Теория автоматов. Введение в дисциплину

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Содержание

Теория автоматов. Задачи

В теоретической информатике задача **теории автоматов** - предложить модели математических механизмов, которые формализуют методы расчета.

Эта теория лежит в основе нескольких важных разделов теоретической информатики, таких как:

1. Вычислимость, модель машины Тьюринга;

2. Конечные автоматы и их варианты, которые используются при анализе программы перевода естественного языка с помощью компилятора, различные алгоритмы работы с текстом, такие как алгоритмы поиска подстроки или автоматической проверки работы логических схем;

Теория автоматов. Задачи

3. Теория сложности алгоритмов, нацеленная на классифицирующих алгоритмах в зависимости от времени и ресурсов памяти, необходимых для их выполнения;

4. Проверка модели, которая используется для установления соответствия программ их спецификаций.

Автоматы не существуют физически, но представляют собой абстрактную модель.

Теория автоматов. Основные понятия

Алфавит является любым набором.

Его элементы называются *буквами* или *символами* .

Буквы не имеют особых свойств. Мы только спрашиваем, как проверить, равны ли две буквы или разные.

Среди примеров алфавитов, конечно, есть латинский алфавит и все алфавиты естественных языков. Существует также двоичный алфавит, состоящий из символов 0 и 1, шестнадцатеричный алфавит, аминокислотный алфавит и т. д.

В информатике мы встречаем алфавит лексем, то есть синтаксических единиц, полученных в результате лексического анализа программы.

Теория автоматов. Основные понятия

Слово или строка на алфавите называется конечная последовательность *A, состоящая из элементов*

$$w=(a_1, \dots, a_n)$$

Иногда данную последовательность записывают в виде

$$w=a_1 \dots a_n$$

Целое число - это длина слова.

Есть одно слово длины $\emptyset$, которое называется пустым словом и часто упоминается в различных задачах

.

Теория автоматов. Основные понятия

Формальный язык над алфавитом представляет собой набор слов, следовательно, подмножество.

Операции над множествами (объединение, пересечение, дополнение), распространяются на языки.

Теория автоматов. Цели

Теория автоматов - это исследование абстрактных машин, позволяющих формализовать методы вычислений.

Объект, обрабатываемый автоматом - это слово языка.

Чтобы достичь желаемой общности, мы превращаем «проблему» в язык, а решение проблемы - в анализ элемента этого языка.

Теория автоматов. Цели

Каждый случай «проблемы» представлен словом.

Чтобы узнать, есть ли решение у экземпляра проблемы, нужно проверить, принадлежит ли это слово к языку слов, представляющих экземпляры этой проблемы, и у которых есть решение.

Автомат, решающий задачу, принимает на вход слово и решает, принято оно или нет..

Теория автоматов. Цели

Например, проблема определения того, является ли целое число *N* простым (проверка на простоту), может быть переведена следующим образом: мы представляем все натуральные числа двоичными строками (запись в базе 2).

Теория автоматов. Цели

В этом языке слова, представляющие простые числа, образуют подмножество.

Тогда проблема проверки простоты состоит в том, чтобы узнать, принадлежит ли двоичная строка, представляющая число *N*, этому подмножеству или нет.

Подходящий автомат принимает в качестве входных данных двоичную строку и принимает ее именно тогда, когда она представляет собой простое число.

Теория автоматов. Семейства автоматов

1. Конечные автоматы

Эти автоматы являются простейшими класса автоматов. Они точно распознают рациональные (или обычные) языки. Они применяются во многих областях и имеют несколько характеристик, комбинаторику и алгебраику.

Теория автоматов. Семейства автоматов

2. Автоматы на бесконечных словах

Конечные автоматы были расширены до бесконечных слов.

Было представлено и проведено сравнение нескольких моделей автоматов. Наиболее известны автоматы Бючи и Мюллера.

Известны характеристики множеств бесконечных слов, распознаваемых этими автоматами.

Самая большая трудность заключается в том, что понятия детерминированного и недетерминированного автомата больше не эквивалентны.

Теория автоматов. Семейства автоматов

3. Временные автоматы

Автоматы имеют ограничение на переходах, которые выражаются условиями с течением времени.

Теория автоматов. Семейства автоматов

4. Вероятностные автоматы, квантовые автоматы

Вероятностные автоматы были введены еще в 1963 году Майклом О. Рабином.

Каждый переход несет в себе вероятность; вероятности умножаются на путях, и для того, чтобы слово было принято, сумма вероятностей на путях должна достичь определенного порога.

