfaces

As illustrated in [3], the numerical results were compared to the analytical solution of an acoustic signal with a frequency of 100 Hz and root mean square of pressure fluctuations (p'_{rms}) equals to 0.098 Pa, and overall sound

pressure level ($OASPL$) equals to 73.8 dB. The analytical signal is discretized into 360 steps per period and as for the accuracy of the results provided in table 1, values were rounded to the first decimal digit.

As a conclusion for this part of the study the following findings was reached:

- Generally, the grid and radius dependency studies show that, for finer grids and smaller radiuses, the curves are coming closer and closer to the analytical solution.
- For SPL spectrum, the radius and the time-step matter only (same comvergence speed).
- For dominant frequency, the radius matters only.
- For signal amplitude, $OASPL$ and p'_{rms} the radius and grid size matter only (with faser convergence over the radius).

Table 1: Test Results

study type	case name	no. of panels	time step, $\Delta t/T$	radius, R [m]	Dominant frequency [Hz] (relative error %)	p'_{rms} [Pa] (relative error %)	*OASPL* from p'_{rms} (absolute error)(dB)	*OASPL* from *SPL* (absolute error)(dB)	computation time (CPU hours)
Radius study	R1	1536	360	0.2	106.2(6.2)	0.096(2.4)	73.6(0.2)	73.3(0.5)	48
	R2	1536	360	0.1	103.0(3.0)	0.097(0.8)	73.8(0.0)	73.6(0.2)	48
	R3	1536	360	0.05	101.5(1.5)	0.098(0.4)	73.8(0.0)	73.7(0.1)	48
Grid study	G1	96	360	0.05	101.4(1.4)	0.095(3.4)	73.5(0.3)	73.5(0.3)	0.4
	G2	384	360	0.05	101.5(1.5)	0.097(1.0)	73.8(0.0)	73.7(0.1)	4
	G3	1536	360	0.05	101.5(1.5)	0.098(0.4)	73.8(0.0)	73.8(0.0)	48
Time study	T1	1536	90	0.05	101.5(1.5)	0.098(0.4)	73.8(0.0)	73.7(0.1)	3
	T2	1536	180	0.05	101.5(1.5)	0.098(0.4)	73.8(0.0)	73.7(0.1)	11.5
	T3	1536	360	0.05	101.5(1.5)	0.098(0.4)	73.8(0.0)	73.7(0.1)	48

References

[1] Najafi yazdi et al. An acoustic analogy formulation for moving sources in uniformly moving media. *Proceedings Of The Royal Society*, 467:144–165, 2010.

[2] F. Farassat. Derivation of formulations 1 and 1a of farassat. *NASA Langley Research Center* , 2007.

[3] D Casalino. An advanced time approach for acoustic analogy predictions. *Journal of Sound and Vibration*, 261(4):583–612, 2003.

СТВОРЕННЯ ЗАСТОСУНКІВ ІЗ СИСТЕМАМИ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Олександр Скорупський

Доц. кафедри програмування, канд. ф.-м. наук Гошко Б. М.

Україна, Львів

Львівський національний університет ім. І. Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

alex.skorupskyy@gmail.com

Завдання виявлення об'єктів в режимі реального часу постає в багатьох сферах сучасного життя. Завдяки стрімкому розвитку фізичних та технічних характеристик сучасних комп'ютерів за останні десятиліття значно розвинулись алгоритми та методи машинного навчання і комп'ютерного зору. Це дозволило знаходити системам з комп'ютерним зором нові застосування та вводити їх у нові проекти. Значної ефективності та результативності комп'ютерному зору вдалося досягти в таких напрямках:

• автопілоти, промислові роботи, автоматизовані системи керування процесами на підприємствах

• безпекові системи з відеоспостереженням

• медичні системи для аналізу результатів мікроскопії, рентгенографії, томографії і т. д.

• військові системи аналізу топографічних даних, виявлення ворожих військових сил та управління ракетами

Для розробки прототипу застосунку, наприклад, на платформі Android можна використати мову програмування Java,а при необхідності створення кросплатформенного рішення - мову Dart та розроблений компанією Google програмний каркас (фреймворк) з відкритим кодом Flutter. Ці технології дозволять зробити якісну графічну оболонку. Далі виникає завдання помістити в застосунок можливість виявлення об’єктів. Воно вирішується створенням моделі нейронної мережі [1], яка буде аналізувати відзняті камерою мобільного пристрою відеоряди, що і дозволить виявляти та класифікувати потрібні об’єкти. Для навчання такої моделі можна використати методи бібліотеки програмного забезпечення з відкритим кодом Tensorflow [2]. Ця бібліотека дозволить експериментувати з різними режимами навчання, ефективно підібрати навчальну вибірку та підготувати вже навчену модель до використання на слабших процесорах мобільних пристроїв. Оскільки існує велика кількість різних підходів до виявлення об’єктів та усі вони мають свої плюси і мінуси, часто лише експериментальним шляхом можна вибрати метод, який найкраще відповідає вимогам конкретної проблеми [3]. Створення якісної моделі для розпізнавання певних об’єктів з нуля часто вимагає тисячі або десятки тисяч навчальних зображень та кількох годин або, навіть, днів для тренування. У випадку

недостатньої кількості часу для тренування або невеликими обчислювальними можливостями пристрою, на якому здійснюється навчання моделі, альтернативою може стати трансферне навчання. Це процес, при якому використовуються ваги вже натренованої на схоже завдання моделі. Нова модель виникає в результаті донавчання старої. Також варто зауважити, що модель буде приймати вхідні дані лише певного розміру. Наприклад, вектор з 480 000 значень, який репрезентує зображення розміром 400x400 пікселів, кожен з яких містить три канали - червоний, зелений та синій (RGB). Ймовірно, розмір зображень тренувального набору буде відрізнятися від вхідних параметрів моделі,тому доведеться обрізати і масштабувати всі зображення в ньому. Ця ж проблема виникне під час подачі до моделі зображень з відео ряду, який знімається камерою мобільного пристрою, тому найкращим рішенням буде одразу написати модуль, який автоматизує обробку зображень. Важливим кроком також є вибір навчальної вибірки. Багато великих компаній та організацій надає у відкритий доступ статистичні дані своєї діяльності або просто спеціально підготовані для науковців та журналістів набори даних. Створена компанією Google пошукова система Dataset Search допоможе швидко знайти потрібний набір. Проте створена на ПК модель буде занадто великою для того, щоб мобільний пристрій чи простий одноплатний комп’ютер міг з її допомогою виявляти цільові об’єкти в реальному часі. Проблему вирішує квантування моделі [4]. Існує багато способів

квантування, але базово розглядають приведення ваг моделі від чисел з неперервного проміжку до дискретного формату масштабованого в проміжок [0..255]. Це дозволить подавати значення однієї ваги одним байтом. Квантування моделі спричинить невелику втрату точності, але дасть відчутний виграш у продуктивності застосунку. Вихідними значеннями моделі будуть назва класу об’єкта та оцінка ймовірності (від 0 до 1),що в зоні об’єкт визначеного класу, а також координати пікселів країв прямокутної зони, в якій було виявлено об’єкт. Очевидно, що ймовірність не буде досягати 1 через недосоконалість тренувального набору чи методів тренування, різного роду фізичних перешкод та умов під час роботи застосунку. Також грає роль наявність винятків, які часто навіть людина не може правильно прокласифікувати. Бажаним є ввести в програму певне порогове значення для оцінки ймовірності правильної класифікації об’єкта. Це дасть змогу відкинути всі результати з ймовірністю меншою ніж, наприклад, 0.6 (60%) і просто не виводити їх на екран. На рис. 1 показано можливий спосіб маркування виявлених об’єктів.

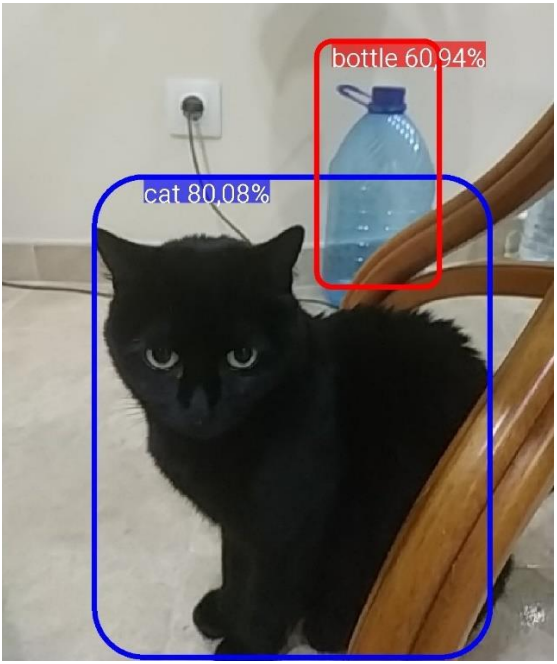


Рис. 1: Виявлення об’єктів у справжніх умовах

Отже, підсумовуючи вище наведене, можна сказати, що використання сучасних методів та підходів до створення якісних та продуктивних застосувань з системами виявлення об’єктів в режимі реального часу робить його значно ефективнішим та дозволяє економити час та ресурси на розробку методів комп’ютерного зору з нуля.

Література

[1] Google AI Blog; Accelerated Training and Inference with the Tensorflow Object Detection API;

https://ai.googleblog.com/2018/07/accelerated-trainingand-inference-with.html ; 13.07.2018

[2] Santanu Pattanayak; Pro Deep Learning with TensorFlow: A Mathematical Approach to Advanced Artificial Intelligence in Python; 2019

[3] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi; You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection; 2016 [4]TensorFlow;Post-trainingquantization;https://www.tensorflow.org/lite/ performance/post_training_quantization

h-АДАПТИВНИЙ МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З КУСКОВО-КВАДРАТИЧНИМИ АПРОКСИМАЦІЯМИ НА ТРИКУТНИКАХ

Василь Танчинець

Україна, Львівський національний університет

імені Івана Франка,

факультет прикладної математики та інформатики

vasyltanchinets98@gmail.com

В даній роботі розглядається двовимірна крайова задача з лінійним еліптичним рівнянням дифузії-адвекції-реакції в обмеженій області $\Omega \subset R^2$ з ліпшицевою межею $\Gamma = \partial\Omega$

$$\begin{cases} \text{знайти } u = u(x) \text{ таку, що:} \\ -\nabla.(\mu\nabla u) + \beta.\nabla u + \sigma u = f \text{ в } \Omega, \\ u = 0 \text{ на } \Gamma_u \subset \Gamma, mes(\Gamma_u) > 0, \\ -(\mu\nabla u).\nu = \alpha u + g \text{ на } \Gamma_q := \Gamma / \Gamma_u, \end{cases} \tag{1}$$

де $\mu = \mu(x) > 0, \beta = \{\beta_i(x)\}_{i=1}^{2}, \sigma = \sigma(x) \geq 0, f = f(x),\ g = g(x)$ і $\alpha = \alpha(x) \geq 0$ задані достатньо регулярні коефіцієнти [3].

Для розв’язування задачі (1) застосовується *h*-адаптивна схема методу скінченних елементів (МСЕ) з квадратичними апроксимаціями на трикутниках [1-3].

Варіаційна постановка задачі має такий вигляд:

$$\begin{cases} \text{знайти } u \in V := \{v \in H^1(\Omega) : v = 0 \text{ на } \Gamma_u\} \text{ таку, що:} \\ a(u,v) = \langle l, v \rangle \qquad \forall v \in V, \end{cases} \tag{2}$$

де

$$\begin{cases} a(u,v) := \int_{\Omega}\left[(\mu\nabla u).\nabla v + v(\beta.\nabla u + \sigma u)\right]dx + \int_{\Gamma_q} \alpha uv d\gamma, \\ \langle l,v\rangle := \int_{\Omega} fvdx + \int_{\Gamma_q} gvd\gamma. \end{cases} \quad (3)$$

Апостеріорний оцінювач похибки (АОП) обчислюється як розв'язок наступної задачі про похибку

$$\begin{cases} \textit{задано } u_h \in V_h;\ \textit{знайти } e := u - u_h \in E,\ V = E \oplus V_h,\ \textit{таку, що} \\ a(e,v) = \langle \rho(u_h), v\rangle \qquad \forall v \in E, \end{cases} \quad (4)$$

де

$$\langle \rho(u_h), v\rangle = \langle l,v\rangle - a(u_h,v).$$

Розв'язок дискретизованої задачі (4) шукаємо в скінченновимірному підпросторі $E_h \subset E$ у вигляді лінійної комбінації

$$e_h(x) = \sum_{K\in\Im_h} \lambda_K \phi_K(x). \quad (5)$$

Тут $\phi_K(x)$ – базисні функції апостеріорного оцінювача похибки, обиралися у вигляді $\phi_K(x) = 27L_1L_2L_3$, $\{L_i\}_{i=1}^3$ – барицентричні координати трикутника K.

Обчислення апроксимацій із наперед заданою точністю здійснюється h-адаптивним МСЕ, який базується на знаходженні поелементно визначеної апостеріорної оцінки похибки (5) і відшуканні таких трикутників $K \in \Im_h$, для яких величина індикатора

$$\eta_K := \sqrt{N}\frac{\|e_K\|}{\|u_h + e_h\|}100\% \quad (6)$$

перевищує заданий допустимий рівень TOL. Поділ знайдених трикутників виконується методом бісекції [3].

Критерій адаптування (6) націлено на досягнення рівномірного розподілу похибки по скінченних елементах $\square_h$.

Числові результати. Розв'язувався тестовий приклад [4]

$$-\Delta u = f \quad в \quad \Omega = (0,1)\times(0,1), \quad u = 0 \quad на \quad \partial\Omega$$

з точним розв'язком $u(x) = \left[1 + e^{20(x+y)-25}\right]^{-1}$.

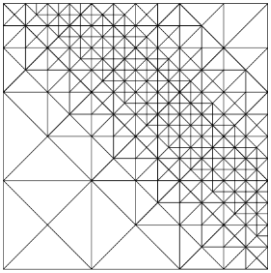
Початкова сітка складалася з 36 скінченних елементів, допустимий рівень похибки TOL складав 1%. Результати h-адаптивного згущення наведено в табл. 1, а в табл. 2 такі ж результати для рівномірного згущення. Тут i - номер кроку, Nod - кількість вузлів, $Card$ - кількість скінченних елементів, ε_h, $\varepsilon = \frac{\|e\|}{\|u\|}100\%$ - відносні похибки, p_h, $p = 2\ln\left(\frac{\|e\|_i}{\|e\|_{i+1}}\right) / \ln\left(\frac{Card_{i+1}}{Card_i}\right)$ - порядки збіжності, обчислені відносно оцінювача та абсолютної похибки відповідно. На рис. 1 наведена сітка на останньому кроці h-адаптивного алгоритму, що складається з 468 елементів, а на рис. 2 – графік наближеного розв'язку на цій сітці. Використання h-адаптування дозволяє отримати розв'язок з набагато меншими обчислювальними витратами.

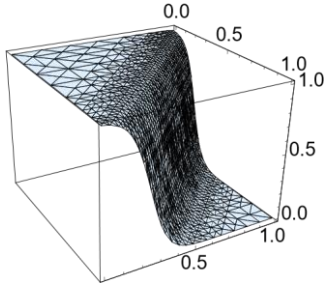
i	Nod	$Card$	□$_h$%	□%	p_h	p
1	85	36	6.314	24.947		
2	137	60	13.976	20.94	-3.15	0.69
3	229	104	5.941	14.854	3.07	1.25
4	343	158	3.489	10.332	2.51	1.74
5	591	280	1.611	8.794	2.7	0.56
6	973	468	0.812	2.044	2.65	5.68

Табл. 1

i	*Nod*	*Card*	□$_h$%	□%	p_h	*p*
1	85	36	6.314	24.947		
2	313	144	5.938	14.847	0.06	0.75
3	1201	576	1.062	2.799	2.46	2.41
4	4705	2304	0.317	0.825	1.75	1.76

Табл. 2





0.0

Рис. 1 Рис. 2

[1] *Наседкин А.В.* Теория и технология метода конечных элементов: курс лекций. – Ростов-на-Дону, 2011. — 203 с.

[2] *Савула Я.Г.* Числовий аналіз задач математичної фізики варіаційними методами – Львів: видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004.

[3] *Ostapov O. Yu.* Finite element adaptive refinement techniques for diffusionadvection-reaction problems / O. Yu. Ostapov, H. A. Shynkarenko, O. V. Vovk // Manufacturing Processes. Actual Problems-2013. – Opole : Politechnika Opolska. – 2013. – Vol. 1. – P. 31–46.

[4] *Weiwei Zhang, Yufeng Nie,Yuantong Gu.* Adaptive finite element analysis of elliptic problems based on bubble-type local mesh generation. Journal of Computational and Applied Mathematics 280 (2015) P. 42–58.

ЗАСТОСУВАННЯ AWS ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ASP.NET ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ

Галина Мечержак

Україна, Львів

Львівський національний університет імені Івана Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

galya.mech@gmail.com

Хмарні сервіси — це платформи та програми, які "живуть" і працюють на серверах спеціальних компаній - хмарних провайдерів. Ці програми не потрібно встановлювати на комп’ютер, а доступ до них можна отримати з будь-якої точки світу. Dropbox, Google Drive, iCloud - всі ми давно користуємось цими та схожими продуктами, навіть не усвідомлюючи, що вони розміщені у хмарах. Немає сенсу тримати файли на власному комп’ютері, набагато простіше зберігати дані та працювати з ними на зручних та захищених хмарних платформах.

Умовно всі види хмарних послуг можна поділити на три типи:

- Infrastructure as a Service (інфраструктура як послуга);
- Platform as a Service (платформа як послуга);

- Software as a Service (програмне забезпечення як послуга).

З поданого вище можна помітити, що усюди є приставка as a Service. Це означає, що всі види хмар надаються за моделлю підписки, тобто ви використовуєте їх тільки тоді, коли в них є необхідність.

Зважаючи на те, що основним інформаційним ресурсом людства є Інтернет, а більшість нової для себе інформації люди починають шукати саме на веб-сайтах, то розробка сайтів, які містили б якомога більше корисної інформації для користувача є однією з головних цілей роботи програміста. Для реалізації таких задач необхідне використання сучасних технологій веб розробки. У теперішній час однією з таких технологій є ASP.NET.

