

Применение байесовских сетей доверия для выбора графического планшета

Болтовский Гавриил Александрович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью статьи являлось построение байесовской сети доверия для формализации задачи выбора графического планшета. Спецификации устройств были собраны из открытых источников, сведены в единую таблицу и подготовлены к моделированию; построение и параметризация сети выполнялись в Netica. В результате получена воспроизводимая модель, позволяющая выбрать наилучший графический планшет.

Ключевые слова: Байесовские сети доверия, графические планшеты, многокритериальный выбор, Netica, спецификации устройств

Using Bayesian belief networks to pick a graphics tablet

Boltovsky Gavriil Alexandrovich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The aim of the article was to construct a Bayesian belief network to formalize the task of selecting a graphics tablet. Device specifications were collected from open sources, compiled into a single table, and prepared for modeling; the network was constructed and parameterized in Netica. The result was a reproducible model that allows the best graphics tablet to be selected.

Keywords: Bayesian belief networks, graphics tablets, multi-criteria selection, Netica, device specifications

1 Введение

1.1 Актуальность исследования

С каждым месяцем задача выбора подходящей электронной техники для работы становится всё сложнее. Связано это с развитием промышленности и со скоростью создания новых товаров, которые выполняют ту или иную цель. Соответственно, каждый продукт, представленный в той или иной категории электронных товаров, является уникальным по своим характеристикам. Могут отличаться не только незначительные, но и критически-важные для работы в предназначенной сфере деятельности человека. Данная проблема свойственна и при выборе графических планшетов. Такие планшеты были созданы для облегчения работы дизайнеров и художников. Выбор состоит из сравнения

важных для человека характеристик и на основе полученных результатов выбирается наиболее подходящий планшет. Но такая задача не будет сложной, если выбрать нужно из 3-х или 5-и планшетов. Так как на рынке в настоящее время представлено более 100-а уникальных моделей, то выбор сильно усложняется из-за разнообразия устройств.

Для решения такой проблемы можно использовать определённые вероятностные модели, которые помогут с выбором. Одной из таких моделей являются байесовские сети доверия.

1.2 Обзор исследований

А.В. Торопова и Т.В. Тулупьева рассмотрели работу модели байесовских сетей доверия на примере создания записей в социальной сети «ВКонтакте» [1]. Авторы предложили модель для вычисления оценки интенсивности поведения на основе сведений о трех последних эпизодах поведения, а также минимальном и максимальном интервалах между эпизодами.

А.Б. Вилков и А.А. Корепанова изучили задачу выявления пользовательских уязвимостей к социоинженерным атакам с помощью применения байесовских сетей [2]. В работе выделены атрибуты профиля, извлекаемые из профиля в социальной сети, которые могут быть использованы при построении байесовской сети.

Н.А. Харитонов описал процесс имплементации РС-алгоритма обучения структуры сети с использованием байесовских сетей доверия [3].

Е.С. Кузнецова, А.Ю. Панов и С.В. Кузнецов рассмотрели в своей работе возможность и целесообразность применения методики расчета рисков при разработке и реализации стратегии производственного предприятия на основе применения байесовских сетей [4].

М.С. Фролова, А.А. Корепанова и М.В. Абрамов рассмотрели подход к оценке открытости пользователя сети с помощью байесовской сети доверия [5].

Р.З. Хайруллин представил модель байесовских сетей доверия, которая предназначена для выявления причинно-следственных связей на основе обработки статистической информации по результатам проведения проверок средств измерений. Модель позволяет оценивать влияние различных факторов на результаты проверок [6].

1.3 Цель исследования

Цель исследования – применить байесовские сети доверия, чтобы пользователь мог выбрать подходящий ему графический планшет для работы.

1.4 Постановка задачи

В работе были формализованы критерии выбора графического планшета и отобраны признаки, влияющие на решение пользователя: рабочая область, разрешение и шаг, уровни давления, поддержка наклона, частота опроса, интерфейс подключения, совместимость и цена. Были собраны данные по

актуальным моделям из спецификаций и каталогов, приведены единицы измерения к единому формату, устранены пропуски, зафиксированы источники и закодирована целевая переменная «пригодность к выбору» для нескольких профилей использования.

