

УДК 004.891.2

## МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОВ КОМПАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЙЕСОВСКИХ И НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ СЕТЕЙ

Однoblюдова А. М. (Санкт-Петербургский государственный университет)

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Стоянова О. В.

(Санкт-Петербургский государственный университет)

Для успешного выхода на новый рынок и функционирования на нем компании необходимо проводить оценку конкурентной среды на основе данных из открытых источников, учитывая мнения экспертов предметной области. В работе предложена комплексная модель для такой оценки, в которой реализованы алгоритмы дискретной байесовской сети и нейро-нечеткого вывода.

**Введение.** В настоящее время успех многих компаний при принятии решения о разработке нового продукта, вывода его на рынок определяется грамотно проведенным анализом конкурентной среды. В условиях цифровизации, динамичности развития технологий, и постоянного появления новых игроков данная задача лишь усложняется. При существующем разнообразии данных и многочисленности характеристик компаний-конкурентов, модель оценки конкурентной среды должна быть грамотно структурирована, гибка, быстро обновляема, а результаты ее работы хорошо интерпретируемыми и понятными для руководителей компании. Одним из способов оценивания является последовательное использование нескольких моделей, позволяющих учесть как объективную информацию о конкурентах, так и экспертные знания специалистов предметной области. На первом этапе вероятностный вывод позволяет путем моделирования иерархии характеристик компании-конкурента сформировать ее промежуточные оценки по важным направлениям, даже в условиях неопределенности. Далее нейро-нечеткая сеть, куда передаются сформированные промежуточные оценки, может быть успешно использована для настройки функций принадлежности и базы правил по конкурентам в нечеткой экспертной системе компании, которая предназначена для классификации новых конкурентов на рынке и оценки рыночной позиции.

**Основная часть.** Предлагаемая модель состоит из двух основных частей. Первая – это дискретная байесовская сеть сходящегося типа, иерархия которой формируются на основе параметров, важных с точки зрения экспертов компании. Она выдает оценку конкурента по определенному направлению в зависимости от значений на предыдущих уровнях. Таких направлений может быть несколько и, соответственно, сетей тоже. В качестве априорных вероятностей в сеть подаются объективные данные, собранные из открытых источников путем подключения к API, веб-скрепинга и т. д. Апостериорные вероятности на каждом уровне сети формируются на основе мнений экспертов путем метода попарных сравнений. Для формирования итоговой оценки может быть проведен вероятностный вывод, например, решена задача маргинализации. В данном случае сеть является деревом, на котором с помощью алгоритма распространения доверия оценки могут быть вычислены за линейное время.

Вторая часть – это адаптивная нейро-нечеткая сеть ANFIS, которая объединяет в себе принципы нейронных сетей и нечеткой логики. У нее есть входы, куда передаются сформированные оценки из первой части модели и выход, соответствующий степени угрозы конкурента для компании. Механизм нечеткой логики в сети реализован на основе алгоритма Сугено. Такая сеть может обучаться методом обратного распространения ошибки на меньшей по размеру выборке, ведь в ней уже заложены некоторые экспертные знания. Таким образом, обученная сеть, во-первых, позволит определить наиболее подходящие параметры для

функций принадлежности термов, характеризующих конкурентов, а во-вторых, при появлении нового конкурента оценивать степень его угрозы для компании.

Описанная модель была реализована на примере небольшой технологичной компании, занимающейся разработкой лазерного оборудования. Использовался язык python, а также его надстройки и библиотеки. Вся информация по конкурентам была собрана в NoSQL СУБД MongoDB, которая позволила гибко и эффективно работать с данными.

В ходе формализации мнения экспертов были сформированы такие важные для данной фирмы параметры, как технологичность, продуктовая разработка, потребительская оценка и т. д. Для каждого из данных параметров было построено дерево, листьями которого являлись факторы, получающие данные из модуля сбора данных из открытых источников. Например, в графе для технологичности одним из начальных факторов на первом слое является количество технологий, используемых конкурентом при разработке продукта, собранное с помощью веб-скрепинга маркетплейса предметной области. Байесовская сеть была реализована с помощью библиотеки для вероятностного моделирования pomegranate.

Для корректной работы ANFIS сформирована база знаний, включающая в себя базу правил нечеткого вывода, а также начальные параметры функций принадлежности термов. В качестве функции принадлежности реализованы Гауссова функция, обобщенная колоколообразная функция. Для обучения сети использовались оценки входов, полученные с помощью моделей на основе байесовских сетей, для основных конкурентов компании, а также экспертные оценки рыночной позиции конкурента и его угрозы для компании, полученные из опроса экспертов. Сама ANFIS сеть реализована с помощью фреймворка PyTorch.

**Выводы.** Таким образом, спроектирована и реализована модель оценки конкурентов на основе байесовских и нейро-нечетких сетей. Данная модель может быть внедрена в маркетинговую информационную систему компании, дополнив другие ее модули, связанные с анализом рынка. В частности, для модели может быть сформирован визуальный интерфейс, где эксперты сами будут вносить требуемые от них параметры в модель и получать интуитивно понятный результат по собранным данным о конкурентах и сформированным с помощью сетей параметрам оценки соперников. В качестве направления дальнейшего исследования можно указать реализацию в ANFIS функций принадлежности других типов, а также использования новых алгоритмов обучения нейро-нечетких сетей.