Як член платформи .NET, ASP.NET є дуже цінним інструментом для програмістів і розробників, оскільки дозволяє їм створювати динамічні, багаті веб-сайти та веб-програми, що використовують скомпільовані мови, зокрема C#.

Завдання даної роботи полягає в тому, щоб розгорнути вже існуючий ASP.NET веб-застосунок на AWS сервісах, який би містив багато корисної інформації для користувачів, які вирішили відкрити для себе Україну, побувати в місцях, де колись творилась історія, та для людей, які просто хочуть отримати насолоду від своєї подорожі. Сайт дає можливість дізнатись про цікаві місця, дізнатись думку про них від людей, які вже

відвідали їх, а також надає інформацію, як можна дістатись до цих місць

До основних технологій даної роботи належать:

AWS - це безпечна платформа хмарних послуг, що пропонує обчислювальні потужності, сховища баз даних, доставку вмісту та інший функціонал, який допомагає бізнесу масштабуватись і зростати.

EC2 (Amazon Elastic Compute Cloud) - це хмарний сервіс, що надає віртуальні сервера (Amazon EC2 Instance), 2 види сховищ даних, а так само балансувальник навантаження (Load Balancer).

За допомогою EC2 можна:

- створити Amazon Machine Image (AMI), який буде містити програми, бібліотеки, дані і пов'язані з ними конфігураційні параметри;
- завантажити AMI в Amazon S3. Amazon EC2 надає інструменти, для зберігання AMI;
- використовувати Amazon EC2 веб-сервіс для налаштування безпеки і мережевого доступу;
- вибирати тип(и) операційної системи, який необхідний, запустити, завершити, або контролювати кілька AMI в міру

необхідності, використовуючи API веб-сервісу, або різних інструментів управління, які передбачені;

- визначити необхідність працювати в декількох місцях, використовувати статичний IP або інші варіанти;

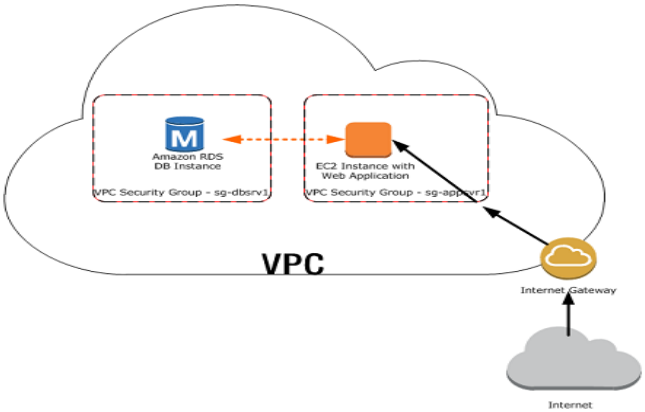
Elastic Load Balancing - автоматично розподіляє вхідний трафік додатків по декількох цілях, таких як екземпляри Amazon EC2, контейнери, IP-адреси та функції Lambda. Він може обробляти різну навантаженість трафіку програми в одній зоні або в декількох зонах доступності.

RDS (Amazon Relational Database Service) — це сервіс баз даних, який виноситься на окрему машину. Простіше кажучи, це окремі VPS сервери, оптимізовані для роботи з базами даних.

Amazon Cloud Watch використовується для моніторингу здоров'я (стану) переважно всіх сервісів AWS, включаючи стандартний моніторинг здоров'я серверів, доступність тих чи інших портів, сховище, роботу СУБД, місце на S3 і дуже багато всяких інших перевірок.

Amazon VPC (Virtual Private Cloud) - можна виділити логічно ізольований розділ хмари AWS, в якому можна запускати ресурси AWS у визначеній віртуальної мережі. Можна повністю контролювати своє віртуальне мережеве оточення, включно з вибором власного діапазону IP-адрес, створення підмереж і налаштувань таблиць маршрутизації і мережевих шлюзів.

На зображенні подана архітектура AWS VPC ASP.NET веб-застосунку:



Плюси використання служб AWS:

- Легкі у використанні.
- Це економічно вигідна послуга, яка дозволяє платити лише за те, що використовується, без будь-яких попередніх або довгострокових зобов’язань.
- Пропонує швидке розгортання.
- Загальна вартість дуже низька порівняно з будь-якими приватними серверами.
- Дозволяє розгортати свою програму в декількох регіонах світу.
- Amazon має високоефективні бази даних.
- Безпечні та надійні. AWS забезпечує безпеку, а також допомагає захистити конфіденційність, оскільки вона зберігається в центрах обробки

даних AWS. Інфраструктура AWS призначена для захисту даних незалежно від того, який розмір даних. AWS управляє найкращим рівнем безпеки, і це може бути причиною того, що користувачі довіряють AWS.

Запропоновану технологію AWS сервісів було реалізовано для створення веб-сайту EasyTravel, який би містив інформацію про цікаві місця України та такими функціями:

- реєстрація та вхід;
- можливість користувача переглядати список міст або місць, ознайомитись із детальною інформацією;
- можливість для авторизованих користувачів вказувати вподобання, залишати відгуки про відвідані місця чи міста, та давати їм свою оцінку;
- використання сторонніх сервісів для збільшення функціоналу, таких як BlaBlaCar;
- можливість користувача редагувати власні дані;
- можливість пошуку конкретного міста чи місця;
- можливість користувача бачити топ 4 міста в рейтингу;
- можливість отримання інформації, яка стосується прогнозу погоди конкретного міста(OpenWeather);

- можливість фільтрації для місць;
- можливість переглянути список найпопулярніших місць в Україні;
- отримання списку готелів для проживання, а також можливість бронювання або просто перегляду інформації про них;
- інтерактивний перегляд найпопулярніших місць на карті (використання Mapbox);
- можливість залишити відгук про сайт;
- отримання інформації щодо авіа в Україні;
- наявність мобільної версії;
- використання AWS технологій для покращення та модернізації веб-сайту, таких як EC2, Load Balancer, IAM, VPC, RDS, Cloud Watch.

Хмарні технології набули великої поширеності у сучасному світі. Я проаналізувала сервіси Amazon AWS. Також побудувала відповідник, до розробленої раніше архітектури на AWS компонентах. Знання, отримані окремо на курсах по базах даних, C#, AWS, мовах web-програмування, дуже корисно було поєднати в роботі.

Література

[1] https://docs.aws.amazon.com

[2] *Jeff Barr* Host Your Web Site In The Cloud

[3] *Uchit Vyas* Mastering Aws Development

[4] *Prabhakaran Kuppusamy* Uchit Vyas AWS Development Essentials

[5] https://habr.com/ru/post/138695/

ТОЧНІ РОЗВ'ЯЗКИ СПАРЕНОГО РІВНЯННЯ КДФ-БЮРГЕРСА МЕТОДОМ $\frac{G'}{G}$ - РОЗШИРЕННЯ

Кравчук О.М., проф. Притула М.М. - керівник Україна, Львів

Львівський національний університет

імені Івана Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

germiona18@gmail.com

В даній роботі продемонстровано знаходження трьох типів точних розв'язків спареного рівняння КдФ-Бюргерса методом $\frac{G}{G}t$ -розширення

та подано графічний аналіз розв'язків.

Розглянемо КдФ Бюргерса рівння [1] :

$u_t + puux + qu^2u_x + ru_{xx} - su_{xxx} = 0,\ qs > 0$ (1) Знайдемо його розв'язок методом $\frac{G}{G}t$ -розширення[2,3]. Дане рівняння досліджуємо використовуючи таку послідовність кроків.

Крок 1. Введемо змінну ξ та виконаємо таку заміну:

$u(x, t) = u(\xi),\ \xi = x - Vt,$ (2)

де V – константа, що відображає швидкість. Внаслідок даної заміни отримуємо звичайне диференціальне рівняння

$$V u^{j} + puu^{j} + qu^{2}u^{j} + rx - su^{jjj} = 0. \qquad (3)$$

Крок 2. Розв'язки рівняння (3) шукаємо у вигляді

$$u(\xi) = \sum_{i=0}^{m} a_i (\frac{G'}{G})^i, a_m \neq 0. \qquad (4)$$

Для знаходження m розглянуто однорідний баланс між u^2u' і u'''. Отримано $m = 1$. Отже розв'язок рівняння (3) буде мати вигляд

$$u(\xi) = a_1 \left(\frac{G'}{G}\right) + a_0, a_1 \neq 0 \qquad (5)$$

де $\left(\frac{G'}{G}\right)$ задовольняє звичайне диференціальне рівняння

$$G'' + \lambda G' + \mu G = 0 \qquad (6)$$

Крок 3. Підставляючи (4) у (2) та звівши члени біля однакових степенів $\left(\frac{G'}{G}\right)$, отримуємо многочлен від $\left(\frac{G'}{G}\right)$ у лівій частині рівності і прирівнюємо кожен коефіцієнт цього многочлена до нуля. В результаті отримаємо систему алгебричних рівнянь щодо параметрів $a_0, a_1, \mu, \lambda, V, p, q, s, r$.

$4 : 6sa_1 - qa_1^3 = 0$

$3 : 2ra_1 + 12sa_1\lambda - p\lambda_1^2 + q(-a_1^3\lambda - 2a_0a_1^2) = 0$

$2 : Va_1 + 3ra_1\lambda + s(8a_1\mu + 7a_1\lambda^2) + p(-a_0a_1 - a_1^2\lambda) + q(-a_1^3\mu - 2a_0a_1^2\lambda - a_0^2a_1) = 0$

$1 : Va_1\lambda + r(2a_1\mu + a_1\lambda^2) + s(8a_1\lambda\mu + a_1\lambda^3) + p(-a_1^2 - a_0a_1\lambda) - q(2a_0a_1^2\mu + a_0^2a_1\lambda) = 0$

$0 : Va_1\mu + ra_1\mu\lambda + s(sa_1\mu^2 + a_1\mu\lambda^2) - pa_0a_1\mu - qa_0^2a_1\mu = 0;$

Крок 4. Розв'язавши вищенаведену систему отримуємо 8 розв'язків:
Розв'язки 1-2:

$$V = 0, \ \mu = \frac{-3sp^2 + 2qr^2}{24qs^2}, \ \lambda = 0,$$
$$a_0 = -\frac{p}{q} \pm \frac{r\sqrt{\frac{s}{q}}}{\sqrt{6}s} \quad a_1 = \pm\sqrt{\frac{6s}{q}} \qquad (7)$$

Розв'язки 3-4:

$$V = \frac{-3sp^2 + 2qr^2}{12qs} \quad \mu = 0,\ \lambda = 0,\ a_0 = \frac{-p}{2q} \pm \frac{\frac{r\sqrt{6s}}{q}}{6s},\ a_1 = \pm\sqrt{\frac{6s}{q}}, \tag{8}$$

Розв'язки 5-6:

$$\begin{gathered} V = 0,\ \mu = 0,\ \lambda = \pm\frac{\sqrt{-\frac{2(-3sp^2+2qr^2)}{3q}}}{2s},\ a_1 = -\sqrt{\frac{6s}{q}}, \\ a_0 = \frac{-p}{2q} - \frac{r\sqrt{\frac{6s}{q}}}{6s} \mp \sqrt{\frac{6s}{q}}\frac{\sqrt{\frac{-(2(-3sp^2+2qr^2))}{3q}}}{4s} \end{gathered} \tag{9}$$

Розв'язки 7-8:

$$\begin{gathered} V = 0,\ \mu = 0,\ \lambda = \pm\frac{\sqrt{-\frac{2(-3sp^2+2qr^2)}{3q}}}{2s},\ a_1 = \sqrt{\frac{6s}{q}}, \\ a_0 = \pm\sqrt{\frac{6s}{q}}\frac{\sqrt{\frac{-(2(-3sp^2+2qr^2))}{3q}}}{4s} - \frac{p}{2q} + \frac{r\sqrt{\frac{6s}{q}}}{6s} \end{gathered} \tag{10}$$

де p, q, s, r - довільні константи.

Наведено графіки раціонального, гіперболічного та тригонометричного розв'язків.

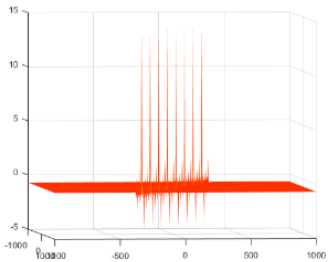


Рис. 1: Графік раціонального розв'язку (9)

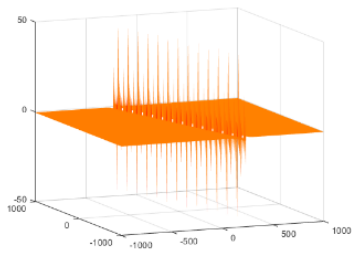


Рис. 2: Графік раціонального розв'язку (9)

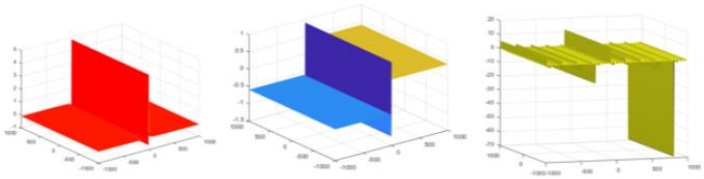


Рис 3: Графіки раціонального, гіперболічного та тригонометричного розв'язків (10)

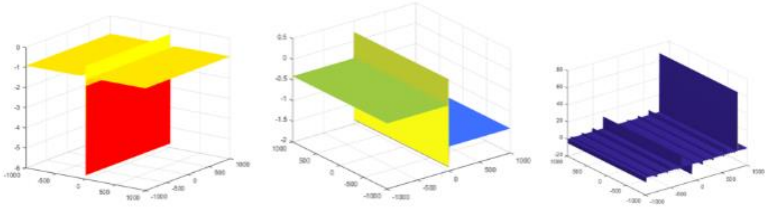


Рис 4: Графіки раціонального, гіперболічного та тригонометричного розв'язків (10)

Підставляємо розв'язки алгебричної системи у (4) та отримуємо гіперболічні, тригонометричні та раціональні розв'язки рівняння.

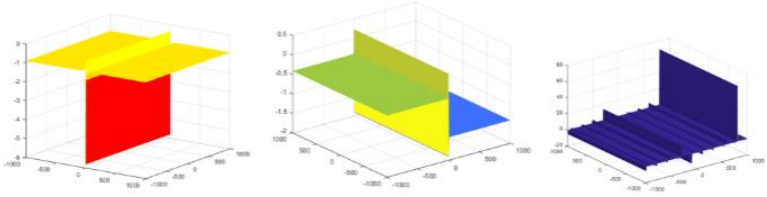


Рис 4: Графіки раціонального, гіперболічного та тригонометричного розв'язків (10)

Підставляємо розв'язки алгебричної системи у (4) та отримуємо гіперболічні, тригонометричні та раціональні розв'язки рівняння.

Література

[1] E. J. Parkes, B. R. Duffy Travelling solitary wave solutions to a compound KdV-Burgers equation // Department of Mathematics, University of Strathclyde, Glasgow, 1997

[2] M. Wang, X. Li, J. Zhang The (G'/G)-expansion method and travelling wave solutions of nonlinear evolution equations in mathematical physics // Phys. Lett. A, №372, 2008, C. 372–417.

[3] О.М. Кравчук, Притула М.М Точні розв'язки одного класу нелінійних рівнянь в часткових похідних // Матеріали IX-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції "Сучасні інформаційні технології в економіці, менеджменті та освіті". - Львів, 2018. - С. 26

ПОБУДОВА КАРТ ГЛИБИНИ ДЛЯ ДВОВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Кравчук О. М. Україна, Львів

Львівський національний університет

імені Івана Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

germiona18@gmail.com

В даній роботі продемонстровано застосування архітектури Pix2Pix[1] для задачі побудови карти глибини з одного зображення.

1 Вступ

Архітектура Pix2Pix[1] була запропонована як загальне рішення для проблеми перетворення із одного зображення у інше. У [1] показано застосування Pix2Pix до таких задач комп'ютерного бачення: отри- мання зображень вулиці із сегментованих картинок, отримання зо- бражень фасадів будинків із сегментованих картинок, перетворення чорно-білого зображення на кольорове, побудова карт із супутнико- вих знімків, перетворення фото, знятих вдень, на фото, зняті вночі, отримання кольорового зображення із контурів.

2 Архітектура мережі

В даній роботі архітектура Pix2Pix буде застосована для задачі побудо- ви карти глибини для зображення. За основу для архітектури мережі Pix2Pix взято умовну генеративну змагальну мережу (рис. 1). Гене- ратор тренується таким чином, щоб продукувати таку карту глибини яку дискримінатор визначить як справжню. В свою чергу дискримі- натор вчиться відрізняти генеровані карти глибини від справжніх. На вхід дискримінатору для тренування подається пара зображень: ко- льорове зображення і карта глибиини (генерована або справжня).

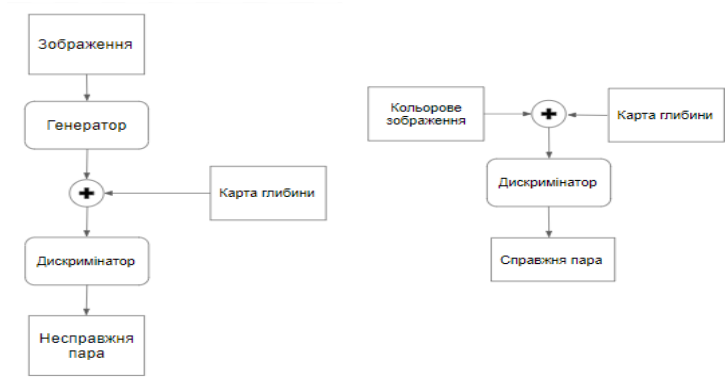


Рис 1: Архітектура мережі Pix2Pix для задачі побудови карти глибини

3 Дані

В якості даних для тренування та тестування було обрано датасет NYU Depth Dataset V2[2]. Цей набір даних містить пари RGBD фото, отри- маних за допомогою камери Microsoft Kinect. Оскільки камера може давати не повністю щільну карту глибини, NYU Depth Dataset V2 та- кож містить покращені, повністю щільні карти глибини для частини датасету. На вхід нейронній мережі подавалися зменшені зображення розміру 256x256 (рис. 2).