Эти автоматы были подняты и расширены с другой точки зрения квантовыми автоматами .

Теория автоматов. Семейства автоматов

5. Взвешенные автоматы

Эти автоматы более общие, чем вероятностные. Их переходы несут в себе элемент любого полукольца.

Взвешенные автоматы используются, например, в перечислении комбинаторных структур, или для моделирования множества распознавания или неоднозначной генерации слов в государственном аппарате.

Теория автоматов. Семейства автоматов

6. Двунаправленные автоматы

Такой автомат может читать входное слово слева направо или назад, справа налево.

Двунаправленный конечный автомат, также называемый «бустрофедоном» из-за системы письма, не распознает больше языков, чем обычный конечный автомат.

Для готовых преобразователей ситуация более сложная.

Теория автоматов. Семейства автоматов

7. Переменный автомат

Этот вариант недетерминированных конечных автоматов определяет класс, который является более гибким в спецификации программ в рамках проверки моделей.

Переменный конечный автомат может варьировать свой режим принятия путем выбора пути, которые будут перемещаться, и объединения результатов с помощью булевых формул.

Теория автоматов. Семейства автоматов

8. Последовательный автомат

Последовательный автомат - это конечный автомат с детерминированным на входе выходом.

Функции, вычисляемые последовательными контроллерами, называются *последовательными функциями*.

Теория автоматов. Семейства автоматов

9. Парих автомат

Автомат Париха - это недетерминированный конечный автомат, переходы которого включают векторы натуральных чисел, которые позволяют проверить, удовлетворяет ли сумма векторов вычисления полулинейному ограничению .

Интерес этого семейства автоматов состоит в том, что оно имеет другие эквивалентные характеристики в форме конкретной машины Тьюринга.

Теория автоматов. Семейства автоматов

10. Скрытые марковские модели

Скрытые модели Маркова (ММС) - статистическая модель, в которой моделируется система предполагается быть марковского процесса в неизвестные параметры.

Скрытые марковские модели широко используются, в частности, в распознавании образов, искусственном интеллекте и даже автоматической обработке естественного языка .

Теория автоматов. Семейства автоматов

11. Системы перехода

Системы переходов являются продолжением конечных автоматов к возможно бесконечным множествам, и не принимая во внимание условия приемки.

В их самой примитивной версии они представляют собой просто бинарные отношения.

В более сложной версии это автоматы без начального состояния и без конечных состояний.

Теория автоматов. Семейства автоматов

12. Древовидные автоматы

Конечные автоматы очень рано расширили до деревьев.

По сути, мы различаем восходящие автоматы, которые распознают деревья, начинающиеся от листьев и восходящие к корню (немного похоже на вычисление арифметических выражений), и нисходящие автоматы, которые действуют в противоположном направлении. .

Теория автоматов. Семейства автоматов

13. Системы перезаписи

Конгруэнтный язык - это формальный язык, который представляет собой объединение конечного числа классов конгруэнции на данном алфавите.

Важным случаем является случай, когда конгруэнтность порождается конечной системой переписывания слов.

В зависимости от типа системы перезаписи алгоритмическая сложность задачи со словом может быть линейной во времени или PSPACE-полной или неразрешимой.

Теория автоматов. Семейства автоматов

14. Сети Петри

Эти автоматы учитывают возможность выполнения операций в любом порядке.

Они используются при моделировании процессов.

Теория автоматов. Семейства автоматов

15. Линейно ограниченные автоматы

Эти автоматы точно распознают контекстные языки.

Они позволяют учитывать определенные ограничения, относящиеся к контексту в естественных языках, но в лингвистике более ограниченные языки и автоматы, такие как грамматики дополнительных деревьев, оказались более управляемыми.

Теория автоматов. Семейства автоматов

16. Машины Тьюринга

На самом верху иерархии автоматов находятся машины Тьюринга.

Представленные Тьюрингом в 1937 году, они точно распознают рекурсивно перечислимые языки.

Эти языки и машины Тьюринга используются в качестве математического определения вычислимости .

