

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАПРОСОВ

Аннотация: Рассматриваются нейронные сети для решения задачи прогнозирования длительности обслуживания запросов в колл-центре.

Ключевые слова: “Интеллектуальный дайлер”, нейронные сети, многослойный персептрон.

Введение

Система интеллектуального набора номера (интеллектуальный “дайлер”) — модуль автоматических телефонных звонков, одна из важнейших функций современного колл-центра. Он необходим для эффективного выполнения целого ряда задач: телефонных продаж, работы с должниками, опросов, голосовых оповещений. И естественно, что интеллектуальным “дайлером” стараются обзавестись все успешные колл-центры и те из них, кто непосредственно работает с “исходящими обзвонами”.

Интеллектуальный набор номеров использует компьютерная система, которая автоматически набирает группы телефонных номеров, а затем, как только с абонентом устанавливается связь, передает вызов на оператора колл-центра, который готов его обработать. Если телефонный звонок не отвечен, получает сигнал занято, попадает на автоответчик или факс, то система заканчивает вызов [5]. Только вызовы отвеченные живым человеком ставятся на оператора. Таким образом, производительность увеличивается, так как операторы не должны слушать не отвеченных звонков или ждать пока произойдет дозвон абоненту.

Постановка задачи

Обычно для реализации систем обзвона используют “автодайлеры”, которые реагируют на изменение статуса оператора. Как только оператор становится готовым принять звонок, система начинает набор номера.

Схема, представляющая работу одной из таких автоматических систем набора номеров, показана на рисунке 1.

В нашей задаче, для реализации системы интеллектуального набора номеров, нужно на основании статистических данных о звонках прогнозировать время окончания разговора абонента с оператором. В результате чего, учитывая долю отвеченных звонков, интеллектуальный “дайлер” может набирать одновременно нужное количество линий, как только оператор становится свободным. Даже наборы, на которые ответили, заняли некоторое время, прежде чем их подобрали. Если обычно



Рис. 1 – Структурная схема работы автоматической системы набора номеров

это занимает 10 секунд и разговор длится в среднем 90 секунд, интеллектуальный коммуникатор может начать набор следующего номера через 80 секунд с момента дозвона предыдущему абоненту. Это позволит уменьшить время, которое операторы тратят на ожидание между разговорами, а также свести к минимуму возможность передачи звонка на оператора, который в данный момент времени не готов его обработать [4].

Структурная схема данной системы показана на рисунке 2.

Такой подход к управлению звонками в колл-центре позволяет эффективно использовать до 57 минут в час на обработку звонка оператором. Сравнительно в обычном режиме набора абонентов с пользой используется только до 40 минут в час.

Приведенные параметры представляют собой детализацию звонка произведенного оператором и отражают рабочие характеристики колл-центра в момент его обработки:

- X_1 – время дозвона, секунд;
- X_2 – время разговора, секунд;
- X_3 – постобработка звонка, секунд;
- X_4 – процент дозвона, % ;
- X_5 – среднее время простоя оператора, секунд;
- X_6 – процент потерь, %;
- X_7 – интервал набора номера, секунд;

Все перечисленные признаки имеют количественный характер. Признак X_7 (интервал набора номера) представляется здесь “выходной” или “основной” следственной переменной, определяемой или формулируемой

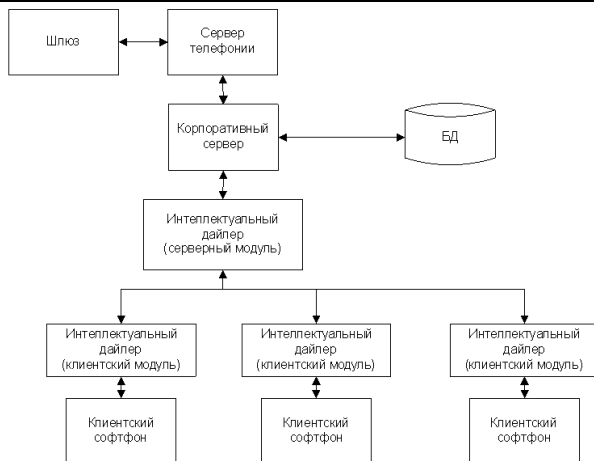


Рис. 2 – Структурная схема работы интеллектуальной системы набора номеров

другими переменными $X_1 - X_6$. Логично, что интервал набора номера зависит от времени разговора оператора с абонентом, обратное не имеет место. Аналогичные зависимости можно провести и по другим признакам.

В связи с этим, сформулируем следующую задачу: определить причинно-следственные связи между интервалом набора номера для оператора (X_7) и характеризующими его параметрами ($X_1 - X_6$).