Рис 2: Зразок вхідних тренувальних даних: кольорове зображення та повністю щільна карта глибини

4 Тренування та результати

Тренування нейронної мережі відбувалось з використанням фреймвор- ка Tensorflow 2.0[3]. Тренування відбувалося 150 епох. Графік функції втрат для генератора зображений на рисунку 3.

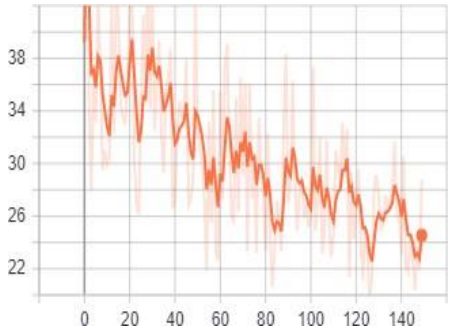


Рис 3: Функція втрат генератора Застосування натренованої мережі на тестових даних.

Рис 4: Вхідне зображення(зліва), результат, отриманий камерою Kinect(по центру), результат з використанням натренованої нейронної мережі (справа)

Література

[1] *P. Isola, J. Y. Zhu, T. Zhou, A. Efros* Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks // CVPR, 2017

[2] *N. Silberman, P. Kohli, D. Hoiem, R. Fergus* Indoor Segmentation and Support Inference from RGBD Images // ECCV, 2012

[3] www.tensorflow.org. - An end-to-end open source machine learning platform

КЛІЄНТ-СЕРВЕРНА СИСТЕМА ПОШУКУ ФОТОГРАФІВ З ВИКОРИСТАННЯМ VUE.JS ТА SIGNALR

Романчук Валентина Петрівна Україна,

Львівський національний університет імені Івана Франка,

факультет прикладної математики та інформатики

e-mail: valya.romanchuk3211@gmail.com

Актуальність. Фотобізнес в Україні дуже успішно розвивається, і найкращими комунікаційними каналами, через які фотографи пропонують свої послуги є особисті сторінки та Інстаграм профайли. Цього, як правило, достатньо для фотографів, проте не вистачає для потреб споживачів. Замовникам доводиться опиратись на рекомендації чи просту пошукову систему, що дає менший вибір. Вони не мають можливості відкрити сайт і обирати із тисячі фотографів, які будуть відповідати усім їхнім критеріям. У наш час веб-сайт – це зручний засіб спілкування, який може покращити комунікацію та надати сфері послуг нові можливості. Чому ASP.NET.Core? ASP.NET Core – новий, надійний і багатофункціональний фреймворк, який надає можливість розробки надшвидких API для веб-додатків. Він дозволяє зробити взаємодіючі в застосуванні об'єкти слабкозв’язними. Такі об'єкти пов'язані між собою через абстракції, наприклад, через інтерфейси, що робить всю систему більш гнучкою, адаптивною і, яку легко змінювати [2][3]. Тому було вирішено зробити на цій платформі веб-сайт, на якому буде легко і зручно вибирати фотографа. На цьому сайті можуть реєструватися фотографи та користувачі. Фотограф має можливість створити портфоліо з своїми фотографіями, а користувачі в свою чергу, можуть відзначати фотографії, які їм сподобались, зберігати їх та користуватися пошуком за містом і жанром зйомки. Також є можливість спілкування за допомогою форуму, використовуючи програмне забезпечення SignalR [1]. Для створення користувацького інтерфейсу використано Vue.js [4].

Література

1. Метаніт https://metanit.com/

2. Чамберс Дж. ASP.NET Core. Разроботка приложений / Дж. Чамберс, Д. Пэкетт, С. Тиммс. - Санкт-Петербург : Издательский дом "Питер", 2017. – 464 с.

3. ITVDN https://itvdn.com/ru

4. Vue.js https://vuejs.org/

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ УНІВЕРСИТЕТУ

Світлана Корольчук

Факультет прикладної математики та інформатики,

Львівський національний університет ім. Івана Франка,

Україна, Львів

lanawert@gmail.com

У сучасному суспільстві практичне застосування ІТ-технологій чітко займає передові позиції у різних сферах діяльності людини. Створюються все нові й нові застосунки, одним з яких є інформаційна система генерування наукових звітів.

Основна ідея даного веб-сервісу – полегшення робочого процесу оформлення документації науковцями закладів вищої освіти. На факультеті прикладної математики та інформатики вже давно виникала потреба у створені інформаційно-аналітичної системи, яка б систематизувала роботу науковців. Така система мала б забезпечити виконання таких завдань як генерування індивідуального наукового звіту викладача, наукового звіту працівників кафедри, підсумкового факультетського звіту про наукову роботу.

Для контролю та підвищення якості до кожного конкретного програмного про-

дукту застосовується аналітика з різними видами тестування. Що стосується даної системи, то вона тестувалась за правилами статистичної, мануальної методик тестування, оскільки автоматизовані скрипти не зможуть забезпечити якісне і приємне для ока користувача поєднання кольорів, передати відчуття балансу і комфорту, а також можуть упускатись деякі помилки, які легко будуть виявлені людиною (QA engineer). Логіка системи є досить складною, а тому тести проводились з метою побачити систему з середини, виявити функціонал, що працює неправильно, відчути чи програма зручна для використання, перевірити швидкодію логічного відгуку системи на дію користувача. Для цього застосовувалися наступні види тестування: функціональне тестування, Usability тестування; тестування інтерфейсу та тестування документації. Коротко розгянемо застосування згаданих видів тестування в інформаційній системі. Функціональне тестування. Здійснювався аналіз функціональної декомпозиції системи (бізнес-логіки) та перевірка на

невідповідності між реальною поведінкою реалізованих функцій і очікуваною поведінкою, відповідно до специфікації та вимог. Перевірявся функціонал кожної сторінки зокрема та загалом усього сайту. Usability тестування. Проводився тест системи на предмет естетичності, краси, корисності, зрозумілості, легкості та зручності у використанні користувачами, здійснювався пошук дефектів та покращення так званого юзабіліті системи схожим з діями користувача. Враховуючи те, що тестувальник знайомий з процесом оформлення та подання наукових звітів зсередини, то підготовка набору практичних дій, розробка детальних інструкцій користувача, повторюваність тестових завдань виявилися більш придатними до практичного застосування. Для цього не потрібно було проводити анкетування для збору та аналізу даних, зведення та інтерпретації результатів спостережень. Таким чином, можна стверджувати, що відбувалось тестування на основі досвіду, а кожен наступний тест вибудовувавсяся за результатами попереднього (так зване дослідне тестування).

Тестування інтерфейсу (UI). У даному випадку відбувся пошук дефектів графічного інтерфейсу (зовнішнього вигляду системи) користувача та перевірявся чи відповідає він GUI-специфікаціям. Тестувалось як різні елементи інтерфейсу (панель меню, діалоги, поля введення, списки, кнопки тощо) реагують на дії користувача; перевірялось, яким чином система реагує та опрацьовує вказівки користувача, що надійшли з клавіатури чи миші.

Тестування документації. Також було протестовано множину вимог докумен-

тації для коректної допомоги користувачам різного користувацького рівня. Застосовувався аналіз та технічні огляди для перевірки коректності, повноти та несуперечливості програмної документації, а також виявлення дефектів, пов’язаних з невірним розумінням вимог.

Для інформаційно-аналітичної системи була також проведена евристична оцінка для підвищення зручності її використання за допомогою основних методів евристичного оцінювання Якоба Нільсена [1]. Практично всі правила, наведені в них, з успіхом застосовуються в сучасних веб-ресурсах, що дає змогу зробити їх більш зручними й інтуїтивно зрозумілими для користувачів. На рис. 1 наведено діаграму питомої ваги різних видів тестування стосовно

покращення якості інформаційної системи.

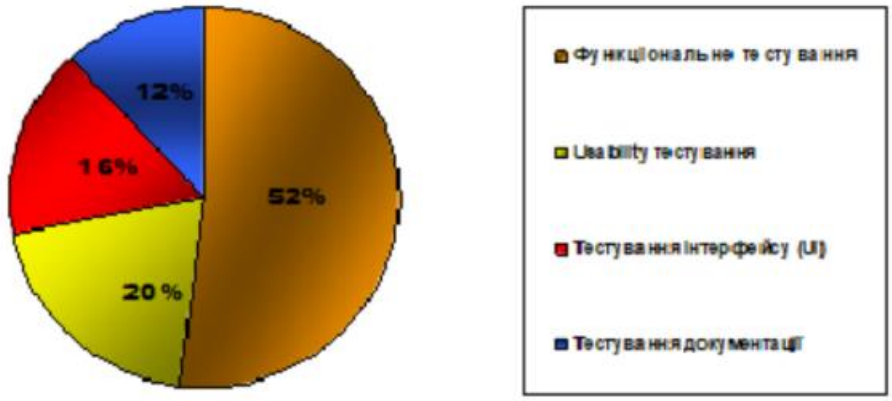


Рис. 1: Діаграма питомої ваги різних видів тестування стосовно покращення якості інформаційної системи генерування наукових звітів Отже, інформаційна система для генерування наукових звітів пройшла ряд тестувань у процесі яких були виявлені та виправлені недоліки її функціонування.

Комунікаційні елементи системи підлаштовані до світових стандартів за принципами однаковості. Переналагоджено взаємодію з користувачем, що зробило систему більш логічною і швидкою. Налагоджено систему попередження помилок. Надано можливість користувачеві підтвердження дій. Інструкції щодо використання системи діють за принципами легкодоступності і видимості. Відносна видимість дизайну системи відповідає стандартам естетичності та мінімалістичності. Таким чином, усі зміни, які були внесені за рахунок застосування методик контролю якості, до функцій системи, дозволили нам покращити якість даної інформаційної системи.

Література

[1] Нильсен Якоб, Лоранжер Хоа. Web-дизайн: удобство использования Web-сайтов. : Пер. с англ. – М. : ООО “И.Д. Вильямс”, 2009. – 368 с.

Чат-бот для комунікаціЇ з мережею розумних пристроЇв, організованих за концепцією інтернету речей

Роман Мулик

УкраЇна, Львів

Львівський національний університет імені Івана Франка

Факультет прикладноЇ математики та інформатики

work.mulykr@gmail.com

Зараз, як ніколи раніше, наше життя насичене інформаційними технологіями, які допомагають у найрізноманітніших сферах життя, не виключенням стало і побутове життя, у якому вони активно використовуються. Мабуть, кожен чув про розумний будинок, керувати речима у якому можна на відстані, через різноманітні інтерфейси, як

от Wi-Fi та Bluetooth. Таке рішення суттєво спрощує наше життя. Але дуже часто виробники розумних речей, надають можливість керувати такими пристроями, використовуючи програмне забезпечення лише свого виробництва. І виникає проблема: як зручно керувати кількома пристроями, якщо, скажімо, вони виготовлені різними виро-

бниками та не є інтегрованими для централізованого керування. На щастя, виробники переважно надають прикладний програмний інтерфейс (API) для взаємодіЇ з пристроєм, який розробники програмного забезпечення можуть використати для побудови власних застосунків, як альтернативу до ПЗ, запропонаваного виробником. Це відкриває широкий простір для маневру, оскільки, купуючи такий розумний пристрій, отримуємо повний доступ до керування ним, що й було використано при побудові концепціЇ.

Рішення, яке тут запропоноване, тісно пов'язане із використанням чат-бота, який є посередником між користувачем та пристроєм, який допомагає порозумітися людині та машині. Але оскільки люди спілкуються мовою, а машини розуміють команди, конвертувати нашу звичну мову у формат зрозумілий пристрою допоможе штучний

інтелект. Отож концепція полягає у керуванні множиною пристроЇв, використовуючи чат-бота, як централізовану точку керування. Саме чат-бот, а

не, наприклад, додаткова програма для смартфону, був обраний у якості точки доступу, тому що це не потребує додаткової інсталяції, бо, зазвичай, користувачі смартфонів уже мають встановлені клієнти для швидкого обміну повідомленнями, які підтримують чат-ботів. У конкретно цій реалізації було використано Telegram, проте це лише точка доступу, яку можна легко замінити на Skype, чи інші застосунки такого типу.

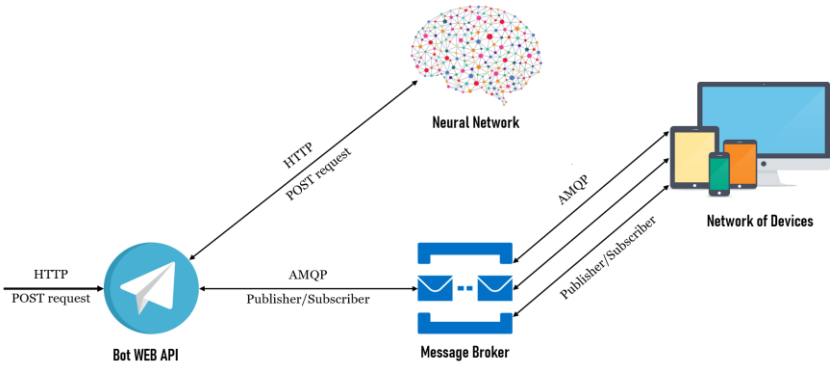


Рис. 1: Архітектура застосунку

Архітектура застосунку передбачає, що користувач взаємодіє лише з чат-ботом, далі відбувається виклик до нейронної мережі, основним завданням якої є розпізнати у написаному людиною тексті команду та передати її назад. Наступним кроком виконання є публікування цієї команди у певний розділ черги, на який пристрій є підписаним. Як тільки пристрій отримує команду - виконує її і відправляє повідомлення про статус виконання, а чат-бот надсилає користувачу цей статус. Якщо ж пристрій недоступний, користувач отримує відповідну інформацію про це. Таке рішення вдало поєднує цілу множину незалежних методів та технологій, щоб створити єдину централізовану точку керування пристроями. Крім того, така архітектура забезпечує ефективність та високу швидкодію застосунку вцілому, дозволяє керувати на відстані усіма пристроями, що мають відкритий API.

Література

[1] Samuel Greengard The Internet of Things (MIT Press Essential Knowledge series)

[2] Seth Manheim, Ralph Squillace Windows Azure Service Bus Reference

ОБЧИСЛЕННЯ N-ОГО ЧЛЕНУ ЛІНІЙНОГО ОДНОРІДНОГО РЕКУРЕНТНОГО РІВНЯННЯ

Жук Олег-Андрій

Україна, Львів

Львівський Національний Університет ім. Івана Франа Факультет прикладної математики та інформатики

2ndriy@gmail.com

Розглянемо лінійне однорідне рекурентне рівняння

$$a_n = \sum_{i=1}^{k} c_i a_{n-i},\ c_i = const,\ \forall i\ 0 \leq i < k\ a_i = const \qquad (1)$$

Необхідно обчислити значення a_n для певного заданого n.

Нехай вектор $d^{(n)}$ розмірності k – це такий вектор, для якого вико-нується властивість:

$$a_n = \sum_{j=0}^{k-1} d_j^{(n)} a_j \qquad (2)$$

$$a_n = \sum_{j=0}^{k-1} d_j^{(n)} a_j \qquad (2)$$

Згідно з властивістю (2), обчислення вектору $d^{(n)}$ дозволить обчислити значення a_n. Наведемо спосіб обчислення вектору $d^{(n)}$.

Оскільки значення a_i для i від 1 до k 1 відомі, значення векторів $d^{(i)}$ для i від 1 до k 1 визначимо наступним чином:

$$d_j^{(i)} = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ 1, & i = j \end{cases} \tag{3}$$

Оскільки результуючий вектор1, необхідно розмірності 2k ¾зменши-

ти¿ його розмірність за допомогою наступної рівності:

$$d_x^{(i)} = \sum_{i=1}^{k} d_{x-i}^{(i)} c_i \tag{6}$$

Згідно з (1):

$$d^{(k)} = \begin{pmatrix} c_{k-1} & c_{k-2} & \dots & c_0 \end{pmatrix} \tag{4}$$

Нехай відомі $d^{(i)}$ та $d^{(j)}$. Визначимо $d^{(i+j)}$ наступним чином:

$$d_x^{(i+j)} = \sum_{\substack{q=0 \\ q+r=x}}^{k-1} \sum_{r=0}^{k-1} d_q^{(i)} d_r^{(j)}, \ 0 \leq x \leq 2k-2 \tag{5}$$

Зазначимо, що довільне число n можна записати у двійковій системі числення, тому для знаходження значення вектора $d^{(n)}$ можна скористатись алгоритмом двійкого піднесення в степінь, розбивши n на суму степеней 2.

Виходячи з складностей обчислення $d^{(i+j)}$ та алгоритму двійкового піднесення в степінь, поданий алгоритм обчислення значення a_n, працює з складністю $O(k^2 \log n)$.

Література

[1] *Ю. В. Нікольський, В.В. Пасічник, Ю. М. Щербина.* Дискретна математика – Львів. 2017. – 432 с.

[2] Linear Recurrence and Berlekamp-Massey Algorithm [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://codeforces.com/blog/entry/61306

РЕАЛІЗАЦІЯ БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЙ НАД НЕЧІТКИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВІ КВАНТОВИХ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЕНЬ

Васьків Андрій, Пастущак Ольга

Україна, Львів

Львівський Національний Університет імені Івана Франка

Факультет Прикладної Математики та Інформатики
vaskiv.andrew@gmail.com, olyapastuschak@gmail.com

Робота присвячена вивченню та реалізації базових операції над нечіткими системами на основі квантових обчислень. Розглянуто дві основні теми: теорія квантових обчислень та теорія нечіткої логіки. Наведено одну з можливих реалізацій базового набору операцій на квантових комп'ютерах, вказано на переваги та недоліки такого підходу.

Нечітка логіка застосовується в задачах, для яких створення чіткої математично моделі неможливе або реконструкція моделі невигідна. Вона необхідна для опису невизначених явищ, які неможливо описати за допомогою класичної логіки, дозволяє знайти реакцію системи на зовнішні фактори, припускаючи, що вхідні дані нечіткі, а прийнята математична модель є невизначеною[1, ст. 77]. Багато зусиль було докладено для впровадження нечітких систем, але головними цілями залишаються висока швидкість, низьке споживання пам'яті та простота.

