

Применение нечетких алгоритмов при интеллектуализации систем

Л. П. Козлова¹, О. А. Козлова²

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

² Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
tigrenok59@mail.ru

Аннотация. Само понятие интеллектуализации систем на данный момент времени не просто актуально, но во многих областях необходимо. Однако заставить искусственно созданный процесс думать не по шаблону – задача сложная и требующая использование разных подходов. В статье рассматривается принцип работы интеллектуальной системы и применение нечетких алгоритмов для повышения качества реальных процессов.

Ключевые слова: интеллектуализация; технологический процесс; нечеткая логика

I. ВВЕДЕНИЕ

Предполагать современное производство, обеспечивающееся исключительно человеческой деятельностью, невозможно. И действительно в реальных задачах появляется множество аспектов, которые не могут быть решены только специалистом данной области. Более того, стандартная система с заданным набором реакций, зачастую, уже не отвечает исходным требованиям.

В настоящий момент на передний план выступают интеллектуальные системы способные реагировать на изменяющиеся факторы.

Такая система, как правило, включает в себя множество аспектов, а ее структура определяется непосредственно предметной областью и поставленной проблематикой. Однако, при всем многообразии задач, можно выделить основные факторы.

II. ПОНЯТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В первую очередь, необходимо понимать, что подразумевается под понятием интеллектуальной системы, и каковы ее особенности.

В общем случае, интеллектуальной системой будем называть такую структуру, которая формирует воспроизведение функций человеческого мозга. С этой точки зрения, получается парадокс: с одной стороны происходит попытка убрать человека из производственного процесса, но с другой – наделить искусственную систему человеческими реакциями.

По сути, всю структуру можно разделить на следующие составляющие:

- блок считывания внешней информации;
- блок обработки информации;
- блок, отвечающий за принятие решений внутри системы;

- блок реагирования.

Поскольку любая система предполагает под собой адекватные реакции на входные данные, необходимо изначально найти решение нескольким неоднозначным проблемам:

- Зачастую, предметную область нельзя свести к единственному алгоритму. Сама концепция предполагает структуру, которую невозможно выделить из внешнего потока. Единственное, что допустимо сформировать, в таких случаях, качественные параметры, не поддающиеся описанию в терминах математического моделирования. Такие системы подпадают под термин плохо структурированных.
- Похожий и по звучанию, и по сути, но все-таки выделенный класс систем подразумевает наличие небольшого числа количественных данных. Такие системы считаются слабо структурированными, и, на практике, к ним, в большинстве случаев, применяются подобные методы, что и к плохо структурированным.
- Зачастую, поставленные задачи не имеют однозначного исхода. Входные параметры, тут тоже не типизированы. Кроме того, вариантов воплощения при нетривиальных условиях тоже существует множество, и зависят они как от исходных характеристик, так и от специалистов, создающих их в реальном мире.
- Системы, поведение которых носит стохастический характер и отсутствует внешнее управление, называются самоорганизующимися. Они вынуждены самостоятельно приспосабливаться ко всем изменениям.

Для формирования возможных реакций на входные воздействия интеллектуальные системы опираются на принципы, созданные человеческим мозгом. Для этого необходимо выделить следующие средства осознания природных систем:

- Зрение, которое снимает визуальную информацию и дает большую часть восприятия окружающего мира. В технических системах органами восприятия служат различные камеры, фотографические системы т. п.
- Слух, улавливающий звуковые волны.
- Тактильные ощущения, позволяющие ощутить размер объекта и текстуру.

- Обоняние, распознающее вещества в воздухе, которые дают запах.

Конечно, технические системы, в отличие от естественных, не дают эмоциональной составляющей. И действительно, один и тот же цвет может вызывать как положительные, так и отрицательные эмоции у живых существ, тогда как искусственно созданные манипуляторы определяют компоненты и выделяют его из окружающего пространства.

Далее можно выделить ряд задач:

- Первостепенно необходимо определить все параметры, которые существуют в системе. Они могут носить как количественный, так и качественный характер. В зависимости от получившегося набора, выбираются методологии и алгоритмы, позволяющие выполнить основную задачу. Естественно, что чем больше параметров будет выделено, тем более точно будет описан процесс, но тут необходимо и понимание, что не все показатели несут значительный характер и некоторыми можно пренебречь.
- Одним из самых важных моментов, является определение структуры системы. Именно она ответственна за расстановку приоритетов и последовательность передачи данных, используемых для общей задачи. Причем значение имеют не только уровни вложенности, но и количество, и характер связей.
- Любая система не существует в идеальном пространстве. Соответственно, особенно важно выделить элементы внешней среды, влияющие и приносящие значимые изменения.
- Сформированная система имеет основную задачу, которая, в свою очередь, может распадаться на множество составляющих. Для полноценной работы необходимо сформировать реакцию на все внутренние и внешние воздействия.
- Необходимо предусмотреть возможность расширения внутренних алгоритмов системы.
- Если система не полностью самостоятельная, а взаимодействует с человеком, то информация должна выводиться в доступной, для оператора, форме.