Обзор методов решения

Поскольку у нас сформулирована задача, результатом которой должен быть интервал набора номера, рассмотрим несколько вариантов ее решения

1. Регрессионный анализ

Регрессионный анализ используется для создания математических моделей процессов на основе наблюдений с использованием метода наименьших квадратов [3].

Недостатком данного подхода является невозможность использования регрессионной модели для решения поставленной задачи на протяжении определенного времени работы системы и адаптации коэффициентов регрессионной модели к новым значениям входных данных.

2. Нейронные сети

Среди известных архитектур искусственных нейронных сетей, приведем наиболее общие сведения об их устройстве для решения задачи прогнозирования.

В задачах прогнозирования требуется предсказать значение переменной, принимающей непрерывные числовые значения: завтрашнюю цену акций, расход топлива в автомобиле, прибыли в следующем году и т.п. В таких случаях в качестве выходной требуется одна числовая переменная.

Многослойный персептрон

Эта архитектура сети используется сейчас наиболее часто. Каждый элемент сети строит взвешенную сумму своих входов с поправкой в виде слагаемого и затем пропускает эту величину активации через передаточную функцию, и таким образом получается выходное значение этого элемента [1]. Элементы организованы в послонную топологию с прямой передачей сигнала. Такую сеть легко можно интерпретировать как модель вход-выход, в которой веса и пороговые значения (смещения) являются свободными параметрами модели. Такая сеть может моделировать функцию практически любой степени сложности, причем число слоев и число элементов в каждом слое определяют сложность функции. Определение числа промежуточных слоев и числа элементов в них является важным вопросом при конструировании многослойного персептрона.

Метод исследований

При выборе метода исследований необходимо учесть тот факт, что большинство признаков – количественные и поэтому имеющиеся данные требуют применения специальных приемов исследования. Для решения данной задачи будем использовать нейронные сети.

Использование нейронных сетей для построения данного модуля позволит рассчитывать поток исходящих вызовов и уравновесить простой оператора в допустимых рамках в зависимости от накопленных ею знаний. Нейронные сети дают интеллектуальный метод построения модели “дайлера” и позволяют прогнозировать изменение внутри системы и адаптироваться советующим образом, прежде чем порог сброшенных звонков превысит критическую для колл-центра цифру или время простоя оператора достигнет неприемлемого уровня.

Для решения этой задачи выберем нейронную сеть с топологией – многослойный персептрон.

Сеть такого типа обычно очень хорошо справляется с задачами, в которых:

ответ действительно зависит только от того, что мы даем на вход сети, и никак не зависит от истории входов.

в наличии есть достаточно много примеров. Это связано с тем, что имея много коэффициентов, сеть может банально запомнить много конкретных примеров, и выдавать на них отличный результат.

Архитектура, в которой идут подряд несколько слоев нейронов входной, один или несколько скрытых слоев, и выходной слой. Почти всегда обучается методом обратного распространения ошибки — что автоматически означает, что мы должны предоставить для обучения

набор пар “входной вектор — правильный выход”. Тогда входной вектор отправится на вход сети, последовательно будут рассчитаны состояния всех промежуточных нейронов, и на выходе образуется выходной вектор, который мы и сравним с правильным.

Расхождение даст нам ошибку, которую можно распространить обратно по связям сети, вычислить вклад в итоговую ошибку каждого нейрона, и скорректировать его веса, чтобы ее исправить. Повторив эту процедуру многократно, возможно выйдет обучить сеть [2].

Итак, будем использовать нейронную сеть - многослойный перцептрон. Очевидно число входных нейронов – 6, число выходных нейронов – 1.

В качестве обучающей выборки возьмем данные приведенные в таблице 1. Они представляют собой детализацию звонка произведенного оператором и отражают рабочие характеристики колл-центра в момент его обработки.

Для проверки тенденции эффективности обучения сети проведем ее обучение в четыре этапа, которые будут отличаться размером обучающей выборки, и сравним погрешности на выходе в каждом из этапов ее обучения.

Для каждого из четырех случаев возьмем соответственно выборки, состоящие из 10, 20, 30 и 40 первых векторов приведенных в таблице 1.

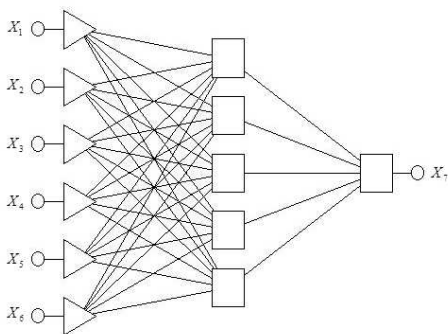


Рис. 3 – Архитектура нейросети системы интеллектуального набора номера

В результате, на каждом из этапов, получим обученную нейронную сеть с одним скрытым слоем.