Теорія квантових обчислень, запропонована в 80-х роках XX ст., використовує властивості квантових систем. Концепція квантових бітів (кубітів) заснована на суперпозиції квантових станів. Ця концепція математично схожа на концепцію нечітких множин і пропонує новий спосіб реалізації нечіткої логіки з використанням методів квантових обчислень. Ключовою перевагою цього способу є економія: будь-яке нечітке твердження A можна представити за допомогою одного кубіта, тоді як представити це твердження класичним способом вимагає щонайменше 3-4 "класичних біти"[2].

Наведемо опис нечіткої логіки з точки зору квантової теорії інформації. Нечітка множина - це співвідношення з множини X на одиничний інтервал (1).

$$f = X \rightarrow [0,1] \qquad (1)$$

Будь-яку характеристичну функцію *f* над множиною *X* ми можемо пов'язати з квантовим станом (2).

$$|s_f\mathrm{i} = \bigotimes_{1\le i\le n} \mathrm{h} f(i)^{1/2}|0\mathrm{i} + ((1 - f(i))^{1/2})|1\mathrm{i}^{\mathrm{i}} \qquad (2)$$

Тобто ми встановлюємо кожен кубіт у квантовому регістрі певним чином, використовуючи функцію *f*. Коли наш регістр знаходиться в нульовому стані, *f* можна розглядати як унітарне перетворення над регістром, використовуючи квантовий вентиль (3).

$$U_{f(i)} = \begin{pmatrix} f(i)^{1/2} & -(1-f(i))^{1/2} \\ (1-f(i))^{1/2} & f(i)^{1/2} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Визначивши функцію належності на квантовому регістрі, ми можемо визначити базові операції нечіткої логіки. Операція NOT (доповнення) визначається як 1 — *f(i)*. Операція AND (перетин) визначається як $f(i) * g(i)$, а операція OR — як 1 — $f(i) * g(i)$. Перша операція реалізовується квантовим вентилем Pauli-X. Операція AND реалізовується квантовим вентилем Тоффолі T (4). Остання операція реалізована за допомогою перших двох NOT(AND(ψ , φ)) [3].

$$AND(|\psi\mathrm{i},|\varphi\mathrm{i}) = T(|\psi\mathrm{i} \otimes |\varphi\mathrm{i} \otimes |0\mathrm{i}) = |\psi\mathrm{i} \otimes |\varphi\mathrm{i} \otimes |\psi\varphi \oplus 1\mathrm{i} \qquad (4)$$

На основі вищезазначених базових понять квантових обчислень та нечіткої логіки, було реалізовано бібліотеку квантових операцій за допомогою предметно-орієнтованої мови програмування Q#. Також було реалізовано алгоритми нечіткого виведення, що використовують описані вище операції.

Література

1. *Антоненко В. М.* Сучасні інформаційні системи і технології: Управління знаннями: навчальний посібник / *В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогушина*. Ірпінь : Національний університет ДПС України, 2016. — 212 с.

2. *Amiri P. K.* Proposing a new approach to implementing Fuzzy Systems: Using Quantum Computational Methods / *P. K. Amiri, S. A. Shahdi*. — 2002. — Режим доступу до ресурсу: https://arxiv.org/vc/quantph/papers/0210/0210037v1.pdf.

3. *Mannucci M. A.* Quantum Fuzzy Sets: Blending Fuzzy Set Theory and Quantum Computation / *M. A. Mannucci*. — 2018. — Режим доступу до ресурсу: https://arxiv.org/abs/cs/0604064v1.pdf.

CP-РОЗКЛАД ТЕНЗОРІВ: ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ І ШИФРУВАННЯ ДЕКОМПОЗИЦІЄЮ

Євстигнеєв Борис Євгенович

Україна, Львів

Львівський Національний Університет імені Івана Франка

Факультет Прикладної Математики та Інформатики

molnerats@gmail.com

Доповідь на минулорічній конференції [1] була присвячена загальному огляду CP-розкладу тензорів за алгоритмом Alternating Least Squares. Тепер метою є розробка альтернативних підходів до декомпозиції, які би усунули головні недоліки ALS: можливість повільної швидкості збіжності та збіжності до локального мінімуму ([4], розд. 3.4).

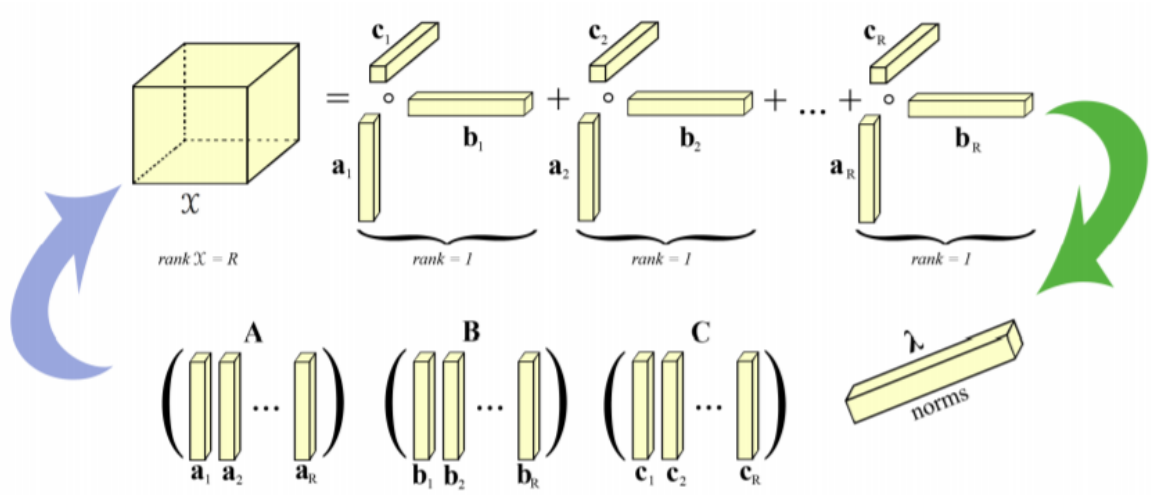


Рис. 1: Схематичний вигляд CP-декомпозиції та матриць розкладу

Цілочисельні тензори виникають у багатьох задачах, наприклад, при роботі з текстами: кластеризації (див. [1]) та шифруванні.

Нема потреби високоточного розкладу тензора $\mathcal{X}$, якщо його елементи належать множині цілих чисел. Достатньо такого наближення, за якого відновлений з декомпозиції тензор $\tilde{\mathcal{X}}$ після заокруглення набуде первісного вигляду. Для цього необхідно, щоби абсолютна похибка

не перевищувала половини мінімальної різниці між елементами:

$$2\,\varepsilon < \min_{i,\,j\,\in\,\mathcal{X}} |i-j|, \quad \varepsilon = \max|\tilde{\mathcal{X}} - \mathcal{X}|$$

Звідси слідує, що якщо $\mathcal{X} \in \mathbb{Z}^n$, то треба лише вимагати точність $\varepsilon < 0.5$. При цьому відновлений наближений тензор $\tilde{\mathcal{X}} \in \mathbb{R}^n$, але для отримання вихідного $\mathcal{X}$ достатньо застосувати заокруглення до цілого.

Практичні спостереження дозволили дійти висновку, що алгоритм ALS спершу покращує результат доволі швидко, а після досягнення певної точності прогрес значно уповільнюється. Обмеження точності розкладу для цілочисельних тензорів дозволяє суттєво збільшити швидкість отримання прийнятного результату на цьому класі задач. Більше за те, декомпозиція тензора із $\mathbb{Z}^n$ залишає можливість відновити його взагалі без похибки.

Генетичні алгоритми [2] є свого роду цифровою імітацією природного відбору. По суті це «розумний» варіант повного перебору, де значну роль відіграє випадковість. ГА належить до класу евристичних і володіє такими властивостями: **1.** можливість *вийти з локального екстремуму*; **2.** теоретично доведена *збіжність до глобального екстремуму* ([2], розд. 4.3); **3.** відсутність жодних гарантій щодо швидкості збіжності.

З погляду CP-розкладу цікава саме перша властивість, яка дає значну перевагу ГА над ALS. Також при застосуванні часто з'ясовується, що для досягнення того ж самого результату знадобляється менше ітерацій.

Одним із питань перед використанням генетичного алгоритму є визначення проміжку, на якому відбувається пошук розв'язку. З нормалізацією кожне число в матрицях CP-розкладу буде в межах $[-1, 1]$, а норми вважатимемо незмінними. Задача — мінімізувати абсолютну різницю між наближеним тензором $\tilde{\mathcal{X}}$, відновленим з декомпозиції, та оригінальним $\mathcal{X}$:

$$F = ||\tilde{\mathcal{X}} - \mathcal{X}|| \to \min_{\tilde{\mathcal{X}}}, \quad \tilde{\mathcal{X}} = \sum_{r=1}^{R} \lambda_r \, \mathbf{a}_r^{(1)} \circ \mathbf{a}_r^{(2)} \circ ... \circ \mathbf{a}_r^{(N)},$$

де $\mathbf{a}$ є векторами розкладу, λ — норми, R — заданий ранг тензора, N — кількість вимірів. Тоді $F = F(\{\mathbf{a}\}_i^{(j)})$. Кількість параметрів, згідно

з виглядом декомпозиції, дорівнює сумі вимірів, помноженій на ранг: $(I_1 + ... + I_N) \cdot R$ для тензора з $\mathbb{R}^{I_1 \times ... \times I_N}$.

Зазвичай ініціалізація ГА відбувається лише випадковими бітовими стрічками, але в нашому випадку необхідно звідкись взяти норми розкладу. Логічно пройти кілька ітерацій іншого алгоритму (CP-ALS) і взяти норми з нього. Отримане початкове наближення можна включити до початкової популяції, решту індивідів генеруючи випадково.

Зважаючи на здатність ГА виходити з локального мінімуму, хорошим варіантом було би розкладати тензор за ALS, доки цей алгоритм не «застрягне». Тоді є сенс переключитися на генетичний алгоритм і продовжити наближення до бажаної точності.

На основі наведених міркувань розроблено та реалізовано мовою MATLAB [5] власний алгоритм **GA-CP**, який підтвердив свою доцільність і працездатність.

У задачі **шифрування тексту** [3] застосовний CP-розклад тензорів. Нехай кожній літері алфавіту поставлено у відповідність її порядковий номер. Будь-який блок тексту можна записати як вектор заданої довжини (за необхідності доповнюючи його нулями), який у свою чергу можна переформатувати у вигляд тензора. Розкладемо його CP-декомпозицією, обов'язково виконуючи нормування. З огляду на цілочисельність, покладемо точність $\varepsilon = 0.4$.

Отримані матриці розкладу векторизуємо і конкатенуємо в один довгий вектор — він і буде зашифрованим текстом. Основним **ключем** вважатимемо **вектор норм**, що обчислюється в ході виконання програми. Він гарантовано буде *одноразовим*. Також ключами є розмірність та ранг тензора.

Для розшифрування тексту достатньо відновити вигляд матриць розкладу та, підставивши норми, скласти тензор, векторизувати його та заокруглити до цілого. Отримані натуральні числа знову переводяться до літер.

Запропонований шифр не є ні шифром заміни, ні перемішування, тому відповідні відомі підходи до його криптоаналізу не застосовні. Кінцевий алфавіт містить величезну кількість «символів» — чисел із проміжку $[-1, 1]$, узятих із певним дрібним кроком. Ще одна особливість — однаковий відкритий текст може дати різні шифротексти, оскільки декомпозиція тензору з невисокою точністю загалом не є єдиною. Це суттєво ускладнює криптоаналіз, зокрема такий, що відбувається на основі відомого відкритого тексту (див. [3], §7.3).

Література

[1] Борис Євстигнеєв. CP-декомпозиція тензорів і приклад її застосування. Тези доповіді на СНКПМКМ-2019, с. 10-12.

[2] Zbigniew Michalewicz. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs. ISBN 978-3-662-03315-9

[3] А. П. Алферов, А. Ю. Зубов, А. С. Кузьмин, А. В. Черемушкин. Основы криптографии. М.: Гелиос АРВ — 2002

[4] *Tamara G. Kolda, Brett W. Bader.* Tensor Decompositions and Applications. — Society for Industrial and Applied Mathematics, 2009, Vol. 51, No. 3, P. 455-500.

[5] MATLAB Programming. ©1984 - 2004 by The MathWorks, Inc.

OBJECT DETECTION Додаток

Калітовський Роман

Україна, Львів

Львівський національний університет ім.Івана Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

roman.kalitovskyy@gmail.com

Виявлення об'єктів – це складна задача для машинного навчання, яка включає в себе розпізнавання об'єктів на зображенні.

На даний час є багато способів для вирішення цієї проблеми, є безліч алгоритмів. Найкращим варіантом є використання так званих згорткових нейромереж (Convolutional Neural Network), оскільки ці мережі дуже добре працюють на однорідних об'єктах. Зокрема, мережа з архітектурою Mask R-CNN дозволяє виділяти на фотографіях контури ("маски"). Також варто згадати інші архітектури такі як: YOLO, перша нейромережа, що ідентифікувала об'єкти на зображенні в реальному часі на мобільних пристроях, SSD (Single Shot MultiBox Detector), використовує найкращі ідеї YOLO, з додаванням своїх, щоб працювати швидше і точніше, DeepLab, використовує сегментацію об'єктів на зображенні, а також забирає невеликі шуми в сегментації і покращує якість зображення.

Розпізнавання масок базується на CNN. Проект Matterport Mask R-CNN[1] забезпечує бібліотекою, яка дозволяє розробляти і тренувати Mask R-CNN Keras models для наших власних задач по виявленню об'єктів. Використання бібліотеки ускладнюється ретельним підбором і обробкою данних, але це дозволяє нейронній мережі навчатись швидше через передачу навчання краще навченим моделям для виявлення об'єктів, таких як MS COCO.

Отже перед нами стоїть задача виявлення певного об'єкту на зображенні і створення маски для нього. Варто уточнити, що маски поділяються на 2 типи: bounding box(обмеження об'єкта прямокутником)

і сигментація (попіксельне співвідношення до певного класу)

Ми будем використовувати спрощений варіант. Поставлену задачу можна поділити на декілька етапів:

Підготовка даних
Створення і навчання моделі

Оцінка моделі на тестовому наборі і перевірка на нових зображеннях

1. Підготовка даних полягаю в виборі набору фотографій, на яких розміщений на об'єкт і створенню відповідного xml файлу до кожної фотографії, в якому описані коорнати об'єка об'єктів. У першому прототипі я використовував готовий набір[2], але в подальшому планую зробити власний.

2. Створення моделі полягає в створенні власного класу з основною задачею якого, це завантаження даних (для тренування використовується приблизно 80% від всіх даних) і відповідне їх сортування і обробка. Тренування ж відбувається за допомогою моделі mask_rcnn_coco.h5, а саме з використанням її архітектури і ваг.

3. Ну і оцінка, розуміє під собою оцінення точності знаходження масок.

На даний момент було реалізовано, по аналогії з прикладами[3,4] знаходження об'єкта на фотографії. В планах реалізувати свій набір даних і знаходження декількох об'єктів різних класів.

Висновки. Було розроблено програмне забезбечення, з використанням глибокої нейромережі, для ідентифікації об'єктів з можливістю розширення функціоналу.

Література

[1] https://github.com/matterport/Mask R-CNN

[2] https://github.com/experiencor/kangaroo

[3] https://machinelearningmastery.com/how-to-train-an-object-detection-model-with-keras/

[4] https://www.youtube.com/watch?v=Rgpfk6eYxJA&t=371s

[5] An Introduction to Machine Learning with Python (O'Reilly) by *Andreas C. Mueller and Sarah Guido*. Copyright 2017 *Sarah Guido and Andreas Mueller*, 978-1-449-369415

[6] Deep Learning for Natural Language Processing *by Jason Brownlee.*

[7] Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. *Сергей Николенко, А. Кадурин, Екатерина Архангельская*

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗВИЧАЙНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТА ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ З ЧАСТИННИМИ ПОХІДНИМИ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Наталія Мищишин

Україна

Львівський національний університет імені Івана Франка

прикладна математика та інформатика

natamysh16@gmail.com

Вступ

Ми розглядатимемо роблему розв'язку ДР з різних сторін. Зокрема продемонструємо загальний метод розв'язання як звичайних диференціальних рівнянь, так і рівнянь з частинними похідними. Ідея полягає у конструюванні пробного (trial) роз'язку ДР як суми двох частин. У такому поданні перша частина задовольняє початкові, граничні умови і не містить регульованих параметрів. Друга частина побудована так, щоб не впливати на початкові / граничні умови. Ця частина передбачає використання нейронної мережі прямого поширення параметри якої (ваги і вектор зсуву) коригуються для мінімізації відповідної функції помилок.

Використання нейронної архітектури надає методу багато привабливих особливостей:

- Розв'язок, знайдений за допомогою ШНМ є диференційованим, поданий в аналітичному вигляді, що дає можливість легкого використання в будь-яких наступних розрахунках. Більшість інших методів пропонують дискретне вирішення проблеми (наприклад, предиктор-коректор, або методи Рунге-Кутта) або рішення з обмеженою диференціацією (наприклад, МСЕ).
- Необхідна кількість параметрів моделі є набагато меншою, ніж у будь-якому іншому підході, і тому розв'язки отримуються без великої затрати пам'яті.

- Метод є загальним і може бути застосований до ЗДР, систем ЗДР, а також до РЧП.
- Метод також може бути ефективно реалізований на паралельних архітектурах.

Постановка задачі

Для наочності сформулюємо запропонований підхід розв'язування ДР для наступного звичайного диференціального рівняння:

$$G(\vec{x}, \Psi(\vec{x}), \nabla\Psi(\vec{x}), \nabla^2\Psi(\vec{x})) = 0, \qquad \vec{x} \in D$$

з деякими граничними умовами (наприклад, Діріхле і / або Неймана), де $\vec{x} = (\mathrm{x}_1, \dots, \mathrm{x}_\mathrm{n}) \in \mathrm{R}^\mathrm{n}$, $\mathrm{D} \subset \mathrm{R}^\mathrm{n}$ визначає область і $\Psi(\vec{x})$ є шуканим розв'язком. Зазначимо, що запропонований підхід також може бути застосований до диференціальних рівнянь вищого порядку.