При проектировании любой интеллектуальной системы не стоит забывать про ее цикл жизни (рис. 1).



Рис. 1. Цикл жизни системы

Данная концепция подразумевает не только разработку и внедрение системы (а именно этот период должен быть максимально приближен ко времени жизни системы), но и ее модернизацию. Причем, в случае, интеллектуальных систем, изменение в компонентах это обычное действие.

Понятно, что для таких систем необходимо полноценно построить алгоритм принятия решений, а, значит, появляется задача распознавания образа.

III. ПРИНЦИП СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Живое существо соотносит мир в соответствии со знаниями, заложенными на протяжении всей жизни. Системе необходимо пройти ряд действий для того, чтобы можно было научиться понимать окружающий мир:

- Прежде всего, формируются критерии, на основе которых будут оцениваться результаты работы системы.
- На основе спецификаций системы, выбирается методология ее реализации.
- Для присвоения входящей информации конкретных значений, необходимо сформировать эталонную базу.

Сам алгоритм, независимо от методологии можно разложить на следующие составляющие:

- На первом этапе система получает информацию, которая становится исходными данными для работы алгоритма. Обозначим ее множеством M .
- Из всего множества информации выделяются отдельные составляющие – примитивы ω . Происходит это благодаря заложенным признакам x_i , $i = (1, \dots, N)$, где N показывает сколько всего признаков было заложено.

После этого, для каждого примитива ω становится возможным записать множество признаков $I(\omega) = (x_1(\omega), x_2(\omega), \dots, x_N(\omega))$.

Далее можно произвести разбиение исходных данных на подмножества Ω_i , учитывая правило:

$$M = \bigcup_{i=0}^m \Omega_i,$$

где m – количество классов.

- После проведенного разбиения, необходимо сопоставить элементы, формирующие базу эталонов I_0 и полученные $I(\omega)$.
- В случае попадания примитива ω в необходимый класс, допустимо определить значение предиката $P_i = (\omega \in \Omega_i)$, где $i = (1, \dots, m)$, откуда выводится следующим образом:

$$a_i \in \{0, (\omega \notin \Omega_i), 1(\omega \in \Omega_i), \Delta(\text{неизвестно})\}$$

- На следующем этапе производится вычисление $a(\omega) = (a_1(\omega), \dots, a_m(\omega))$ для каждого предиката ω .
- Последним этапом является оценка результатов, которая полагается на сформированные, на первом этапе критерии [1].

Понятно, что при общей простоте алгоритма, существует множество особенностей, часть из которых имеет сложное или, иногда даже невозможное, решение.

Так выбор критериев качества работы системы – задача нетривиальная. Учитывая, что интеллектуальные системы обладают высоким уровнем сложности, в них учитывается много различных аспектов, которые могут конфликтовать между собой. В этом случае приходится идти на компромиссы и делать допущения, которые понижают общие показатели качества.

Выбор методологии, в свою очередь, задача не менее сложная и противоречивая при реальной разработке. Для оптимизации приходится решать ряд задач, из которых стоит выделить:

1. Определение количества классов, которое может быть как фиксированным, так и изменяться в процессе работы, добавляя классы исходя из вновь образованных свойств.

2. Определение ключевых свойств, на основании которых будет производиться распознавание. В данном случае есть вероятность не принять во внимание параметр, который может сыграть важную роль для системы в целом.

3. Будет ли рассмотрена совокупность свойств или они будут носить единичный характер. Отдельные характеристики, конечно удобнее, однако многозадачность можно сформировать только совокупностью.

Отдельную проблематику задает выбор правил для разбиения по классам. Алгоритмов и принципов в этой области уже существует бесчисленное множество, и вопрос приходится решать исходя из конкретной задачи.

При отсутствии универсального решения, тем не менее, можно выделить несколько подходов к выбору правил:

1. Структурное распознавание или распознавание на основе формульных грамматик, которое подразумевает под собой составление синтаксических правил.

Данный подход предполагает обращение к структурной составляющей исходных данных. Его корректность определяется свойствами и характеристиками примитивов ω , что в свою очередь может стать проблемой из-за зашумления или относительно небольшого отличия между примитивами.