Контрольный пример

Итак, имея обученную нейронную сеть важно проверить ее результат ее работы на контрольном примере. Для контрольной проверки результатов работы сети используем статистику обработанных звонков опе-

Выборка, отражающая зависимость интервала набора номера от рабочей нагрузки колл-центра

№ п/п	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
1	34	127	26	0,57	0	0,6	65
2	9	60	12	1	0	0,5	71
3	30	25	20	0,31	16	0	1
4	15	236	2	0,57	0	0,4	138
5	6	60	12	1	0	0	58
6	17	245	21	0,36	12	0	85
7	10	30	7	0,8	0	0,8	28
8	30	269	25	0,7	5	0,3	196
9	13	88	25	0,66	9	0,2	71
10	28	110	0	0,33	0	0	9
11	18	73	20	0,91	10	1,5	71
12	13	181	2	0,95	0	0	162
13	28	186	13	0,64	5	0	101
14	7	60	12	1	7	0	63
15	32	257	18	0,42	0	0,7	101
16	31	104	4	0,5	6	0	25
17	36	83	4	0,75	0	0,9	51
18	19	217	10	0,96	5	1,1	273
19	23	183	15	0,5	0	3	152
20	35	105	22	0,58	2	0,1	40
21	31	173	17	0,57	0	0,1	78
22	22	66	22	0,59	1	1	41
23	14	53	27	0,79	0	1,2	69
24	31	179	18	0,98	8	0,1	166
25	11	60	10	0,87	0	1,9	82
26	22	249	18	0,92	11	0	231
27	10	60	12	1	0	0	62
28	31	84	1	0,42	13	1,3	14
29	9	40	9	0,54	5	1,4	29
30	10	174	0	0,8	2	1,5	196
31	14	218	22	0,81	1	0	183
32	8	60	12	1	0	2	100
33	13	4	15	0,73	3	1,6	4
34	22	78	13	0,74	2	1,7	73
35	16	94	29	0,7	3	1,8	115
36	24	177	10	0,56	0	0	82
37	32	63	27	0,54	8	0	21
38	10	11	11	0,69	3	0	7
39	5	60	12	1	0	2,1	97
40	9	75	12	0,79	9	0	65

ратором колл-центра, за определенный промежуток времени в пределах одного рабочего обзвона. Сравним результат предсказанных значений сети с наблюдаемыми (таблица 2). Оценим тенденцию изменения среднеквадратического отклонения результатов (2) на каждом из этапов обучения сети, с разными размерами обучающей выборки и проанализируем погрешности результатов работы нейросети, при одинаковых факторах рабочей нагрузки колл-центра (таблица 3).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Таблица 2
Таблица, отражающая наблюдаемые и предсказанные значения интервалов набора номера и их разницу

X наблюдад.	X предсказ.	ΔX
65	76,63	-11,63
71	69,03	1,96
1	-44,74	45,74
138	219,13	-81,13
58	66,89	-8,89
85	100,32	-15,32
28	31,25	-3,25
196	138,69	57,30
71	91,87	-20,87
9	13,63	-4,63

Таблица 3
Таблица, отражающая зависимость среднеквадратического отклонения результатов от размера обучающей выборки

№ п/п	Размер обучающей выборки (векторов)	σ
1	10	40,71
2	20	35,94
3	30	27,39
4	40	24,01

Заключение

Как видим, результаты, которые предлагает нейронная сеть, довольно таки близки к конкретным записям статистики, и среднеквадратическое отклонение предсказанных и фактических результатов при увеличении обучающей выборки стремится к 0. Это значит, что топология сети выбрана нами верно и сеть можно использовать для поставленной нами задачи, определения интервала набора номера системой интеллектуального набора номера и может использоваться для реализации данного модуля для колл-центра.

Недостатком данной сети есть ошибочные принятия решений, что видно из контрольной проверки. Причиной появления таких значений есть недостаточно большая обучающая выборка. Поэтому для улучшения работы модуля необходимо периодически коррелировать работу сети накопленными данными в процессе работы колл-центра, что в принципе и позволяет сделать персептрон, используя метод обратного распространения ошибки.

Литература

1. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-у изд. Стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 382с.: ил.
2. Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных / Под редакцией В.П. Боровикова. – 2-у изд., перераб. И доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 392с., ил.
3. Вучков И. Прикладной линейный регрессионный анализ. – М. Финансы и статистика, 1987. – 239 с.
4. Look ahead method and apparatus for predictive dialing using a neural network. Joseph P.Bigus; Richard A. Diedrich, both of Rochester, Minn.; Charles E. Smith, Boca Raton, Fla. International Business Machines Corp. Armonk, N.Y. Dec 11, 1990.
5. <http://www.freepatentsonline.com/5570419.html> - System and method for an improved predictive dialer.

Отримано 23.03.2012 р.