Далее в Netica была спроектирована байесовская сеть доверия с узлами-признаками и целевым узлом, обоснована структура зависимостей, оценены априорные распределения и условные таблицы вероятностей по совокупности данных и экспертных допущений, выполнена настройка модели и получены апостериорные оценки пригодности для конкретных устройств. Были проведены сценарные прогоны под различные профили, выполнен анализ чувствительности для выявления наиболее влияющих параметров, сформировано ранжирование планшетов под заданные требования и показаны демонстрационные кейсы применения; по итогам были даны практические рекомендации и обозначены границы применимости модели на контрольных примерах.

2 Методы исследования

На рынке программного обеспечения представлена Netica – программа, которая предназначена для построения байесовских сетей доверия. Для решения поставленной задачи выбрана именно эта программа по следующим причинам:

1. Доступный для пользователя интерфейс. В программе может разобраться пользователь, ранее не занимавшийся анализом данных и построением моделей анализа;

2. Сети представлены визуально и их можно легко редактировать. Netica предоставляет необходимый функционал для построения и редактирования сетей. Можно добавлять, удалять и редактировать связи между таблицами и их свойствами;

3. Netica доступна любому желающему. Хотя и функционал ограничен в бесплатной версии, но его достаточно для построения сетей и решения задачи в рамках проводимого исследования.

Данные о графических планшетах получены с открытых источников и магазинов электронной техники, таких как DNS.

3 Результаты и обсуждения

Перед началом построения байесовской сети, необходимо дать определение данной модели, описать работу с Netica и определить необходимые характеристики графических планшетов.

Байесовская сеть – это вероятностная модель, состоящая из множества переменных и их зависимостей по Байесу. Модель представлена в виде ациклического графа, каждой вершине которого соответствует переменная. Дуги графа определяют отношения между этими переменными. Вершины могут представлять переменные любых типов, быть взвешенными параметрами, скрытыми переменными или гипотезами (рис. 1).

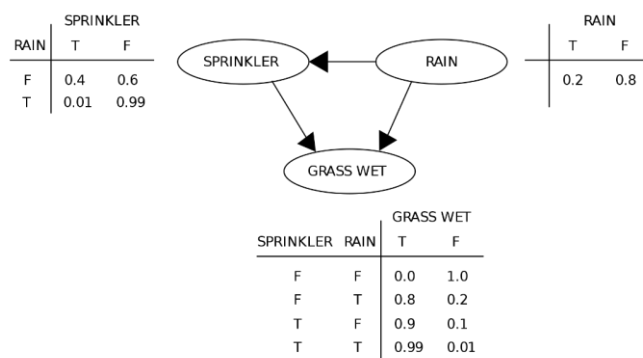


Рисунок 1 – Пример байесовской сети доверия

Данная модель хорошо подходит для определения ответов на вероятностные вопросы. Одним из таких вопросов может быть «Какой графический планшет выбрать для работы?». Из-за большого количества моделей, представленных на рынке, определить нужную модель достаточно сложно. Поэтому байесовская сеть может быть полезна при решении данной задачи.

Для решения задачи, как было описано в пункте 1.6, хорошо подойдет программное обеспечение Netica. Перед построением сетей, нужно определить основные функции программы, которые нужны для решения поставленной задачи.

Netica – удобный для использования программный продукт и обладает понятным интерфейсом и необходимым функционалом построения байесовских сетей доверия, что его делает хорошим инструментом для решения задач, связанных с выбором чего-либо. Программа распространяется на платной основе, но также доступна бесплатная версия (“Limited Mode”). В бесплатной версии обладает полным функционалом, но накладывает ограничения на созданную модель по размеру.

Netica может использовать сети для выполнения различных видов умозаключений, используя самые быстрые и современные алгоритмы. Если задан новый случай, о котором мы имеем ограниченные знания, Netica найдет соответствующие значения или вероятности для всех неизвестных переменных. Эти значения или вероятности могут быть отображены различными способами, включая гистограммы и счетчики.