Теория автоматов. Семейства автоматов

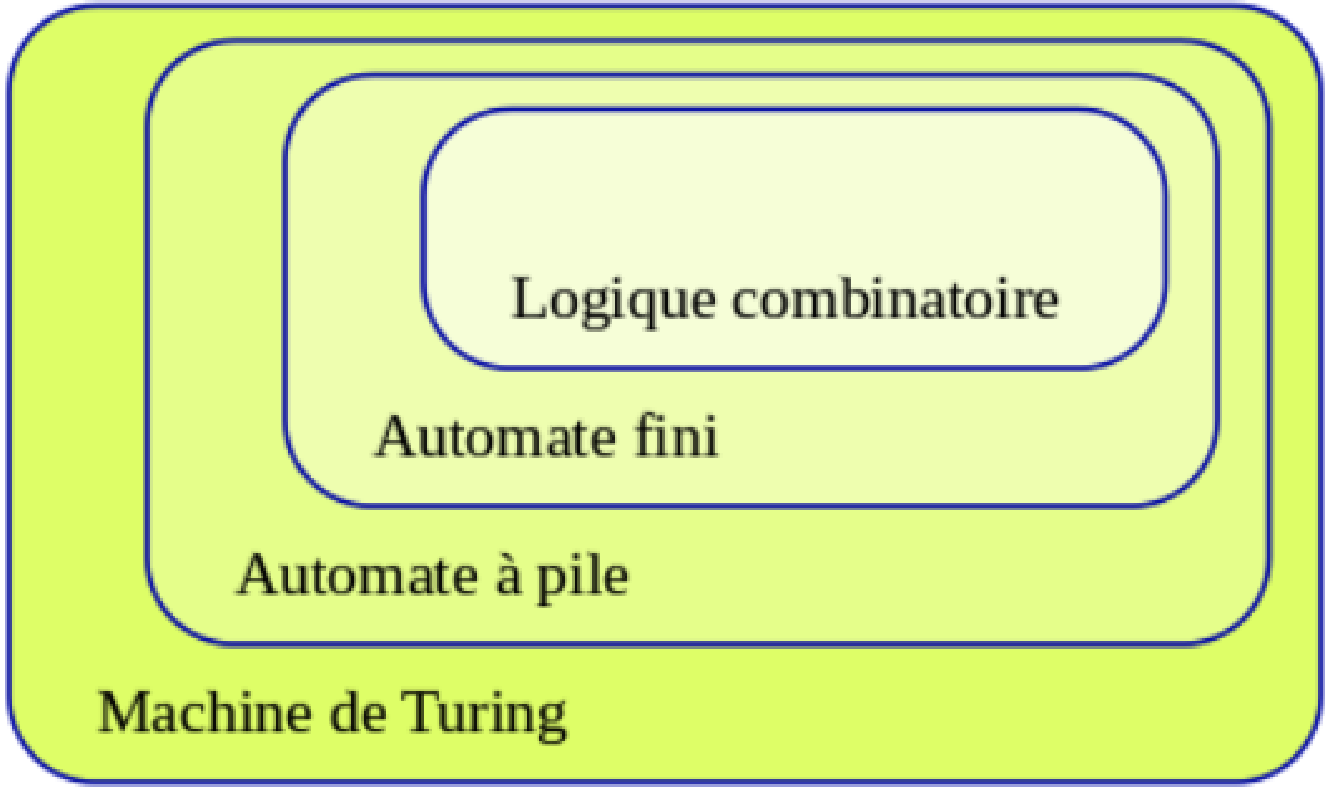

Рисунок 1. Иерархия автоматов

Конечный автомат. Введение

Конечный автомат или **PLC с конечным числом состояний** (на английском языке *конечных состояний автомата* или *конечных автоматы* или *FSM*)

представляет собой модель математического вычисления, используемое во многих случаях, от разработки *компьютерных программ* и туров *последовательной логики* для применения в *связи протоколы*, *управление процессами*, *лингвистика* и даже *биология*.

Конечный автомат. Введение

Конечный автомат - это абстрактная математическая конструкция, способная находиться в конечном числе *состояний*, но в данный момент времени находиться только в одном состоянии за раз; состояние, в котором он находится, называется «текущим состоянием».

Конечный автомат. Введение

Переход из одного состояния в другое активируется событием или условием; этот отрывок называется «переходом».

Конкретный автомат определяется всеми своими состояниями и всеми своими переходами.

Область применения конечных автоматов

Конечные автоматы обычно встречаются во многих устройствах, которые выполняют определенные действия в зависимости от происходящих событий.

Примеры конечных автоматов:

- автомат по продаже напитков, который доставляет желаемый товар, когда введенная сумма подходит.
- лифты, которые умеют комбинировать последовательные вызовы для остановки на промежуточных этажах,
- светофоры, которые умеют адаптироваться к ожидающим вагонам,
- цифровые коды, которые анализируют правильную последовательность цифр.

Область применения конечных автоматов

Конечные автоматы могут моделировать большое количество задач, включая автоматизированное проектирование электроники, разработку протоколов связи, синтаксический анализ языков.

