

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛУ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ БІБЛІОТЕК ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ПЛАТФОРМИ .NET

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто можливості реалізації методології математичного аналізу в програмуванні. Досліджено переваги та недоліки різних бібліотек, які надають такий функціонал. Головні вимоги та критерії до досліджуваних бібліотек сформовано на основі такого функціоналу: парсинг математичних виразів в структури даних, знаходження похідних функцій, обчислення інтегральних сум різних типів, виконання перетворень Фур'є, тощо..

Ключові слова: математичний аналіз, диференціювання, інтегрування, парсинг, ALGLIB, AutoDiff.

Abstract

There are considered possibilities of implementing the methodology of mathematical analysis in programming. Also researched the advantages and disadvantages of different libraries, providing this functionality. The main requirements and criteria are formed according to following functionality: parsing mathematical expressions to data structures, differentiation of functions, calculating the integral sums of different types, performing a Fourier transforms, etc.

Keywords: mathematical analysis, differentiation, integration, parsing, ALGLIB, AutoDiff.

Математичний аналіз — фундаментальний розділ математики, що веде свій відлік від XVII століття, коли було строго сформульовано теорію нескінченно малих. Сучасний математичний аналіз включає в себе також теорію функцій, теорії границь і рядів, диференційне та інтегральне числення, диференціальні рівняння та диференціальну геометрію. Математичний аналіз постав визначною віхою в історії науки і сформував обличчя сучасної математики. Аналіз швидко перетворився на надзвичайно потужний інструмент для дослідників природничих наук, а також став одним із рушіїв науково-технічної революції.[1]

Вирішення різного роду математичних задач в програмуванні є достатньо поширеною проблемою. З іншої сторони, в галузі математичного аналізу часто виникають типові проблеми, які можуть бути спрощені за допомогою відповідних моделей та структур даних, які в свою чергу можуть бути реалізовані у вигляді програми.

Оскільки типові задачі математичного аналізу можуть потребувати візуалізації у вигляді складних графіків функцій, які можуть потребувати високої деталізації, то найоптимальнішою платформою для вирішення такого типу задач є персональний комп'ютер. Тому було розглянуто бібліотеки для платформи .NET.

Одними з найпотужніших інструментів в галузі математичних обчислень та математичного аналізу є програмні пакети MATLAB (розробник MathWorks) та Wolfram Mathematica (розробник Wolfram Research). Вони мають великий інструментарій для вирішення широкого спектру математичних задач та проблем аналізу даних. Вони також забезпечують високу швидкодію при обробці великих обсягів даних. Обидві програми надають змогу працювати з ними в середовищі .Net за допомогою спеціальних надстроек, проте для використання функціоналу цих програм недостатньо мати лише відповідну бібліотеку, необхідно встановити саму програму. Таким чином кінцевий продукт вимагатиме додаткової пам'яті та потребуватиме від користувача встановлення додаткових програм. Тому такий варіант підходить лише для окремих спеціалізованих обчислень.

Одними з найпоширеніших автономних бібліотек для реалізації методології математичного аналізу є muParser, Jep.Net, Extreme.Numerics.Professional, AutoDiff, DotNumerics,

ALGLIB.

Бібліотека `muParser` це бібліотека для парсингу математичних виразів. Це розширювана бібліотека з високою швидкістю, яка перетворює рядкові вирази в байткод з попереднім підрахунком константних частин виразів. Бібліотека написана на C++ та має оболонку для C#. Код працює як на 32 так і на 64-бітній архітектурах. Перша версія бібліотеки була випущена в 2004 році і розширюється та підтримується досі.[2]

`Jer.Net` це бібліотека для парсингу та оцінки математичних виразів. Спочатку це була бібліотека для Java і після здобуття популярності було розроблено версію бібліотеки для C# та `.Net framework` з урахуванням особливостей та функціоналу нової платформи. `Jer.Net` підтримує змінні, константи і функції. В бібліотеку включено велику кількість загальних математичних функцій і констант. Основними особливостями бібліотеки є малий розмір(99 kb як dll), підтримка логічних виразів, розширювана архітектура, підтримка неявного множення, підтримка Unicode символів. Бібліотека є платною, але має також пробну версію з обмеженим функціоналом, яку можна використовувати в некомерційних цілях.[3]

Набір бібліотек «Extreme Optimization Numerical Libraries for .NET» є набором універсальних математичних і статистичних класів, побудованих для платформи Microsoft .NET. З точки зору математичного аналізу ці бібліотеки містять багато корисних функцій. За їх допомогою можна здійснювати диференціювання, вирішувати системи лінійних рівнянь з багатьма змінними, обчислення інтегралів на скінченних та нескінченних інтервалах, інтегрування систем звичайних диференціальних рівнянь, та багато іншого. Також бібліотеки містять функціонал для роботи з векторами, матрицями та для роботи зі статистичними даними. Головними особливостями цих бібліотек є підтримка багатоядерних обчислень, висока швидкість, простота використання та широка база алгоритмів, яка охоплює дуже широкий спектр математичних методів.