Netica может быть использована для преобразования сети различными способами. Переменные, которые больше не представляют интереса, могут быть удалены без изменения общей взаимосвязи между оставшимися переменными. Вероятностные модели можно исследовать с помощью таких операций, как изменение направления отдельных звеньев сети, удаление или добавление причинно-следственных связей. Эти операции можно выполнять одним щелчком мыши, что делает Netica очень удобной для простого исследования и обучения концепциям сетей убеждений и диаграмм влияния.

Перед началом работы необходимо подготовить данные по графическим планшетами. Характеристики можно получить на сайте любого магазина

электронной техники (соответственно и значения необходимых характеристик для каждого графического планшета).

Путём исследования были определены наиболее важные характеристики для графического планшета:

1. Диагональ (в таблице: diagonal) – отношение длины и ширины рабочей области графического планшета;

2. Разрешение в LPI или «lines per inch» (в таблице: lpi) – один из основных параметров рабочей области. Разрешение выражает плотность датчиков рабочей области. Чем выше этот показатель, тем точнее планшет передает движения пера;

3. Способ ввода (в таблице: screen) – определяет, как человек может взаимодействовать с устройством: некоторые планшеты имеют сенсорную рабочую область, другие поддерживают только перьевой ввод;

4. Тип пера (в таблице: pen type) – от данного параметра зависит, как работает перо – оно может работать на батарейках или оно может быть пассивным;

5. Чувствительность пера (в таблице: sensitivity) – количество уровней силы нажатия пера, которое способен распознавать планшет. С помощью изменения силы нажатия изменяются толщина линий и цветовые оттенки;

6. Точность пера (в таблице: pen accuracy) – погрешность, в пределах которой устройство различает касания пера. Точность не должна превышать 0.5 мм;

7. Цена (в таблице: price) – стоимость устройства в магазинах электронной техники.

На основе данных характеристик необходимо составить таблицу. Таблица может быть представлена в формате xlsx или csv, переменные не должны начинаться с точки, запятой или наклонной черты (см. рис. 2).

model	diagonal	lpi	screen	pen type	sensitivity	pen accuracy	price
Wacom One 13	294x166	2540	sensor	passive	4096 0.01		44999
Wacom Cintiq Pro 24 touch	522x294	5080	touch/feather	passive	8192 0.3		289999
Wacom Intuos M Bluetooth	216x135	2540	feather	passive	4096 0.25		15999
Parblo A610 Pro	254x158.8	5080	feather	passive	8192 0.3		8499
XP-Pen Deco 01 V2	254x158.8	5080	feather	passive	8192 0.25		5499
HUION Inspiroy RTS-300	160x100	5080	feather	passive	8192 0.3		5999
XP-Pen Deco Fun S	160x102	5080	feather	passive	8192 0.25		3999
One by Wacom 2 Small	152x95	2540	feather	passive	2048 0.3		4499
XP-Pen Star G430S	101x76	5080	feather	passive	8192 0.25		2499
XP-Pen Star 03 V2	260x170	5080	feather	passive	8192 0.01		3999
XP-Pen Deco Fun S	160x102	5080	feather	passive	8192 0.25		3999
XP-Pen Deco Pro S	230x130	5080	feather	passive	8192 0.25		8499
XP-Pen Artist 12 PRO	263.3x144.2	5080	feather	passive	8192 0.25		24999
XP-Pen Artist 12 2nd Gen	263.23x148.07	5080	feather	passive	8192 0.3		26999
XP-Pen Artist 22R Pro	476.1x267.8	5080	feather	passive	8192 0.25		55999
XP-Pen Artist 16 Pro	344.16x193.59	5080	feather	passive	8192 0.01		61299
HUION RTE-100	121.9x76.2	5080	feather	passive	8192 0.3		2999
HUION H420	121.9x76.2	4000	feather	battery	2048 0.3		3799
HUION H610PRO V2	254x158.8	5080	feather	passive	8192 0.3		5499
HUION H5610	254x158.8	5080	feather	passive	8192 0.3		8999
HUION Inspiroy RTP-700	279.4x174.6	5080	feather	passive	8192 0.3		12999
HUION Inspiroy Keydial KD200	226x142.88	5080	feather	passive	8192 0.3		15499
HUION Q11K	279.4x174.6	5080	feather	accumulator	8192 0.3		15999
HUION Kamvas 12	256.3x144.2	5080	sensor	passive	8192 0.3		26999
HUION GT-156HD V2	344x194	5080	sensor	battery	8192 0.5		29999