Для розв'язання вищезазначеного диференціального рівняння застосуємо метод коллокації, який дискретизує область D і її границю S на множину точок $\widehat{D}$ і $\hat{S}$ відповідно. Отримуємо наступну систему рівнянь:

$$G(\overrightarrow{x_i}, \Psi(\overrightarrow{x_i}), \nabla\Psi(\overrightarrow{x_i}), \nabla^2\Psi(\overrightarrow{x_i})) = 0, \qquad \forall\overrightarrow{x_i} \in \widehat{D}$$

з врахуванням граничних умов.

Якщо $\Psi_\mathrm{t}(\vec{x}, \vec{p})$ позначає пробний розв'язок з регульованими параметрами $\vec{p}$, то проблема перетворюється на:

$$\min_{\vec{p}} \sum_{\overrightarrow{x_i} \in \widehat{D}} G(\overrightarrow{x_i}, \Psi_\mathrm{t}(\vec{x}, \vec{p}), \Psi(\overrightarrow{x_i}, \vec{p}), \nabla\Psi(\overrightarrow{x_i}, \vec{p}), \nabla^2\Psi(\overrightarrow{x_i}, \vec{p}))^2$$

з врахуванням граничних умов.

У запропонованому підході пробний розв'язок використовує нейронну мережу прямого поширення та параметри $\vec{p}$, відповідають вагам і зсувам нейронної архітектури. Вибираємо форму для пробної функція $\Psi_\mathrm{t}(\vec{x})$ така, що за конструкцією задовольняє граничні умови. Це досягається шляхом написання його як суми двох величин:

$$\Psi_t(\vec{x}) = A(\vec{x}) + F\big(\vec{x}, N(\vec{x}, \vec{p})\big)$$

де $N(\vec{x}, \vec{p})$ є виходом мережі прямого поширення з параметрами $\vec{p}$ та n вхідних блоків, що подаються з вектором $\vec{x}$.

Алгоритм розв'язку диференціальних рівнянь за допомогою нейронної мережі

Отже, необхідно визначтити функцію енергії для ЗДР як мінімізацію такого функціоналу:

$$E[\vec{p}] = \sum_{k=1}^{K} \sum_{i} \left\{ \frac{d\Psi_{t_k}(x_i)}{dx} - f_k(x_i, \Psi_{t_1}, \Psi_{t_2}, \dots, \Psi_{t_K}) \right\}^2$$

Тоді загальна схема розв'язку виглядатиме наступним чином:

Крок 1: Дискретизація області та генерування навчальних даних.

Крок 2: Ініціалізація ваг та зміщень.

Крок 3: Презентування рандомно підібраних даних.

Крок 4: Обчислення функції енергії по відношенню до вхідних параметрів.

Крок 5: Адаптування параметрів.

Крок 6: Повторюємо кроки, починаючи з Крок 3 допоки бажаний мінімум енергії не буде досягнуто (має бути близький до нуля).

Крок 7: Обчислення вихідних значень мережі для заданої точки з області як апроксимацію розв'язку.

Для задач цього напрямку розглядаються глибокі, повністю зв'язані нейронні мережі прямого поширення.

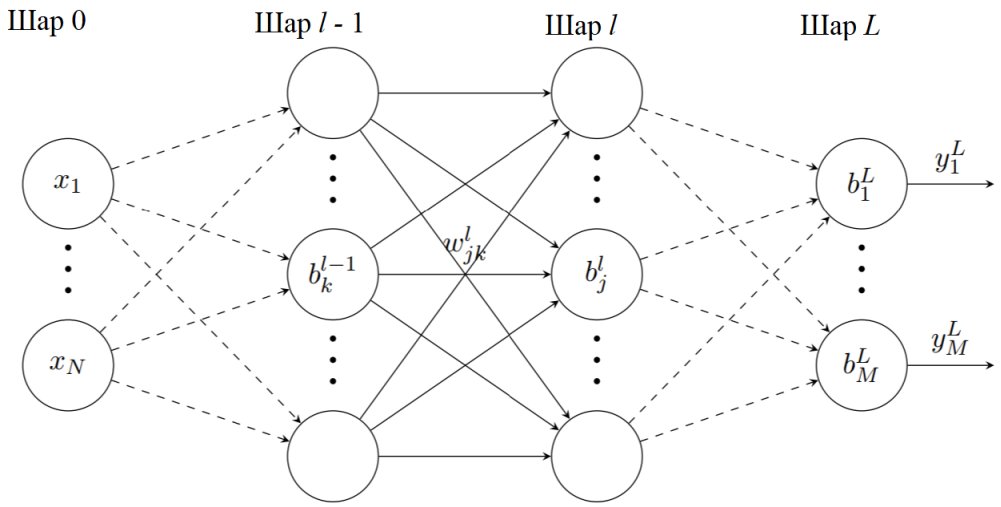


Рис. 1: Схематична презентація нейронної мережі прямого поширення.

Література

[1] *I. E. Lagaris* Artificial Neural Networks for Solving Ordinary and Partial Differential Equations / I. E. Lagaris, A. Likas and D. I. Fotiadis, 1997.

[2] *Modjtaba Baymani* Artificial Neural Networks Approach for Solving Stokes Problem / Modjtaba Baymani, Asghar Kerayechian, Sohrab Effati, 2010.

[3] *M. M. Chiaramonte* Solving differential equations using neural networks / M. M. Chiaramonte and M. Kiener, 2013.

[4] *Lee, H.* Neural algorithms for solving differential equations, Journal of Computational Physics / Lee, H. and Kang, I., vol. 91, pp. 110-117, 1990.

[5] *Yentis, R.* VLSI Implementation of Locally Connected Neural Network for Solving Partial Differential Equations / Yentis, R. and Zaghoul, M.E., IEEE Trans on Circuits and Systems-I, vol. 43, no. 8, pp. 687-690, 1996.

[6] *K. Hornik* “Multilayer feedforward networks are universal approximators” / K. Hornik, M. Stinchcombe, and H. White, Neural networks, vol. 2, no. 5, pp. 359–366, 1989.

[7] *Jens Berg* A unified deep artificial neural network approach to partial differential equations in complex geometries / Jens Berg and Kaj Nystr?om, 2018.

[8] *Mohsen Hayati* Feedforward Neural Network for Solving Partial Differential Equations / Mohsen Hayati and Karami Behnam, 2007.

[9] *Vikas Gupta* Understanding Feedforward Neural Networks / Vikas Gupta, 2017.

Реалізація 2D ігор з використанням відкритої графічної бібліотеки OpenGL

Горбань Андріан

Україна, Львів

Львівський національний університет

імені Івана Франка

Факультет прикладної математики і інформатики

horbanpiff@gmail.com

Комп'ютерна графіка знайшла широке поширення і застосування в повсякденному житті. Вчені Комп'ютерна графіка знайшла широке поширення і застосування в повсякденному житті. Вчені використовують комп'ютерну графіку для аналізу результатів моделювання. Інженери і архітектори використовують тривимірну графіку для створення віртуальних моделей. Кінематографісти створюють спецефекти або повністю анімовані фільми («Шрек», «Історія іграшок» та ін.). В останні роки широке поширення одержали також комп'ютерні ігри, які максимально використовують тривимірну графіку для створення віртуальних світів. Поширенню комп'ютерної графіки супроводжували свої труднощі. У 1990-х розробка програмного продукту, здатного працювати на великій кількості графічного обладнання, була пов'язана з великими часовими і фінансовими витратами. Було необхідно окремо створювати модулі для кожного типу графічних адаптерів, що часом призводило до розмноження однакового програмного коду. Це сильно гальмувало розвиток і поширення комп'ютерної графіки.

Silicon Graphics (SGI) спеціалізувалася на створенні високотехнологічного графічного обладнання та програмних засобів. Будучи в той час лідером в тривимірній графіці, SGI бачила проблеми і бар'єри в зростанні ринку. Тому було прийнято рішення стандартизувати метод доступу до графічної апаратури на рівні програмного інтерфейсу.

Таким чином з'явився програмний інтерфейс OpenGL.

OpenGL — (англ. Open Graphics Library — відкрита графічна бібліотека)— специфікація, що визначає незалежний від мови програмування крос-платформовий програмний інтерфейс (API) для написання застосунків, що використовують 2D та 3D комп'ютерну графіку. Цей інтерфейс містить понад

250 функцій, які можуть використовуватися для малювання складних тривимірних сцен з простих примітивів.

Існує ряд бібліотек, створених поверх або на додаток до OpenGL. Наприклад, бібліотека GLU, що є практично стандартним доповненням OpenGL і завжди її супроводжує, побудована поверх останньої, тобто використовує її функції для реалізації своїх можливостей. Інші бібліотеки, як, наприклад, GLUT і SDL, створені для реалізації можливостей, недоступних в OpenGL. До таких можливостей належать створення інтерфейсу користувача (вікна, кнопки, меню та ін.), настройка контексту малювання (область малювання, яку використовує OpenGL), обробка повідомлень від пристроїв введення/виведення (клавіатура, миша та ін.), а також робота з файлами. Зазвичай, кожний віконний менеджер має власну бібліотеку-розширення для реалізації вищеописаних можливостей, наприклад, WGL в Windows або GLX в X Window System, однак бібліотеки GLUT і SDL є крос-платформеними, що полегшує перенесення написаних додатків на інші платформи.

Отже, використовуючи програмне середовище Python та адаптації OpenGL для даної мови PyOpenGL та перечислені вище бібліотеки ми реалізуємо 2D гру матричного типу «2048».

Поставлену задачу можна поділити на декілька етапів:

1. Підготовка та базове уявлення ігрової логіки та графічного інтерфейсу
2. Реалізація ігрової логіки без використання графіки
3. Відображення гри користувачеві з використанням OpenGL

- Наша підготовка полягає в уявлені логіки гри, що вона повинна робити, як гравець починає гру та закінчує, яким буде наший інтерфейс, які текстури він буде містити. Також на даному етапі нам потрібно налаштувати відкриту бібліотеку PyOpenGL та вибрати інші допоміжні бібліотеки з сайту PyPi, зокрема: PyGame,

Pillow.

- Оскільки, підготувавшись, ми отримали уже певні уявлення як повинна виглядати гра, ми приступаємо до реалізації. При реалізації гри матричного типу “2048” очевидно, що нам потрібно працювати з матрицями. Реалізація ігрової логіки для цієї гри буде містити досить велику кількість функцій, зокрема переміщення об’єктів — чисел степеня

двійки, випадкове генерування об’єкта, як при початку гри, так і після переміщення, перевірка на пусті комірки в які ми можемо його вставити та інші.

- Реалізувавши логіку гри за допомогою OpenGL починаємо реалізацію графічного інтерфейсу, використовуючи примітиви, які у нашому випадку ідеально підходять для нашої гри. На етапі підготовки, ми зрозуміли як виглядатиме інтерфейс, він матиме матричний вигляд розміром 4x4, визначивши координати в просторі для кожної окремої комірки ми за допомогою примітивів відобразимо це на екрані, далі використовуючи підключені раніше бібліотеки ми завантажимо зображення та будемо використовувати як текстури, маючи примітиви та текстури ми задаємо положення текстури на екрані. Також за допомогою OpenGL ми зробимо взаємодію з користувачем за допомогою зчитування натисків клавіатури.

На цей час повністю реалізовано гру «2048». В планах реалізувати меню гри та добавити HD-текстури.

Висновк:. Було повністю розроблено ігрову логіку та інтерфейс гри за допомогою відкритої графічної бібліотеки OpenGL та програмного середовища Python

Література

[1] https://www.khronos.org/opengl/wiki/

[2] https://learnopengl.com/Getting-started/OpenGL

[3] https://habr.com/ru/post/310790/

[5] *Эл Свейгарт*. Учим Python, делая крутые игры.

John Kessenich, Graham Sellers, Dave Shreiner. **Opengl programming guide: the official guide to learning opengl, version 4.5 with spir-v**

БІБЛІОТЕКА З ВІДКРИТИМ КОДОМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВЕБ-САЙТІВ З ДИНАМІЧНИМИ СТОРІНКАМИ НА МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ C++

Лісовський Юрій

УкраЇна, Львів

Львівський національний університет імені Івана Франка

Факультет прикладноЇ математики та інформатики

yuralisovskiy98@gmail.com

Існує багато бібліотек для розробки веб-додатків на різних мовах програмування. Одні з найпопулярніших це Django [1], реалізований на мові Python [2], ASP.NET Core MVC [3] платформа .NET [4] та .NET Core. На мові програмування C++ [5] існують такі бібліотеки, як Boost.Asio [6] чи Qt [7], що дозволяють розробляти веб-програми, але вони не заточені саме під веб-сайти. Тому виникла ідея створити таку бібліотеку на мові програмування C++. За основу обрано програмний каркас (фреймворк) Django, оскільки, він має простішу архітектуру, ніж ASP.NET Core MVC.

У реалізаціЇ цієЇ бібліотеки використані принципи об'єктно орієнтованого програмування (ООП), а саме - наслідування, інкапсуляцію, абстракцію та поліморфізм. Базою бібліотеки є стек протоколів TCP/IP 4-Ї та 6-Ї версій, а також, аналізатор протоколу HTTP версії.

1.1. Для зберігання інформаціЇ про запит використовується HttpRequest. Для полегшення роботи з cookies, реалізовно поле з типом словника, яке містить Їх у вигляді [ключ(string): значення(string)]. Об'єкт даного класу зберігає інформацію про завантажені файли, які приходять

у запиті. Доступне ціле тіло запиту, на випадок, якщо аналізатор не зміг записати дані в якесь із доступних полів.

Запити мають певні обмеження, необхідні для того, щоб ускладнити DoS-атаки на сервер.

Для роботи із відповідями зі сервера реалізовні класи, які мають методи форматування інформаціЇ, яку містить відповідь: заголовки, які включають в

себе cookies (форматуються у такий спосіб, щоб бра-узер міг записувати Їх на клієнті), а також, тіло відповіді, наприклад,

html-сторінка, або JSON-файл. Для перехоплення запитів, за допомогою TCP/IP, реалізовано веб-сервер, який, спочатку аналізує запит, створює об'єкт зі запитом і

виконує функцію-перехоплювач (handler), де відбувається його обробка. Для цього було використано багатопотокову чергу.

Проект сайту поділено на модулі, кожен із яких має свою конфігурацію, контролери та шаблони URL, побудовані на основі параметризованих регулярних виразів, за якими перевіряється відповідністьURL, а також, команди, про які йтиме мова пізніше.

Конфігурація модуля це клас, наслідуваний від AppCong, який,у свою чергу, реалізує абстрактний клас IAppCong. Тут можна задавати шляхи (paths), за якими буде здійснюватися доступ до сайту, а також формувати відповідь двома способами. Перший із них вручну створити тіло відповіді, а другий створити шаблон (html-сторінку)

із вкрапленням певних тегів з правилами (кодом), які будуть проаналізовані та виконані ситемою рендерингу. View це основний клас для обробки запитів сайту. Він містить

віртуальні методи для обробки таких запитів: GET, POST, PUT, PATCH, DELETE, HEAD, OPTIONS та TRACE. Можна виконати додаткові налаштування перед обробкою запиту.

StaticView реалізовує обслуговуванням статичних та медіа файлів під час розробки. Але у робочій версіЇ сайту необхідно налаштовувати додаткове програмне забезпечення, наприклад, сервер Nginx [8]. TemplateView призначений для роботи із обробкою шаблонів. Вбудований двигун має готові методи для аналізу та інтерпретаціЇ шаблонів. При побудові такого шаблону є можливість вкраплювати код, подібний до C++, який буде проаналізовано і виконано. Для роботи із шаблонами є певні обмеження, оскільки, мова C++ не має вбудованих можливостей збору мета-даних про об'єкти. Реалізація вищенаведеноЇ схеми виконана за допомогою розробленоЇ системи об'єктів.

Команди можна додавати в конфігурацію модуля, а також, налаштовувати додавати параметри та перевіряти коректність Їхніх значень перед виконанням.

Для запуску веб-сервера (налаштування) розроблено клас Settings, який містить множину параметрів і має встановлені значення за замовчуванням для деяких із них.

Додатково, для зручності, розроблено методи для роботи з датою та часом, керування файлами, функціЇ для роботи із каталогами, система логування та утиліти для роботи з рядками символів та регулярними виразами.

Література

[1] Django: The Web framework for perfectionists with deadlines,

https://www.djangoproject.com/

[2] Мова програмування Python, https://www.python.org/

[3] ASP.NET Core MVC, https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/core/mvc/

[4] Платформа .NET, https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/

[5] Мова програмування C++, http://www.cplusplus.org/

[6] Boost.Asio C++ Library, http://think-async.com/Asio/

[7] Qt Framework, https://www.qt.io/

[8] Веб-сервер Nginx, https://nginx.org/

GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS. IMAGE GENERATION AND PROCESSING.

Ukraine, Lviv

Ivan Franko National University of Lviv

Faculty of Applied Mathematics and Informatics

Datskiv Oleh Liubomyrovych

olegdatskiv12@gmail.com

Introduction

In 2014, Ian Goodfellow and his colleagues at the University of Montreal published a paper introducing the world to GANs, or generative adversarial networks. Through an innovative combination of computational graphs and game theory they showed that, given enough modeling power, two models fighting against each other would be able to co-train through plain old backpropagation. Generative adversarial networks (GANs) provide a way to learn deep representations without extensively annotated training data. They achieve this through deriving backpropagation signals through a competitive process involving a pair of networks. The representations that can be learned by GANs may be used in a variety of applications, including image synthesis, semantic image editing, style transfer, image super-resolution and classification.

What are Generative Adversarial Networks ?