Одинична ліцензія на бібліотеку коштує \$999 і надає весь функціонал бібліотеки, рік безкоштовних оновлень та безкоштовної підтримки. Кожен наступний рік підписки на оновлення коштує \$399. Ліцензія на необмежену кількість розробників коштує \$7999, кожен рік підписки – \$3199. Також існують варіанти для трьох(\$1999/\$799) та восьми(\$3999/\$1599) розробників. Існує можливість 60-денного пробного періоду. Також існує гарантійний 30-денний період протягом якого можна повернути кошти.[4]

Проект `Autodiff` займається розробкою безкоштовних бібліотек з відкритим кодом для диференціювання функцій. Проект реалізовано для багатьох середовищ та мов програмування, серед яких C#, C/C++, Delphi, F#, Fortran77, Fortran95, Java, Python, MATLAB, Lua. Зокрема реалізацією проекту для платформи `.Net` є бібліотека `DiffSharp`. Бібліотека дозволяє точно та швидко обчислювати похідні. При обчисленнях використовується автоматичне диференціювання, тобто обчислення похідної для функції, яка задана алгоритмом. Такий підхід дозволяє диференціювати функції, які важко представити одним виразом та ефективно обчислювати похідні високих порядків.

`DiffSharp` реалізовано на мові F# і може бути використано в C# та інших мовах, які працюють на Mono, або `.Net Framework`, орієнтованих на 64-бітні платформи. Бібліотека може бути використана при розробці для Windows, Linux, Mac та Unix[5]

`DotNumerics` це математична бібліотека для `.Net` перенесена з Fortran. Бібліотека містить наповненіші алгоритми лінійної алгебри, розв'язання диференціальних рівнянь та вирішення задач оптимізації. Наявні класи для вирішення жорстких та нежорстких диференціальних рівнянь. Для вирішення використовуються різні алгоритми: Адамса-Молтона, метод Рунге-Кутти, метод зворотного диференціювання Гіра. Зараз проект не розвивається, остання версія(1.1) була випущена в 2013 році.

`ALGLIB` - це кросс-платформенна бібліотека чисельного аналізу, яка підтримує кілька мов програмування (C++, C#, Pascal, VBA) та кілька операційних систем (Windows, Linux, Solaris). Бібліотека включає в себе велику кількість функцій та класів для вирішення широкого спектру математичних задач, серед яких вирішення систем рівнянь(лінійних та нелінійних), інтерполяцію, оптимізацію, швидкі перетворення Фур'є, інтегрування, вирішення звичайних диференціальних рівнянь, статистику, аналіз даних (в тому числі з використанням нейронних мереж) та багато іншого. Головними перевагами є переносимість (може бути відкомпільована на всіх популярних платформах з використанням великої кількості

компіляторів), простота використання та поширення разом з вихідним кодом.

Безкоштовна некомерційна версія бібліотеки поширюється на основі ліцензії GPL 2+ та не містить підтримки багатоядерних обчислень та певних комерційних програм.

Одинична комерційна ліцензія на бібліотеку коштує \$570 і надає весь функціонал бібліотеки, рік безкоштовних оновлень та безкоштовну підтримку. Кожен наступний рік підписки на оновлення коштує \$170. Ліцензія для компанії коштує \$1470 (\$490 за кожен рік оновлень та підтримки). Також існують варіанти для трьох (\$870/\$260) та п'яти (\$1170/\$390) розробників. Існує можливість 30-денного пробного періоду.[6]

Серед розглянутих засобів кожен надає різний функціонал, як за об'ємом так і за спеціалізацією. Бібліотеки muParser та Jep.Net є вільно поширюваними та мають малий розмір, проте дозволяють лише перетворювати рядкові математичні вирази в структури даних. Якщо в розроблюваній програмі потрібно використання лише диференціювання функцій то оптимальною буде безкоштовна бібліотека DiffSharp.

Набори бібліотек ALGLIB та «Extreme Optimization Numerical Libraries for .NET» містять дуже великий функціонал для різноманітних типів задач з різних галузей математики і обробки даних в цілому. Проте ALGLIB має певні переваги: наявність безкоштовної некомерційної версії, та нижча ціна.

З іншої сторони бібліотеки Extreme Optimization Numerical мають вищу швидкість, що може бути критичним для великих обсягів даних, або для галузей де швидкі обчислення є дуже важливими. Таким чином, залежно від потреб та наявних ресурсів можуть бути використані різні бібліотеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Математичний аналіз – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Математичний_аналіз
2. muparser - Fast Math Parser Library– [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://muparser.beltoforion.de/index.html>
3. Jep.Net Math Expression Parser – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.singularsys.com/jep.net/index.html>
4. Extreme Optimization - Math and Statistics Numerical Libraries for .NET – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.extremeoptimization.com
5. Autodiff.org - Community Portal for Automatic Differentiation– [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.autodiff.org
6. ALGLIB - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.alglib.net/>

Гаврилюк Петро Олександрович — студент групи 2ПІ-126, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: petrogavriluk@gmail.com

Науковий керівник – **Кателніков Денис Іванович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: fuzzy2dik@gmail.com.

Havryliuk Petro O. — Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: petrogavriluk@gmail.com

Supervisor– **Katielnikov Denys Ivanovych**, PhD, Associate Professor of Software Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: fuzzy2dik@gmail.com.