Рисунок 2 – Данные о графических планшетах

На основе данной таблицы можно строить байесовскую сеть доверия. Необходимо загрузить файл с таблицей в Netica и обучить модель. Для этого нужно использовать функцию Add Case File Nodes, которая расположена в Cases – Learn. В результате можно будет увидеть таблицу, но уже разделённую по переменным, которые были указаны в первой строке файла (см. рис. 3).

Данные переменных представлены в виде отдельных таблиц, в заголовке которых указано название переменной, заранее определённое в исходной таблице. Под названием указаны все встречающиеся значения в наборе данных и их вероятность появления в таблице. В отдельном блоке справа от вероятностей представлены диаграммы, они нужны будут после обучения модели, когда будет готова байесовская сеть доверия.

На данном этапе модель ещё не обучена и нет возможности решить поставленную задачу. Обучение модели может занять некоторое время, особенно если исходный набор данных большой.

model		sensitivity		pen accuracy		price	
HUION GT-156HD V2	4.17	2048	33.3	0.01	25.0	2499	5.26
HUION H420	4.17	4096	33.3	0.25	25.0	2999	5.26
HUION H610PRO V2	4.17	8192	33.3	0.3	25.0	3799	5.26
HUION HS610	4.17			0.5	25.0	3999	5.26
HUION Inspiroy Keydial KD2...	4.17					4499	5.26
HUION Inspiroy RTP-700	4.17					5499	5.26
HUION Inspiroy RTS-300	4.17					5999	5.26
HUION Kamvas 12	4.17					8499	5.26
HUION Q11K	4.17					8999	5.26
HUION RTE-100	4.17					12999	5.26
One by Wacom 2 Small	4.17					15499	5.26
Parblo A610 Pro	4.17					15999	5.26
Wacom Cintiq Pro 24 touch	4.17					24999	5.26
Wacom Intuos M Bluetooth	4.17					26999	5.26
Wacom One 13	4.17					29999	5.26
XP-Pen Artist 12 2nd Gen	4.17					44999	5.26
XP-Pen Artist 12 PRO	4.17					55999	5.26
XP-Pen Artist 16 Pro	4.17					61299	5.26
XP-Pen Artist 22R Pro	4.17					290000	5.26
XP-Pen Deco 01 V2	4.17						
XP-Pen Deco Fun S	4.17						
XP-Pen Deco Pro S	4.17						
XP-Pen Star 03 V2	4.17						
XP-Pen Star G430S	4.17						

screen	
fearher	25.0
feather	25.0
sensor	25.0
touch/feather	25.0

pen type	
accumulator	33.3
battery	33.3
passive	33.3

lpi	
2540	33.3
4000	33.3
5080	33.3

diagonal	
101x76	5.26
121.9x76.2	5.26
152x95	5.26
160x100	5.26
160x102	5.26
216x135	5.26
226x142.88	5.26
230x130	5.26
254x158.8	5.26
256.3x144.2	5.26
260x170	5.26
263.23x148.07	5.26
263.3x144.2	5.26
279.4x174.6	5.26
294x166	5.26
344.16x193.59	5.26
344x194	5.26
476.1x267.8	5.26
522x294	5.26

Рисунок 3 – Разделённая по переменным исходная таблица данных

Теперь необходимо обучить модель и построить байесовскую сеть. Для этого нужно выбрать опцию Tree Augmented Naive Bayes (Cases – Learn – Learn TAN Structure), предварительно выбрав целевую переменную (в случае проводимого исследования это цена). В результате получится сеть, в которой соединены все переменные между собой тем или иным образом. Связи обозначаются стрелкой (см. рис. 4).