Generative Adversarial Networks (GANs) are an emerging technique for both semi-supervised and unsupervised learning. They achieve this through implicitly modelling high-dimensional distributions of data. Proposed in 2014 [1], they can be characterized by training a pair of networks in competition with each other. A common analogy, apt for visual data, is to think of one network as an art forger, and the other as an art expert. The forger, known in the GAN literature as the generator, G, creates forgeries, with the aim of making realistic images. The expert, known as the discriminator, D, receives both forgeries and real (authentic) images, and aims to tell them apart (see Fig. 1). Both are trained simultaneously, and in competition with each other. Crucially, the generator has no direct access to real images - the

only way it learns is through its interaction with the discriminator. The discriminator has access to both the synthetic samples and samples drawn from the stack of real images. The error signal to the discriminator is provided through the simple ground truth of knowing whether the image came from the real stack or from the generator.

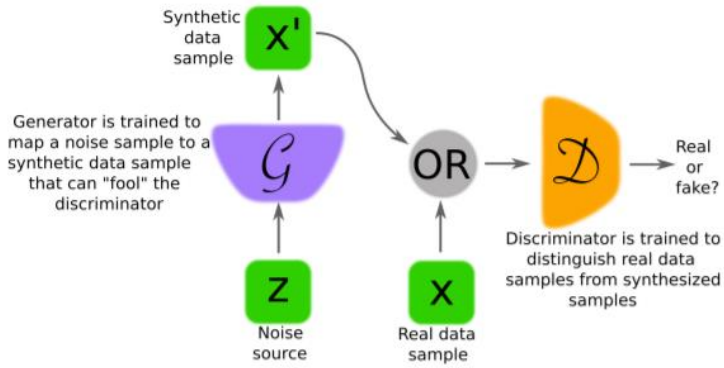


Fig. 1. In this figure, the two models which are learned during the training process for a GAN are the discriminator (D) and the generator (G). These are typically implemented with neural networks, but they could be implemented by any form of differentiable system that maps data from one space to another.

The networks that represent the generator and discriminator are typically implemented by multi-layer networks consisting of convolutional and/or fully-connected layers. The generator and discriminator networks must be differentiable, though it is not necessary for them to be directly invertible. If one considers the generator network as mapping from some representation space, called a latent space, to the space of the data, then we may express this more formally as $G : G(z) \rightarrow R|x|$, where $z \in R|z|$ is a sample from the latent space, $x \in R|x|$ is an image and $| \cdot |$ denotes the number of dimensions.

Experiments

I train GAN model for generating faces. The goals of this experiment are two. The first is to try to implement and experiment with different GANs architectures. The second is to test different approaches to assess the quality of the model.

My work is based on the Torch implementation of the DCGAN [7]. I use the recommended configuration for the DCGAN, which trains with the Adam optimizer [8] ($\beta1 = 0.5$, $\beta2 = 0.999$, $e = 10^{-8}$) with a learning rate of 0.0002 and a mini-batch size of 64 (samples drawn independently at each update step) during 25 epochs. The

output image size used as a baseline is 64 × 64. Also, I changed some layers and did different experiments. For a more detailed description of the model see Table 1.

Generator						Discriminator					
Operation	**Kernel**	**Stride**	**Filters**	**BN**	**Activation**	**Operation**	**Kernel**	**Stride**	**Filters**	**BN**	**Activation**
Concatenation	*Concatenate z and y' on 1st dimension*					Convolution	4×4	2×2	64	No	Leaky ReLU
Full convolution	4×4	2×2	512	Yes	ReLU	Concatenation	*Replicate y and concatenate to 1st conv. layer*				
Full convolution	4×4	2×2	256	Yes	ReLU	Convolution	4×4	2×2	128	Yes	Leaky ReLU
Full convolution	4×4	2×2	128	Yes	ReLU	Convolution	4×4	2×2	256	Yes	Leaky ReLU
Full convolution	4×4	2×2	64	Yes	ReLU	Convolution	4×4	2×2	512	Yes	Leaky ReLU
Full convolution	4×4	2×2	3	No	Tanh	Convolution	4×4	1×1	1	No	Sigmoid

Table 1. Detailed generator and discriminator architecture

Visually, the results of my experiments are shown in Fig 2. I generate fake faces with different emotions.

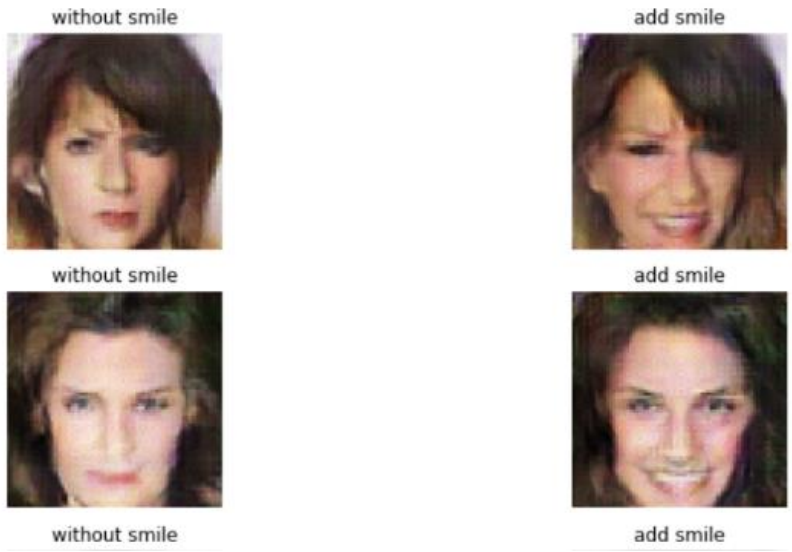


Fig. 2. Generated fake images with different emotions as output of GAN model.

References

1. I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. Warde-Farley, S. Ozair, A. Courville, and Y. Bengio, "Generative adversarial nets," in Advances in Neural Information Processing Systems, 2014, pp. 2672–2680.
2. Generative Adversarial Networks - https://arxiv.org/abs/1406.2661
3. Pose Guided Person Image Generation - https://arxiv.org/abs/1705.09368
4. Invertible Conditional GANs For Image Editing - https://arxiv.org/abs/1611.06355

5. Invertible Conditional GANs for image editing - https://arxiv.org/pdf/1611.06355.pdf
6. ActGAN - https://arxiv.org/pdf/2003.13840v1.pdf
7. A. Radford, L. Metz, and S. Chintala, "Unsupervised Representation Learning with Deep Convolutional Generative Adversarial Networks," International Conference on Learning Representations (ICLR), 2016.
8. D. Kingma and J. Ba, "Adam: A Method for Stochastic Optimization," International Conference for Learning Representations (ICLR), 2014. [Online]. Available: http://www.arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОСТУ РАКОВОЇ ПУХЛИНИ

Коваліско Ольга

Україна, Львів

Львівський національний університет

імені Івана Франка

Факультет прикладної математики і інформатики

olakovalisko@gmail.com

Рак - це група захворювань, що характеризується неконтрольованим ростом і поширенням аномальних клітин, що утворюють пухлину, яка руйнує найближчі клітини і тканини. Ракова пухлина містить і звичайні клітини. Їх злоякісна трансформація призводить до утворення ракових клітин. Розглянемо математичну модель ракової пухлини [6]. Врахуємо три типи клітин: Ракові (ті, що неперервно діляться) Здорові (нормальні) Відмерлі Нехай u_1 — кількість ракових клітин , u_2 — кількість здорових клітин, u_3—кількість відмерлих клітин. Отримаємо систему звичайних диференціальних рівнянь, що описує ріст пухлини:

$$(1)\begin{cases} \frac{du_1}{dt} = \mu_1 u_1 - \mu_1 u_1 u_3 - \gamma_1 u_1 u_3 - f_1(t) u_1; \\ \frac{du_2}{dt} = \mu_2 u_2 (1 - u_2) - \mu_2 u_2 u_3 - \gamma_2 u_1 u_2 - \gamma_3 u_2 u_3; \\ \frac{du_3}{dt} = (\gamma_2 u_1 u_2 + \gamma_1 u_1 u_3 + \gamma_3 u_2 u_3)(1 - u_3) - f_3(t) u_3. \end{cases}$$

Пояснення: У першому рівнянні: $\mu_1 u_1$ – швидкість «власного» росту ракові клітин; $\mu_1 u_1 u_3$ – шидкість, з якою відмерлі клітини витісняють ракові; $\gamma_1 u_1 u_3$ – швидкість, з якою відмерлі клітини інгібують ракові.

У другому рівнянні:

$\mu_2 u_2(1-u_2)$ - швидкість, з якою змінюється кількість здорових клітин; $\mu_2 u_2 u_3$ – швидкість,з якою відмерлі клітини витісняють здорові; $\gamma_2 u_1 u_2$ – швидкість,з якою ракові клітини інгібують здорові; $\gamma_3 u_2 u_3$ – швидкість, з якою загиблі клітини інгібують здорові;

У третьому рівнянні:

- Швидкість з якою збільшується кількість відмерлих клітин пропорційна наступному: $(\gamma_2 u_1 u_2 + \gamma_1 u_1 u_3 + \gamma_3 u_2 u_3)(1 - u_3)$;
- $(1 - u_3)$ - відображає те, що заповнення функціонального простору, який займають відмерлі клітини, відбувається за принципом: чим більше він наповнений, тим повільніше відбувається заповнення;

У (1) $\mu_1, \mu_2, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – додатні константи, що характеризують швидкість реакцій;

Невід'ємні функції $f_1 = f_1(t)$ $f_3 = f_3(t)$ – описують надходження хімічних препаратів, що впливають на швидкість росту ракових клітин і на швидкість накопичення відмерлих.

При цьому припускаємо, що швидкість відмирання ракових клітин пропорційна їх концентрації і концентрації хімічних препаратів. Це припущення відноситься також і до швидкості розпаду відмерлих клітин при дії на них хіміопрепаратів.

Як початкові умови будемо розглядати умови при $t = 0$, $u_1 = u^0{}_1$, $u_2 = 1$, $u_3 = 0$, де $u^0{}_1$ – мала величина. (2)

Ці початкові умови означають, що в початковий момент часу в функціональному просторі нормальних клітин (відмерлі клітини відсутні) виникає невелика кількість ракових клітин.

У даній роботі розроблено програмне забезпечення за допомогою математичного пакету MATLAB. Користувацький інтерфейс створено на мові C# з використанням Windows Forms. Для побудови графіків використовувалась бібліотека Live Charts.

Отримано числові розв'язки (та графіки до них) задачі Коші для системи звичайних диференціальних рівнянь (1)-(2).

Проведено обчислення (1)-(2) при наступних початкових умовах $u_1 = 0.01$,$u_2 = 1$,$u_3 = 0$ та значеннях констант

$\mu_1 = 0.7, \mu_2 = 0.7$,

$\gamma_1 = 0.4, \gamma_2 = 0.5, \gamma_3 = 0.2$

за відсутності лікування $f_1(t) = 0$, $f_3(t) = 0$

Отримано наступний графік:

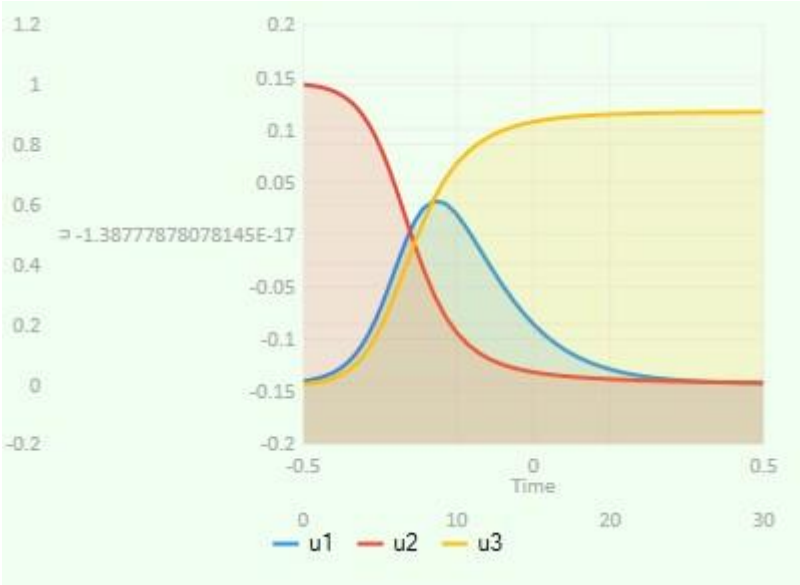


Рис. 1: Розподіл концентарцій з часом здорових клітин, ракових та відмерлих ракових клітин

Знайдено стаціонарні точки системи (1)-(2) з урахуванням медикаментозного втручання. Досліджено ці точки на стійкість методом Ляпунова.

Література

[1] ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ Сборник статей по материалам XIII международной научно-практической конференции

[2] Зюбанов: Диференціальні рівняння 2018

[3] An American Society of Clinical Oncology Journal

[4] Mathematical modelling of tumor growth / D. Grecu, A.S. Carstea,

A.T. Grecu, A. Viseinescu

[5] Рафаэль Лаос-Бельтра : «Математика жизни. Численные модели в биологии и экологии»

[6] https://sibac.info/conf/naturscience/xiii/35632

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МСЕ ДЛЯ ПРОСТОРОВИХ ЗАДАЧ ТЕОРІЇ ПРУЖНОСТІ

Ольга Соляр

Україна, Львів

Львівський національний університет

імені Івана Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

solyarolya@gmail.com

Метод скінченних елементів (МСЕ) – потужний засіб для чисельного розв'язування задач у механіці конструкцій, залишається одним із найбільш вживаних методів для дослідження складних систем. З використанням цього методу розв'язується просторова задача лінійної теорії пружності. Наведено слабке формулювання задачі у вигляді варіаційного рівняння в гільбертовому просторі. Для розв'язування цього рівняння застосовано метод скінченних елементів з білінійними та біквадратичними базисними функціями на призматичних елементах [1],[2]. На *C#* розроблено програмне забезпечення, що реалізує цей алгоритм. Числову ефективність застосованого методу досліджено для задачі про деформацію під дією рівномірно розподіленого зовнішнього навантаження пружного прямокутного паралелепіпеда, жорстко закріпленого вздовж лівої бічної грані(рис.1)

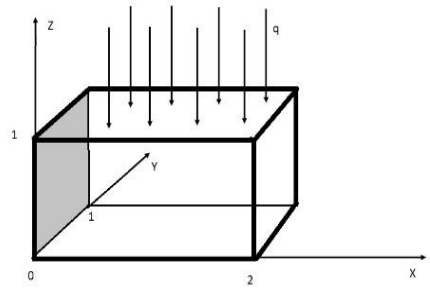


рис.1

Висота паралелепіпеда дорівнює 1, довжина – 2 , ширина – 1. Механічні властивості матеріалу: модуль Юнга E, коефіцієнт Пуассона ν = 0,3. Інтенсивність зовнішнього навантаження q = 0,01E. Досліджено вплив згущення скінченноелементних сіток та підвищення порядку апроксимації на

числові розв'язки. На рис.2 зображено графіки безрозмірного напруження $\sigma^*_{xz} = \frac{\sigma_{xz}}{E}$ в перерізі x =0,25,y =0,5.

1

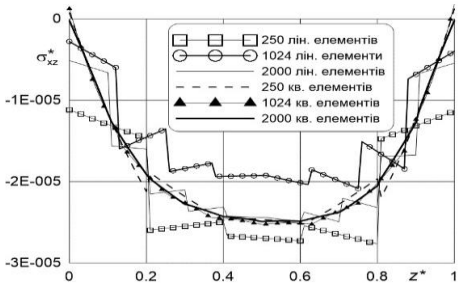


рис 2.

Отже, використання біквадратичних призматичних елементів значно покращує результати для напружень.

Література

[1] *Зенкевич О. К. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир,1975, – 541 с.*

[2] *Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Наука,1975. –392 с.*

Метод граничних елементів для задач розподілу електростатичного потенціалу

Фай Василь

Україна, Львів

Національний університет ім. Івана Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

vasylfay@gmail.com

У даній роботі представлено програмну реалізацію в середовищі MATLAB методу граничних елементів(МГЕ) для розв'язування задач розподілу електростатичного потенціалу з використанням кусково-лінійних апроксимацій цього методу.

Просторовий розподіл електричного потенціалу φ у напівпровіднику можна знайти шляхом розв'язку рівняння Пуассона

$$\Delta\varphi = -\frac{1}{\varepsilon\varepsilon_0}\rho(\vec{r}), \tag{1}$$

де ε – відносна діелектрична проникність матеріалу, ε_0 – електрична постійна, $\rho(r)$ - густина об'ємного заряду, який визначається зарядом іонізованих домішок та вільними носіями. Для випадку невиродженої статистики вільних носіїв заряду

$$\rho(r) = -e\left[n_0 \exp\left(\frac{e\varphi}{kT}\right) - p_0 \exp\left(-\frac{e\varphi}{kT}\right) + N_A - N_D\right], \tag{2}$$

де n_0, p_0 – концентрації вільних електронів та дірок за умови відсутності поверхневого заряду, N_A, N_D – концентрації іонізованих акцепторів та донорів.

Рівняння (2) необхідно доповнити двома граничними умовами. Перша з них випливає із умови симетрії (посередині між порами потенціал повинен досягати екстремуму), а друга задає нормальну складову напруженості електричного поля на поверхні пори радіуса r^0.

$$\left.\frac{d\varphi}{dr}\right|_{r=R} = 0 \tag{3}$$

$$\left.\frac{d\varphi}{dr}\right|_{r=r^0} = -\frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0} \tag{4}$$

Далі, розклавши експоненту в ряд, одержимо рівняння:

$$\Delta\varphi = \frac{e^2\left(n_0 + p_0\right)}{\varepsilon\varepsilon_0 kT}\varphi, \tag{5}$$

в якому враховано умову електронейтральності в об'ємі напівпровідника (без впливу ефекту поля) при повній іонізації домішок:

$$n_0 - N_A - p_0 + N_D = 0 \tag{6}$$

Задачу (3)-(5) можна записати у наступному загальному вигляді:

$$\Delta\varphi - k^2\varphi = 0 \tag{7}$$

$$\left.\frac{d\varphi}{dr}\right|_{r=r^0} = \psi \tag{8}$$

$$\varphi|_{r=R} = g \tag{9}$$

В підсумку, ми отримали крайову задачу для рівняння Клейна - Гордона. Далі розглянемо зведення цієї крайової задачі до системи інтегральних рівнянь

Розв'язання задачі (7)–(9) еквівалентне розв'язанню інтегрального рівняння вигляду:

$$\varphi(x) = \tilde{V}\psi(x) - \tilde{K}g(x) \quad \text{для всіх } x \in \Omega \tag{10}$$

Інтегральне рівняння (10), врахувавши граничні умови, можливо звести до наступної системи інтегральних рівнянь:

$$g = V\psi(x) - \left(K - \frac{1}{2}\right)g \tag{11}$$

$$\psi = \left(P + \frac{1}{2}\right)\psi + Wg \tag{12}$$

тут V - потенціал простого шару, K - потенціал подвійного шару, P - спряжений оператор до K, W - гіперсингулярний оператор

Для розв'язання системи інтегральних рівняння використаємо метод Гальоркіна [1].

