

**А. А. Воевода**  
(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)  
Науч. рук. **В. В. Грищенко**, ст. преподаватель

## **ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ МОЈО ДЛЯ РАЗРАБОТКИ В СФЕРЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Мојо – это специализированный язык программирования, созданный компанией Modular и ориентированный на разработку в сфере машинного обучения [1]. Данный язык был выпущен в мае 2023 года и активно развивается, дорабатывается и улучшается по настоящее время.

Целью создания данного языка программирования было получение максимальной производительности при выполнении вычислений для искусственного интеллекта. Так как традиционные технологии компиляторов, такие как Low Level Virtual Machine (LLVM) [2] и GNU Compiler Collection (GCC) [3], не в полной мере поддерживают современные архитектуры процессоров и не раскрывают весь их потенциал, компания Modular отдала предпочтение технологии Multi Level Intermediate Representation (MLIR) [4]. Благодаря данной технологии можно создавать компиляторы для конкретной предметной области, в данном случае для машинного обучения. Язык программирования Мојо был специально разработан под технологию MLIR. Это делает его уникальным инструментом для написания кода рабочих нагрузок искусственного интеллекта.

Несмотря на то, что в языке Мојо внутреннее устройство компиляторов, рассчитанное на поддержку современных процессорных архитектур и раскрытие их полного потенциала, значительно отличается от существующих языков программирования, синтаксис языка позаимствован у языка программирования Python. Также разработчики говорят о том, что Мојо будет полностью совместим с Python.

Однако, стоит рассмотреть принципиальные различия двух вышеупомянутых языков программирования. Начнем с рассмотрения синтаксиса функций. Для объявления функции в языке программирования Мојо можно использовать такие ключевые слова, как `fn` и `def` [5]. Объявление функции с использованием `fn` обеспечивает проверку типов и безопасный доступ к памяти. Объявление с использованием `def` позаимствовано из Python. Оно поддерживается в Мојо, хоть и не требует строгой типизации. На рисунках 1 и 2 представлены примеры синтаксиса функций, объявленных с помощью `fn` и `def` соответственно.

```
fn greet2(name: String) -> String:  
    return "Hello, " + name + "!"
```

Рисунок 1 – Функция, объявленная с помощью `fn`

```
def greet(name):  
    return "Hello, " + name + "!"
```

Рисунок 2 – Функция, объявленная с помощью `def`

Следующим отличием является способ объявления переменных. Для того, чтобы объявить переменные в Мојо, необходимо использовать ключевое слово `var`. Если переменная будет использована в функции, объявленной с помощью ключевого слова `fn`, дополнительно необходимо явно указывать тип переменной [5] (рисунок 3,4).

```
fn pass_integer():  
    var version: Int = 1  
    take_string(version)
```

Рисунок 3 – Объявление переменной в функции fn

```
def do_math(x):  
    var y = x + x  
    y = y * y  
    print(y)
```

Рисунок 4 – Объявление переменной в функции def

Для описания классов различных объектов, в Mojo используются структуры, ключевое слово `struct`. Структуры очень похожи на классы, которые используются в Python, но в отличие от них, структуры являются статическими. Это обеспечивает большую безопасность и производительность. Пример объявления структуры в Mojo представлен на рисунке 5.

В заключение можно сказать, что компания Modular пересмотрела подход к созданию языков программирования и постаралась добиться максимальной производительности. Помимо этого, они постарались позаботиться о разработчиках, оставив знакомый синтаксис и совместимость с языком Python. Наличие специализированного языка программирования для машинного обучения однозначно скажется на развитии данной сферы и позволит создавать новые продукты и технологии с использованием искусственного интеллекта.

```
struct MyPair:  
    var first: Int  
    var second: Int  
  
    fn __init__(inout self, first: Int, second: Int):  
        self.first = first  
        self.second = second  
  
    fn dump(self):  
        print(self.first, self.second)
```

Рисунок 5 – Объявление структуры в Mojo

## Литература

1. Mojo (язык программирования) [Электронный ресурс] / Свободная энциклопедия Википедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Mojo\\_\(язык\\_программирования\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Mojo_(язык_программирования)). – Дата доступа: 21.03.2024.
2. LLVM [Электронный ресурс] / Свободная энциклопедия Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LLVM>. – Дата доступа: 21.03.2024.
3. GNU Compiler Collection [Электронный ресурс] / Свободная энциклопедия Википедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/GNU\\_Compiler\\_Collection](https://ru.wikipedia.org/wiki/GNU_Compiler_Collection). – Дата доступа: 21.03.2024.

4. Multi-Level Intermediate Representation Overview [Электронный ресурс] / MLIR. – Режим доступа: <https://mlir.llvm.org>– Дата доступа: 21.03.2024.

5. Introduction to Mojo [Электронный ресурс] / Modular. – Режим доступа: <https://docs.modular.com/mojo/manual/basics>. – Дата доступа: 22.03.2024.

**Г. Г. Войтко**

(БГУ, Минск)

Науч. рук. **Л. С. Хорошко**, канд. физ.-мат. наук

## ФОТОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ

Фотонные кристаллы – искусственные композитные материалы, микро- или наноструктурированные в которых показатель преломления периодически изменяется с периодом порядка оптической длины волны [1]. Возникающая периодичность в диэлектрической проницаемости отвечает за запрет распространения света (частот видимого или ближнего инфракрасного диапазона) через материал в результате брэгговской дифракции. В связи с этим их также часто называют материалами с фотонной запрещенной зоной [1].

Фотонные кристаллы являются оптическим аналогом электронных зон в полупроводниках; считается, что они должны быть способны перенести всю функциональность полупроводниковых приборов в оптическую область. На рисунке 1 представлен пример одномерного фотонного кристалла дефектным слоем. Кристалл состоит из  $M$ -раз повторяющихся слоев материалов  $A$  и  $B$  ( $AB$  слой), имеющих разные показатели преломления и толщины, одного слоя из материала  $D$  и  $N$  раз повторяющихся слоев  $B$  и  $A$  ( $BA$  слой). Используя различные материалы с различной толщиной можно создавать фотонные кристаллы с большим спектром запрещенных зон [1].

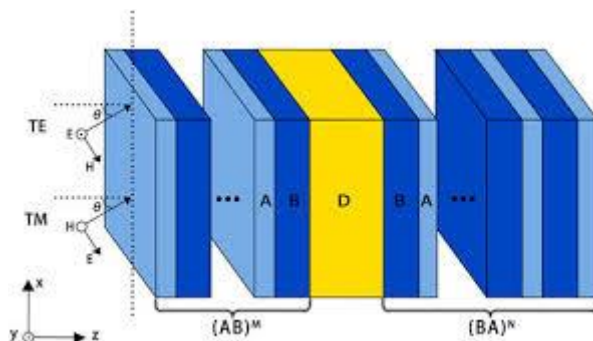


Рисунок 1 – Пример одномерного фотонного кристалла дефектным слоем [1]

Фотонные кристаллы могут быть одно-, двух- и трехмерными в зависимости от числа направлений, в которых периодически изменяется диэлектрическая проницаемость (рисунок 2).

В последнее время проводится большое количество исследований в области топологической фотоники и топологических фотонных кристаллов. Топологическая фотоника – это развивающаяся область, которая привлекает огромный интерес своими новыми способами управления потоками света. Благодаря топологической защите поверхностные моды топологических фотонных систем обладают многими интересными свойствами, такими как однонаправленное распространение и устойчивый к дефектам и нарушениям перенос света [2, 3]. Эти свойства отвечают быстро растущим и жестко регламентированным требованиям к переносу и обработке информации.