В исследованиях биологии и искусственного интеллекта конечные автоматы или иерархии таких машин использовались для описания неврологических систем.

В лингвистике, они используются для описания простых частей грамматик из естественных языков. При проверке программ (проверка моделей) используются конечные автоматы, иногда с очень большим количеством состояний (миллиарды).

Область применения конечных автоматов

Конечные автоматы, рассматриваемые как вычислительная модель, обладают низким потенциалом; у них гораздо меньше вычислительной мощности, чем у машины Тьюринга.

Другими словами, есть задачи, которые конечный автомат не может выполнить, в то время как автомат выталкивания или машина Тьюринга могут.

В основном это связано с тем, что конечный автомат имеет память, ограниченную количеством состояний.

Конечный автомат. Примеры

1. Ворота. Очень простой пример механизма, который можно смоделировать с помощью конечного автомата - это шлюз доступа.

Ворота, используемые в некоторых метро или других заведениях с ограниченным доступом, представляют собой ворота с тремя вращающимися рычагами на уровне пояса.

Вначале «руки» заблокированы и блокируют вход, не позволяя пользователям пройти.

Внесение монеты или жетона в прорезь ворот (или предъявление билета или карты) разблокирует оружие и позволяет пройти одновременно одному и только одному пользователю.

Как только пользователь вошел, «руки» снова блокируются, пока не будет вставлен новый жетон.

Конечный автомат. Примеры

Ворота, рассматриваемые как конечный автомат, имеет два состояния: заблокированы и разблокированы.

Два «входа» могут изменять состояние: первый, если вы вставляете токен в слот (вход токена), и второй, если вы нажимаете на «руку» (толкающий вход).

В заблокированном состоянии действие нажатия не имеет никакого эффекта: независимо от того, сколько раз вы нажимаете, КА остается заблокированным.

Если мы вставляем токен, то есть делаем токен «вход», мы переходим из заблокированного состояния в разблокированное состояние.

В разблокированном состоянии добавление дополнительных токенов не имеет никакого эффекта и не меняет состояние. Но как только пользователь поворачивает рычаг ворот, давая толчок, машина возвращается в заблокированное состояние.

Конечный автомат. Примеры

Автомат ворот может быть представлен *таблицей переходов* состояний, которая показывает для каждого состояния новое состояние и выход (действие) для данного входа.

Текущее состояние	Вход	Следующее состояние	Выход
Заблокировано	жетон	разблокирован	Разблокируйте ворота, чтобы пользователь мог пройти
	толкать	Заблокировано	Ничего такого
разблокирован	жетон	разблокирован	Ничего такого
	толкать	Заблокировано	Когда пользователь пройдет, заблокируйте ворота

Конечный автомат. Примеры

Мы также можем представить автомат в виде ориентированного графа, называемого диаграммой переходов между состояниями. Каждое состояние представлено вершиной (отображается кружком).

Эти дуги (представленные стрелки) показывают переходы из одного состояния в другое. Каждая стрелка имеет запись, запускающую переход.

Данные, которые не вызывают изменения состояния, например маркер разблокированного состояния, представлены дугами окружности (циклами), которые вращаются вокруг состояния.

Стрелка, которая входит в заблокированное состояние из черной точки, используется для обозначения того, что это состояние является начальным состоянием в начале моделирования.