Числові результати

Для перевірки роботи програмного забезпечення розглянемо наступну тестову задачу:

$$\Delta\varphi - \varphi = 0 \text{ в } \Omega \tag{13}$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial n} = -\frac{1}{2\pi}K_1(|x-y|)\frac{(y-x)\cdot\vec{n}}{|x-y|} \text{ на } \Gamma_N \tag{14}$$

$$\varphi = \frac{1}{2\pi}K_0(|x-y|) \text{ на } \Gamma_D \tag{15}$$

тут K_0 - модифікована функція Бесселя другого роду, K_1 - функції Бесселя другого роду першого порядку, $\vec{n}$ - вектор зовнішньої нормалі, який можна записати у наступному вигляді $\vec{n} = \cos\alpha \cdot \vec{n_x} + \cos\beta \cdot \vec{n_y}$.

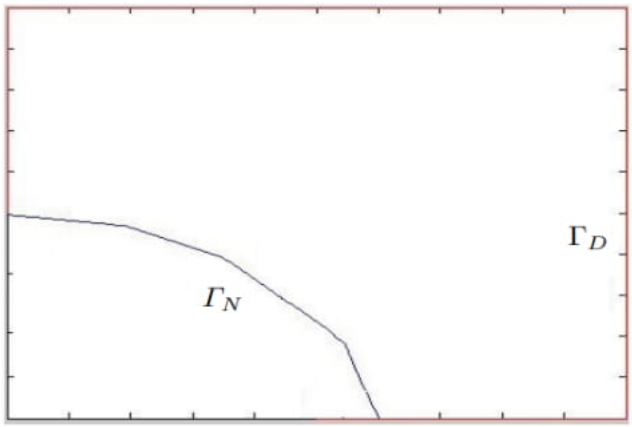


рис 1. Задана область Ω

Елементів	(0.5, 0.5)	(1, 1)	(1.5, 1.5)	(2, 2)
8	0.215158	0.325386	0.284197	0.246747
16	0.065152	0.008986	0.009127	0.008147
32	0.009418	0.006186	0.006999	0.006889
64	0.006141	0.004969	0.006588	0.006017

Табл. 1: Результати роботи методу

Література

[1] *O.C. Zienkiewicz, J. Z. Zhu* A Communications in Applied Numerical Methods, 1988

[2] *Л.С. Монастирський, І.Б. Оленич, Б.С. Соколовський* Моделювання розподілу електростатичного потенціалу у поруватому кремнії, Львівський національний університет імені Івана Франка, 2016

FINANCIAL FORECASTING USING MACHINE LEARNING

Ivan Lasiichuk

Ukraine, Lviv

Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine,

Faculty of Applied Mathematics and Informatics;

University of L'Aquila, Italy,

Dep. of Information Engineering, Computer Science and Mathematics

ivan.lasiichuk@gmail.com

Natural Language Processing (NLP) is a sub- eld of arti cial intelli-gence that deals with understanding and processing human language. In light of new advancements in machine learning, applying natural language processing for nancial forecasting is getting more popular. We decided to apply classi cation algorithms to predict the ups and downs of the stock price using news titles.

We combined two techniques for text processing. The rst one is based on Justin Martineau, and Tim Finin's paper "Delta TF.IDF: An Improved Feature Space for Sentiment Analysis" [1] and the second is the work of Facebook AI Researchers P. Bojanowski, E. Grave, A. Joulin and T. Mikolov "Enriching Word Vectors with Subword Information"[2].

The stock price dataset in our research is collected from the Nasdaq Stock Market[3], also known as Nasdaq, is an American stock exchange located at One Liberty Plaza in New York City. It is ranked second on the list of stock exchanges by market capitalization of shares traded. As a news source[4], we use data, that were crawled historical news headlines from Reddit WorldNews Channel (/r/worldnews). They are ranked by Reddit users' votes, and only the top 25 headlines are considered for a single date.

Our goal is improving the performance of the machine learning clas-si cation problem. The biggest problem in our work is to transform news titles to representation based on which we could make an accurate predic-tion.

The idea, which we are going to explore is to use precalculated words embeddings(e.g. FastText team), to compute Delta TF.IDF for all news ti-tles, sum all the words vectors of each title with the weights Delta TF.IDF, and use it as an input for classi cation problem to predict stock behavior.

References

[1] Delta TF.IDF: An Improved Feature Space for Sentiment Analysis // Justin Martineau, and Tim Finin, University of Maryland - 2009

[2] Enriching Word Vectors with Subword Information // Piotr Bojanowski* and Edouard Grave* and Armand Joulin and Tomas Mikolov, Facebook AI Research - 2016

[3] NASDAQ and NYSE stocks histories // https://www.kaggle.com/qks1lver/nasdaq-and-nyse-stocks-histories

[4] Daily News for Stock Market Prediction // https://www.kaggle.com/aaron7sun/stocknews

Чисельні дослідження
Динаміки популяцій

Тиміцька Оля

Україна, Львів

Національний університе імені Івана Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

olenatymitska@gmail.com

У даній роботі в якості методу дослідження використовується математичне моделювання. Цінність даної курсової роботи полягає у дослідженні взаємодії популяцій. Будь-які популяції існують у взаємодії з оточенням. У популяційній динаміці прийнято класифікувати взаємодії за їх результатами. Найбільш поширеними і добре вивченими є взаємодії конкуренції – (коли чисельність кожного з видів у присутності іншого зростає з меншою швидкістю), симбіозу ++(коли види сприяють зростанню один одного) і типу хижак-жертва або паразит-господар +- (коли чисельність виду жертви в присутності виду хижака росте повільніше, а виду хижака – швидше). В природі також зустрічаються взаємодії, коли один з видів відчуває присутність іншого, а інший-ні (аменсалізм і коменсалізм), або види нейтральні. Нехай x-число жертв, y- число хижаків. α_i-коефіцієнти власної швидкості росту видів, c_i-константи самообмеження чисельності(всередині видової конкуренції), b_i-константи взаємодії видів $(i,j=1,2)$. Тоді:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \alpha_1 x + b_{12} xy - c_1 x^2 \\ \dot{y} &= \alpha_2 y + b_{21} xy - c_2 y^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Симбіоз	+	+	$b_{12}, b_{21} > 0$
Коменсалізм	+	0	$b_{12} > 0$,$b_{21} = 0$
Хижак-жертва	+	-	$b_{12} > 0$,$b_{21} < 0$
Аменсалізм	0	-	$b_{12} = 0$,$b_{21} < 0$
Конкуренція	-	-	b_{12} ,$b_{21} < 0$
Нейтралізм	0	0	b_{12} ,$b_{21} = 0$

Табл1. Класифікація типів взаємодій в термінах параметрів рівнянь (1).

Перша модель, яка описує динаміку чисельності двох популяцій, що взаємодіють за принципом хижак-жертва, була запропонована А. Лотка (1925) і Віто Вольтерра (1931) : $\dot{x} = ax\text{-}bxy$, $\dot{y} = -cy{+}dxy$ (2)
,x і y - чисельності популяції жертви і хижака відповідно, a– швидкість розмноження популяції жертви за відсутності хижака, b - питома швидкість споживання популяцією хижака популяції жертви при одиничній чисельності обох популяцій, c – природна смертність хижака, d/b – коефіцієнт переробки спожитої хижаком біомаси жертви у власну біомасу. Система (2) залежить від чотирьох параметрів. Заміною змінних $x = \frac{a}{d}u, y = \frac{a}{b}v, t = \tau/a$ приходимо до системи рівнянь $\dot{u} = u - uv, \dot{v} = -\gamma v + uv$,що містить лише один параметр $\gamma = c/a$. Результат дослідження системи в першому квадраті фазового простору загальновідомий. сідло- і точка (u=,v=1)- центр. В даній роботі ви-

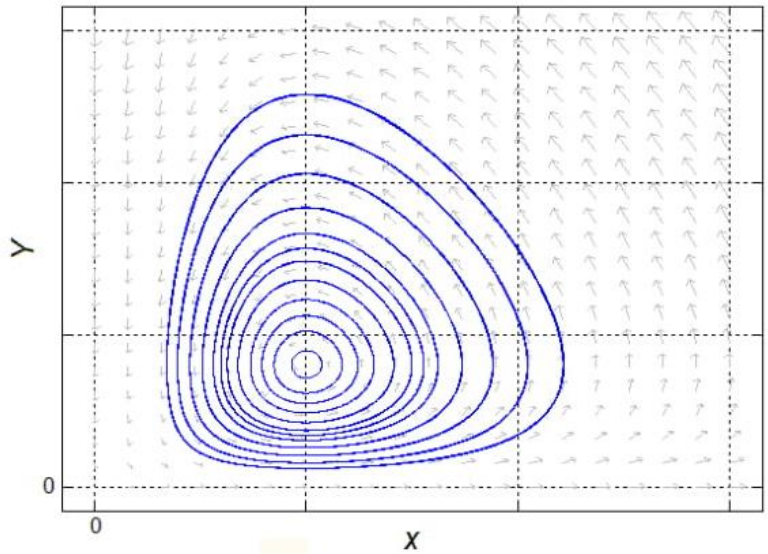
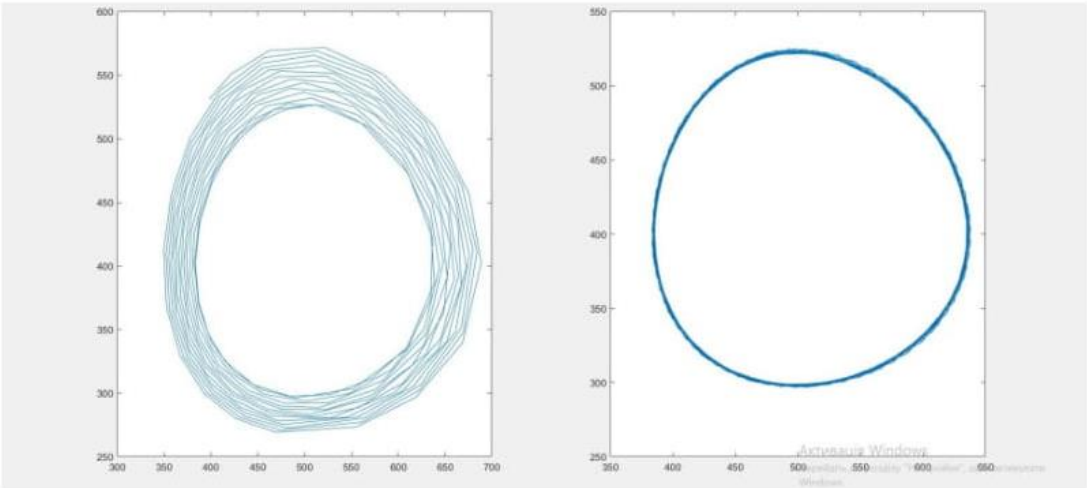


Рис. 1: Фазовий портрет системи хижак-жертва. Рівновагами системи є початок координат-сідло- і точка $(u = \gamma, v = 1)$- центр.

користовуються функції ode15s, ode23s, ode45 математичного пакету MATLAB для побудови графіків та фазових портретів системи рівнянь. Проведемо обчислення системи (2) при $a = 0,8, c = 1,0, b = d = 0,002$ і початковій кількості жертв і хижаків, рівній, відповідно, 500 і 525. Нижче графік програми, яка будує фазові портрети для двох варіантів розв'язку- з вирішувачами ode15s і ode23s:



Зауважимо, що хоча при дослідженні системи (1) і в подальшому при дослідженні всіх її модифікацій біологічний сенс мають тільки додатні і кінцеві значення змінних, але часто буває корисним знати характер динамічної поведінки системи при від'ємних і прямуючих до нескінченності значень змінних.

Література

[1] БАЗЫКИН : Нелинейная динамика взаимодействующих популяций (2003).pdf

[2] Aitziber Ibanez : Optimal control and turnpike properties of the Lotka Volterra model

[3] 3. Соколов СВ : модели динамики популяций

КОНСТРУЮВАННЯ ТОНКИХ ОБОЛОНОК У ВИГЛЯДІ РІЗНИХ ПОВЕРХОНЬ МОНЖА

Іллічова Т.А.

УкраЇна, Львів

Львівський національний університет ім.Івана Франка,

факультет прикладної математики та інформатики

tetianaillichova@gmail.com

У сучасному світі велику роль відіграє будування. Важко уявити світ без будинків, мостів, машин чи суден. Саме в машинобудуванні та суднобудуванні програма візуалізаціЇ розв'язків методом скінченних елементів матиме значну користь. Проте подальший розв'язок та 3D візуалізація не можлива без обрахунку численних формул задач теоріЇ

тонких оболонок.

Важко уявити світ без будинків, мостів, машин, суден і літаків,

оскільки саме вони охоплюють чиненайбільшу частину нашого життя. Насправді, жодна з цих галузей не обходиться без оболонок. Адже саме там вони часто зустрічаються у якості конструктивних елементів. Тому дослідження та візуалізація оболонок має велике значення, зокрема і для нашоЇ безпеки. Теорія тонких оболонок не втрачає своєЇ актуальності і досі вважається одним з найбільш поширених розділів теоріЇ пружності. КонструкціЇ з тонких оболонок вирізняються своєю високою міцністю, яку можна не лише спрогнозувати, але й покращити. Для цього застосовують задачі теоріЇ тонких оболонок, які дають змогу обчислити

напруження та деформаціЇ в конструкціях, а також, використовуючи геометрію серединноЇ поверхні оболонки, візуалізувати розв'язки. Необхідні обрахунки є громіздкими, а отже виконувати Їх вручну просто безглуздо. Набагато зручніше використовувати високу поту-

жність сучасних комп'ютерів, які дозволять не лише пришвидшитиобрахунки, а і виключать можливість будь-яких помилок чи прорахунків, які б могла допустити людина.

Саме тому було поставлено за мету розробити програмне забезпечення, яке допоможе здійснити необхідні обчислення. Дана програма, отримуючи на вхід твірну та направляючі криві тривимірноЇ поверхні, повертає на виході параметричне задання тривимірноЇ поверхні, на основі якого ми можемо побудувати 3D модель поверхні, а для застосування чисельних схем розв'язування задач теоріЇ пружності, зокрема методу скінченних елементів, отримали вирази для параметрів Ляме

та головних кривин.

Отже, для рішення такоЇ задачі нам потрібно задати направляючу криву

r(2) = (2); (2); (2)

в декартовій системі координат та параметричне рівняння твірноЇ

= (1); = (1)

в локальній системі координат.

Отримання коефіцієнтів Ляме, головних кривин та Їх часткових похідних вимагає багато громіздких обрахунків. В тому числі обрахунок похідних перших, других та третіх порядків, а також інтегралів.

На цьому етапі виникає проблема, адже відомо, що функціЇ обрахунку інтегралів та похідних не існує в жодній бібліотеці платформи .Net. Тому в даній праці використовується Wolfram Alpha API, який рахує похідні та інтеграли.

Для розробки даного програмного забезпечення, мною було обрана платформа .NET, компаніЇ Microsoft.

1. Вагін П.П. Аналіз напружено-деформованого стану тонких оболонок, податливих на зсув та стиснення / П.П. Вагін, І.Я. Шот //

Вісник Львів. ун- ту. Сер. прикл. матем. та інформ. 2006. Вип.

11. С.135147.

2. Вагин П.П. Численное решение задач механики деформирования гибких оболочек с конечной сдвиговой жесткостью / П.П. Вагин.

Автореф. диссерт. . . . канд. физ.-мат. наук. Львов, 1990. 17 с.

3. Григоренко Я.М. Решение нелинейных задач теории оболочек на ЭВМ / Я.М. Григоренко, А.П. Мукоед. Киев: Вища школа, 1983.

286 с.

4. Савула Я.Г. Некоторые приложения метода конечных элементов / Я.Г. Савула, Г.А. Шинкаренко, В.Н. Вовк. Львов: Изд-во Львов.

ун-та, 1981. 88 с.

5. Wolfram|Alpha Full Results API Reference [Електронний ресурс]. Режим доступу:

https://products.wolframalpha.com/api/documentation/

ПОБУДОВА ТРАНСПОРТНОГО МАРШРУТУ ЗА ДОПОМОГОЮ МУРАШИНОГО ТА ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМІВ

Гарасимчук Божена

УкраЇна, Львів

Львівський Національний Університет імені Івана Франка

Факультет ПрикладноЇ Математики та Інформатики

e-mail: bozena_lviv@ukr.net

Потреба людей у пошуку швидких та оптимальних транспортних шляхів постійно зростає, оскільки інфраструктура населених пунктів розширюється, а зручні й оптимальні аршрути перевезення є необхід- ною частиною будь-якоЇ сфери діяльності. Існує багато методів пошуку найкоротшого шляху, проте вони не завжди доцільні, адже вагомою є не лише ефективність, але й швидкість, мінімізація витрат та особливості транспортного шляху. Для прикладу, якщо розглянути транспортний маршрут, що складається зі 100 та більше міст, то обрахунки оптимального шляху можуть зайняти неприйнятно багато часу. Тому для рішення задач даного типу краще користуватись евристичними методами, які хоч і не дають найоптимальніший результат, а лише його наближення, потребують менше часу на обчислення. До таких алгоритмів належать мурашині та генетичні алгоритми.