Для определения синтаксического метода должны быть введены несколько основных понятий:

- алфавит – фиксированный набор используемых символов;
- предложение – осмысленная последовательность символов алфавита;

- язык – предполагает множества предложений;
- грамматика – определяется множеством $G = (V_K, V_T, Q, S)$, где V_K – множество, обозначающее переменные используемые в языке, V_T – множество констант, т.е. постоянных языка; Q – множество, определяемое грамматическими правилами; S – множество исходных символов.

2. Альтернативой может служить составление эвристических правил.

Использование данного метода предполагает создание итерационного алгоритма, который производит сравнение имеющихся свойств и ищет отличия между ними.

Такой принцип лучше применять при наличии аналогичных исследований на начало работы системы.

3. Невозможно не упомянуть математические методы, которые опираются на составление математического анализа данных.

Принципиальным моментом тут выступает определение критериев качества и соответствие их исходной задаче.

Сложностей и проблем, при работе алгоритмов распознавания образов множество и далеко не все из можно преодолеть с помощью использования классических методов.

Именно поэтому из всего многообразия методологий выделяется использование нечеткой логики, которые могут стать решением возникающих сложностей.

IV. ПРИНЦИП РАБОТЫ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Сложность при работе с интеллектуальными системами возникает, в основном, по следующим причинам:

- отсутствие исходных данных;
- неопределенность на разных стадиях работы системы;
- структурная изменчивость, т.д.

Для того чтобы преодолеть остановку работы системы и получить требуемый результат необходимы обходные пути, которые и позволяют найти нечеткие алгоритмы.

В основе принципа лежит понятие степени принадлежности, т.е. когда классическая система дает возможность присвоение объекту только одного понятия, алгоритм нечеткой логики позволяет соотносить разные понятия, присваивая ему численную характеристику в диапазоне от 0 до 1.

Важным тут является то, что:

- сумма всех степеней принадлежности всегда должна равняться 1;
- если объект соотносится только с одним классом, то его степень принадлежности равна 1;

- если объект не принадлежит к классу, его степень принадлежности не отсутствует, а равняется 0;
- степень принадлежности должна быть больше 0 хотя бы для одного класса.

Обозначим $MF(\omega)$ как степень принадлежности, тогда возможно определить нечеткое множество C как $C = \{MF(\omega) / \omega\}, MF(\omega) \in [0,1]$.

В общем случае принцип использования нечеткой модели можно представить следующими образом:

1. Первая стадия – фазификатор. На этой стадии исходная последовательность данных преобразуется в вектор нечетких множеств.

2. Далее производится определение нечетких правил, имеющих вид: «если...то».

3. Использование логических операций «и» или «или» для связывания утверждений, которые предполагают совокупность нескольких правил.

4. Непосредственно работа аппарата нечеткого логического вывода, которая сводит все правила и получает итог.

5. Дефазификация – процесс, позволяющий из получившегося разбиения выбрать нужное решение поставленной задачи.

Принцип нечеткой логики можно использовать на любом этапе работы системы [2].

Как пример интересно рассмотреть вариант классификации данных.

В общем виде данный алгоритм можно записать следующим образом:

Этот этап следует за сегментацией и отвечает за определения объекта.

В общем случае алгоритм классификации можно представить в виде последовательности действий:

- определение исходных данных объекта, которые могут подаваться на вход с устройств, получаться из других процессов работы системы, т. д.;

- выявления свойств, по которым будет производиться разделение. Стоит помнить, что свойства не должны пересекаться по смыслу и при этом быть однородными;

- сравнение отдельно выделенного примитива ω с имеющимися образцами в базе эталонов. Для стандартного алгоритма, в этом случае, сформируется одно значение, тогда как нечеткий алгоритм может сопоставить объект с несколькими классами. Это удобно проиллюстрировать на выявление цветовой гаммы, когда основания могут быть очень близки по своей сути (красный и розовый, например), а решение зависит от частной задачи, которая, в свою очередь может меняться с течением времени;

- получение результата и его проверка на критерии качества.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принцип работы нечеткой логики не однозначен. Например, всегда будет стоять вопрос о том, какие допущения можно сделать, выбирая из нескольких степеней принадлежности ту, которая не обладает наибольшим значением.

Однако гибкость данных алгоритмов позволяет повысить степень интеллектуализации системы и, значит, получить лучшие результаты при решении сложных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Kozlova L.P., Kozlova O.A. Fuzzy Logic Application in Solar Panels. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Young Engineers of the Fuel and Energy. Complex: Developing the Energy Agenda of the Future" (EAF 2021). Published by Atlantis Press International B.V., Volume 213, 2022, pp. 45-50. <https://doi.org/10.2991/aer.k.220308.008>.
- [2] Kozlova L.P., Belov A.M., Kozlova O.A. The Use of Neural Networks for Planning the Behavior of Complex Systems. Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering. pp. 902-904. DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317234