Конечный автомат. Примеры

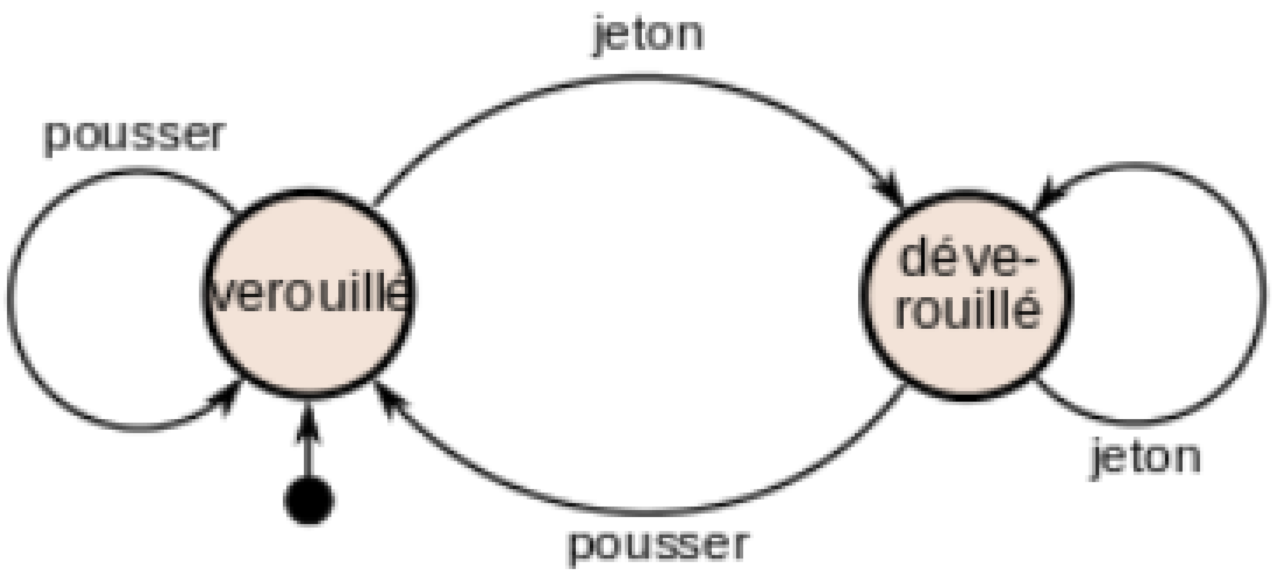

Рисунок 2. Диаграмма состояния ворот

Конечный автомат. Примеры

2. Волк, коза и капуста. Следующий пример иллюстрирует возможности, которые открывает контрабандист, которому приходится переходить с одного берега на другой волка, козу и капусту (это вариант многих проблем, связанных с переходом через реку).

Его лодка позволяет ему нести одновременно только один из трех предметов, и, конечно же, он не может оставить волка и козу вместе, а также козу и капусту.

Конечный автомат. Примеры

2. Волк, коза и капуста. Следующий пример иллюстрирует возможности, которые открывает контрабандист, которому приходится переходить с одного берега на другой волка, козу и капусту (это вариант многих проблем, связанных с переходом через реку).

Его лодка позволяет ему нести одновременно только один из трех предметов, и, конечно же, он не может оставить волка и козу вместе, а также козу и капусту.

Конечный автомат. Примеры

На диаграмме состояние представляет то, что перевозчик уже смог перевезти на другую сторону («P» представляет перевозчика, «L» - волка, «C» - козу, а капуста отмечена буквой «S». "): в начале ничего, в конце все.

На стрелках перемещаемые предметы (и он сам).

Одна из двух транспортных последовательностей - CPLCSPC, другая - CPSCLPC.

Конечно, не принимаются во внимание ненужные поездки туда и обратно.

Каждое состояние представляет собой то, что перевозчик уже перевез (капуста помечена буквой S).

Конечный автомат. Примеры

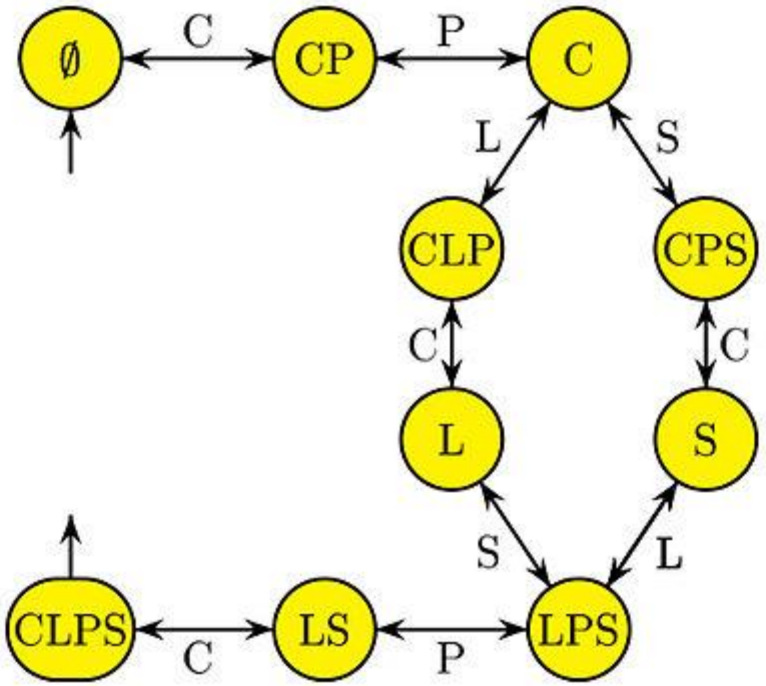

Рисунок 3. Волк, коза и капуста.

Спасибо за внимание!!!!!!!