Мурашиний алгоритм (ant colony optimization, ACO). ACO імітує поведінку колоніЇ мурах в природі. Щоб забезпечити себе Їжею, вони шукають найкоротший шлях між гніздом та джерелом Їжі без видимих активних механізмів координаціЇ. Дослідження виявили хаотичну діяльність мурах, проте як тільки джерело Їжі було знайдено, все більше і більше мурах рухалось організовано по найкоротшому шляху. Було встановлено, що непрямий обмін інформаціЇ між особинами відбувався за допомогою феромона – пеціальноЇ речовини, концентрація якоЇ і визначає найоптимальніший шлях.

Розглянемо колонію з n особин(кількість вершин у графі), які в початковий момент часу знаходяться в різних вершинах. Ймовірність переходу особини з i вершини до j вершини, задається таким чином:

$$P_{ij,k}(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^{\alpha}/[l_{ij}]^{\beta}}{\sum_{s \in J_{i,k}} [\tau_{is}(t)]^{\alpha}/[l_{is}]^{\beta}}, & j \in J_{i,k} \\ 0, & j \notin J_{i,k} \end{cases}$$

де $J_{i,k}$ – список міст, які необхідно відвідати особині k, що знаходиться в i місті; α і β – параметри, які визначають в якій мірі довжина ребра l_{ij} і кількість феромону $\tau_{ij}(t)$ на ньому, впливають на вибір особини; $\alpha + \beta = 1$. Кількість феромону описується таким чином:

$$\Delta\tau_{ij,k}(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k(t)}, & (i,j) \in T_k(t) \\ 0, & (i,j) \notin T_k(t) \end{cases}$$

де Q - параметр порядку довжини оптимального шляху, $L_k(t)$ – довжина маршруту $T_k(t)$. Випаровування феромону задається у вигляді

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-p)\tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^{n} \Delta\tau_{ij,k}(t),$$

де p – коефіцієнт випаровувааня, $0 < p \leq 1$.[2]
Етапи мурашиного алгоритму можна описати так:

1. Здійснюється ініціалізація, введення початкових даних, вибір маршруту та розташування локальних точок на карті.

2. Якщо оптимальний маршрут вже існує, то видаємо результат, якщо ні – відбувається перехід до наступного кроку.

3. Вибираємо агента. Агент шукає шлях від однієЇ точки до іншоЇ. Рухаючись по карті, агент виділяє феромонні сліди.

4. Якщо маршрут задовільний, то розраховується нанесений феромон і видається результат.

5. Якщо маршрут незадовільний, то до попереднього агента приєднується ще один агент. Переходимо до 3 кроку алгоритму

Генетичний алгоритм (ГА). Основний процес, прийнятий генетичним алгоритмом, зазвичай включає створення початкового набору випадкових розв'язків (популяціЇ) та Їх оцінювання. Після процесу відбору виявляються кращі розв'язки (батьки) і використовуються для створення нових розв'язків (дітей). Вони можуть бути використані для заміни гірших членів населення. Ця нова популяція (покоління) переоцінюється і

процес продовжується, відтворюючи нові покоління, поки не буде визначено остаточний розв'язок або не буде досягнуто іншого критерію [1]. ГА включає 4 основні компоненти:

- Критерій оцінки ефективності рішення. $P = p_n \ldots p_n$, де P – множина певної популяції, n – розмір популяції.

  F – фітнес–функція

  $F = \sum_{(i,j \in P)} F(g_1, g_2), g_1, g_2$– точки між містами.

- Генетичне представлення для кодування можливих розв'язків.

  - Процеси відтворення для отримання потомства розв'язків. Кросовер і мутація. Нехай процес селекції позначимо S, кросоверу C, а мутації M. Тоді $M = P^{k+1} = M \times C \times S(P^k, F^k)$, що дає знаходження наступного покоління.

  - Механізм відбору для сприяння розвитку якісних розв'язків.

  Процедура для реалізації ГА підсумована нижче:

  1. Створення вихідної групи випадкових можливих розв'язків або ж створення початкової популяції.

  2. Обчислити цільове значення (загальну вартість) для кожної хромосоми, що є сукупністю генів (елементів результату), послідовність яких є одним із можливих варіантів розв'язку задачі.

  3. Вибір хромосом з гарною продуктивністю для створення нових розв'язків.

  4. Отримання нових поколінь шляхом поєднання попередніх хромосом з використанням кросовера і мутації та перевірка чи новий розв'язок задовольняє критерій оцінки. Новий розв'язок замінить батьківський в угрупуванні населення. Нове населення формується для наступного покоління.

  5. Припинення процесу ГА і виведення оптимізованих розв'язків, якщо задовільняється критерій зупинки. Інакше переходимо до вибору батьків та створення нового покоління.

Результати та висновки

Дослідження показали, що АСО має широкий розкид надійності та більш чутливий до параметрів, а ГА більш постійний і передбачуваний для своїх різних параметрів. У порівнянні з ГА, АСО може знайти як значно кращий маршрут, так і значно гірший при невдалому підборі параметрів. Проте обидва алгоритми показують хорошу надійність при достатній обчислювальної потужності.

Література

[1] Гончарук К. С. Генетичні алгоритми в задачах синтезу маршрутів транспортних систем ГВС / К. С. Гончарук, Лісовиченко О. І. // Адаптивні системи автоматичного управління : міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2011. – № 18(38). – С. 44-49. – Бібліогр.: 4 назви.

[2] Мурашиний алгоритм [Електронний ресурс] – Режим доступу – URL : http://smart-blog.net/post/2359

3D ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ОБОЛОНОК ТА НАПРУЖЕНЬ НА ЇХ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТАХ

Костельна О.В., Зубаль Б.А.

Україна, Львів

Львівський національний університет ім.Івана Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

Zbohdan.313@gmail.com

Важко уявити світ без будинків, мостів, машин, суден і літаків, оскільки саме вони охоплюють чиненайбільшу частину нашого життя. Насправді, жодна з цих галузей не обходиться без оболонок. Адже саме там вони часто зустрічаються у якості конструктивних елементів. Тому дослідження та візуалізація оболонок має велике значення, зокрема і для нашої безпеки.

Оболонка – це тверде тіло, обмежене двома криволінійними поверхнями, відстань між якими мала у порівнянні з іншими його розмірами [1,2].

Для візуалізації оболонок беруться розв'язки отримані методом скінченних елементів (МСЕ), які складаються з матриці зв'язності, координат вузлів, переміщень та напружень. Це завдання було реалізовано за допомогою технології .Net WPF 3D.

Проблеми, що виникли під час розробки та знайдені рішення, наведено нижче:

- Засоби 3D-візуалізації WPF не дають змогу відображати складні поверхні за заданими точками. Проте є можливість візуалізувати поверхню за допомогою найпростіших фігур, наприклад, задану оболонку можна зобразити як сукупність трикутників;
- Основним методом обертання та переміщення фігури є повторний обрахунок координат кожного вузла, що викликає значні затримки в анімації. Саме тому ці операції було реалізовано за допомогою матриці перетворень;

- Відображення кількох об'єктів на одній сцені (наприклад, осі, модель, сітка розбиття та нормалі) одночасно також створює затримки. Вирішення – групування, тобто усі компоненти на сцені розглядаються, як один об'єкт;
- Градієнтне зафарбовування фігури відбувається шляхом замальовування кожного найменшого трикутника окремо. В результаті чого ми змушені розглядати нашу поверхню не як цільну фігуру, а як сукупність маленьких, що для даного завдання не підходить. Вирішення проблеми: накладання текстурного матеріалу на цілу фігуру. Текстурний матеріал – об'єкт(маска) типу Bitmap, де кожен піксель відповідає певному кольору. Для цього завдання було використано по 16 значень у кожному каналі RGB, тобто 16ˆ3=4096, що можна розмістити на масці розміром 64× 64.

Якщо оболонка є симетричною, не потрібно вираховувати вхідні дані для кожного її вузла. Набагато простіше і менш затратно порахувати лише частину, наприклад, $\frac{\pi}{32}$. І тоді відобразити цю частину 64 рази для отримання всієї оболонки. Одне таке відображення для візуалізації продемонстровано на рисунку 1.

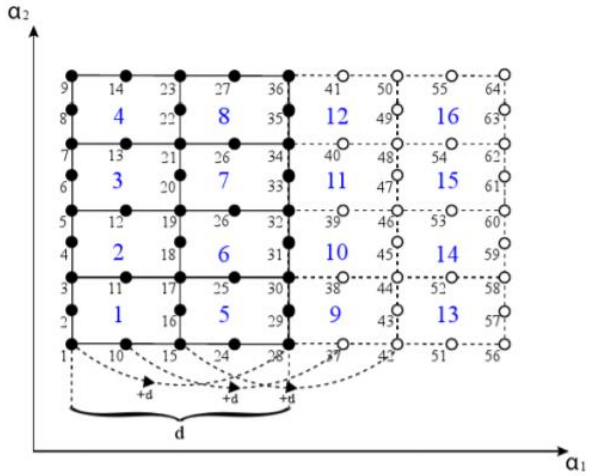


Рисунок 1 – Схематичне зображення одного повного відображення заданого сегмента фігури з розбиттям 2× 4 відносно осі α 2. Умова симетричності встановлена праворуч та ліворуч від фігури.

Далі наведено приклад результатів роботи програми.

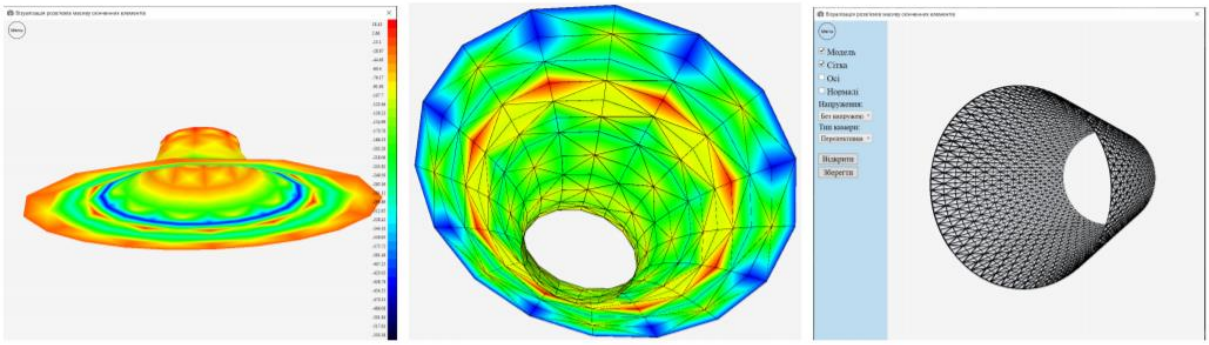


Рисунок 2 – а) Візуалізований катеноїд з напруженнями на стиск всередині та на розтяг ззовні; б) Катеноїд з напруженнями та сіткою розбиття; в) Циліндр без напружень, з сіткою розбиття.

За допомогою таких візуалізацій можна легко визначити та дослідити напружено-деформований стан оболонки. Наприклад, побачити ділянки, на яких значення напружень найвищі та найнижчі, а, можливо, навіть перевищують гранично допустиме значення.

Список джерел:

1) *Вагін П.П.* Аналіз напружено-деформованого стану тонких оболонок, податливих на зсув та стиснення / *П.П. Вагін, І.Я. Шот. // Вісник Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. та інформ. – 2006. – Вип. 11. – С.135–147.*

2) *Вагин П.П.* Численное решение задач механики деформирования гибких оболочек с конечной сдвиговой жесткостью / *П.П. Вагин. – Автореф. диссерт. ... канд. физ.-мат. наук. – Львов, 1990. – 17 с.*

НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ

Сухомлин Н.М

Львів,Україна

ЛНУ ім. Івана Франка

Факультет прикладної математики та інформатики

Задача розпізнавання рукописного тексту на зображенні має багато прикладних застосувань.Оскільки дану задачу важко вирішити за допомогою класичних алгоритмів на допомогу приходять нейронні мережі.

У розпізнаванні рукописні слів використовуючи нейронні мережі ми розглянемо класичний підхід за допомогою Згортково-Рекурентних мереж із CTC-loss функцією.

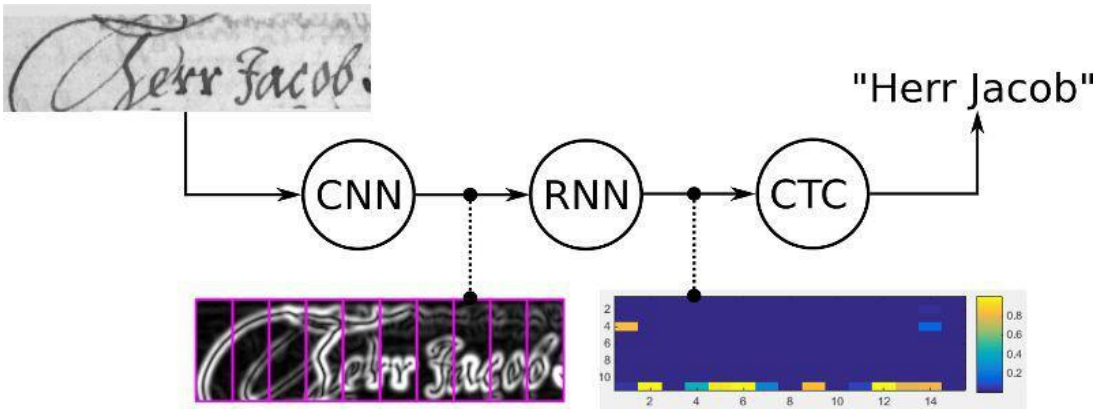


Рис 1.Згортково-Рекурентна мережа

Для ефективного тренування даної мережі було використано наступні методи підготовки даних:

1)Нормалізація даних до проміжку від (0,1)

2)Різні аугментації такі як поворот зображення і контраст кольорів.

даній роботі за основу згорткових нейронних мереж використано resnet34 яка показує досить хороші результати по розпізнаванню об'єктів.

Основна ідея цієї мережі полягає у так званих skip-connection.Основна їхня перевага полягає у запобіганні затухання градієнтів що є досить важливим у роботі з рекурентними нейронними мережами.

У даній роботі за основу згорткових нейронних мереж використано resnet34 яка показує досить хороші результати по розпізнаванню об'єктів. Основна ідея цієї мережі полягає у так званих skip-connection.Основна їхня перевага полягає у запобіганні затухання градієнтів що є досить важливим у роботі з рекурентними нейронними мережами.

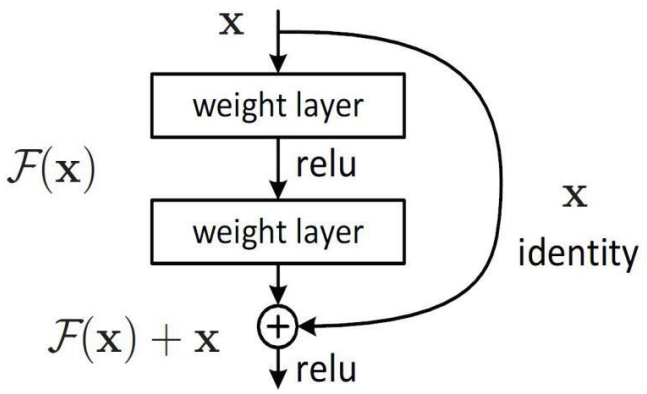
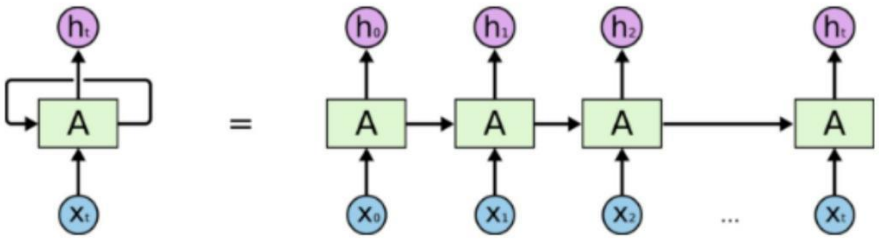


Рис 2.Skip connection

Також використано bidirectional-awd-lstm у якій за основу взято покращену рекурентну мережу у якій присутні різного типу регуляризатори такі як:

1)Dropout

2)Регуляризація виходів



An unrolled recurrent neural network.

Рис 3.Рекурентна мережа

Для експерименту було обрано IAM Handwritten database дані.Точність даної мережі на валідаційних даних була 86%.

Література

[1] Deep Residual Learning for Image Recognition /Kaiming He,Xiangyu Zhang,Shaoqing Ren,Jian Sun

[2] Regularizing and Optimizing LSTM Language Models / Stephen Merity , Nitish Shirish Keskar, Richard Socher

[3] CTCModel: a Keras Model for Connectionist Temporal Classification / Yann Soullard, Cyprien Ruffino, Thierry Paquet

Автори збірника:

1. Valentin Nkana Ngan…….....6
2. Oghenetega Samuel Otomiewo…….……13
3. Андрус Олег Ігорович……19
4. Микола Баранов……...24
5. Дубик Андрій……...30
6. Solomiya Hatalyak……35
7. Щербак Андріана……40
8. Сподар Ірина Володимирівна……....44
9. Малашняк Павло……51
10. Ірина Ковальчик……56
11. Ahmed Hady NeamatAllah Moahmed Hanfy……..……..60
12. Хутка Софія…….……64
13. Karim Yehia Sedik Bahnasy Aly……..68
14. Олександр Скорупський…….……75
15. Василь Танчинець……..…….....81
16. Галина Мечержак…….……...86
17. Кравчук О.М…….……...94
18. Кравчук О. М…….……..99
19. Романчук Валентина Петрівна…….……104
20. Світлана Корольчук…..……106
21. Роман Мулик……..……....109
22. Жук Олег-Андрій……..……111
23. Васьків Андрій, Пастущак Ольга…….……114
24. Євстигнеєв Борис Євгенович……..……..117
25. Калітовський Роман……..122
26. Наталія Мищишин……..……...125
27. Горбань Андріан……..……...130
28. Лісовський Юрій……..……..133
29. Datskiv Oleh Liubomyrovych…….……....136
30. Коваліско Ольга……..……...140
31. Фай Василь……..……...145
32. Ivan Lasiichuk…….……148
33. Тиміцька Оля…….……150
34. Іллічова Т.А…….……..153
35. Гарасимчук Божена……..……156

36.Костельна О.В., Зубаль Б.А…….....160
37.Сухомлин Н.М…….....163

Львів 2020