Также есть возможность собрать все возможные случаи выбора различных значений параметров в один файл формата “.cas”. Данный файл будет полезен для людей, работающих с большими наборами данных, так как даже таблица из 10-и записей и 5-и параметров в результате может иметь большое количество уникальных комбинаций характеристик. Но данная

возможность полезна в случае, если у нас предполагается, что одна модель устройства может иметь различные характеристики (например, компьютер может иметь различные комплектующие, но модель сборки может называться одинаково).

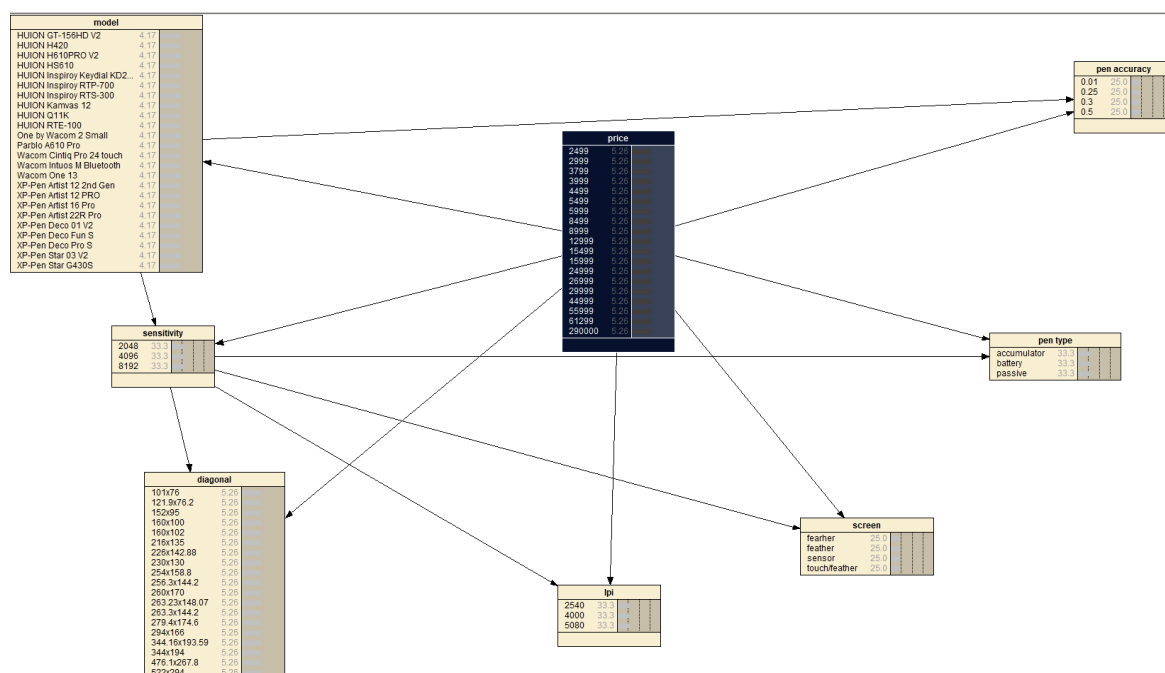


Рисунок 4 – Сеть, получившаяся в результате обучения модели

Можно заметить, что некоторые связи противоречивы. Это необходимо исправить, вручную удалив неправильные связи. Например, противоречивыми связями являются диагональ и чувствительность пера, *ipr* и чувствительность пера и другие связи. После удаления нужно обучить модель с помощью ЕМ-алгоритма. В итоге диаграммы справа от значений переменной изменятся (см. рис. 5).

ЕМ-алгоритм используется в математической статистике для нахождения оценок максимального правдоподобия параметров вероятностных моделей (к которым и относятся байесовские сети доверия). Алгоритм состоит из 2-х шагов:

1. Expectation – вычисление значения функции правдоподобия параметров модели;
2. Maximization – вычисление оценки максимального правдоподобия.

В случае использования Netica, весь процесс выполнения ЕМ-алгоритма автоматизирован и нет необходимости вручную проводить какие-либо вычисления.

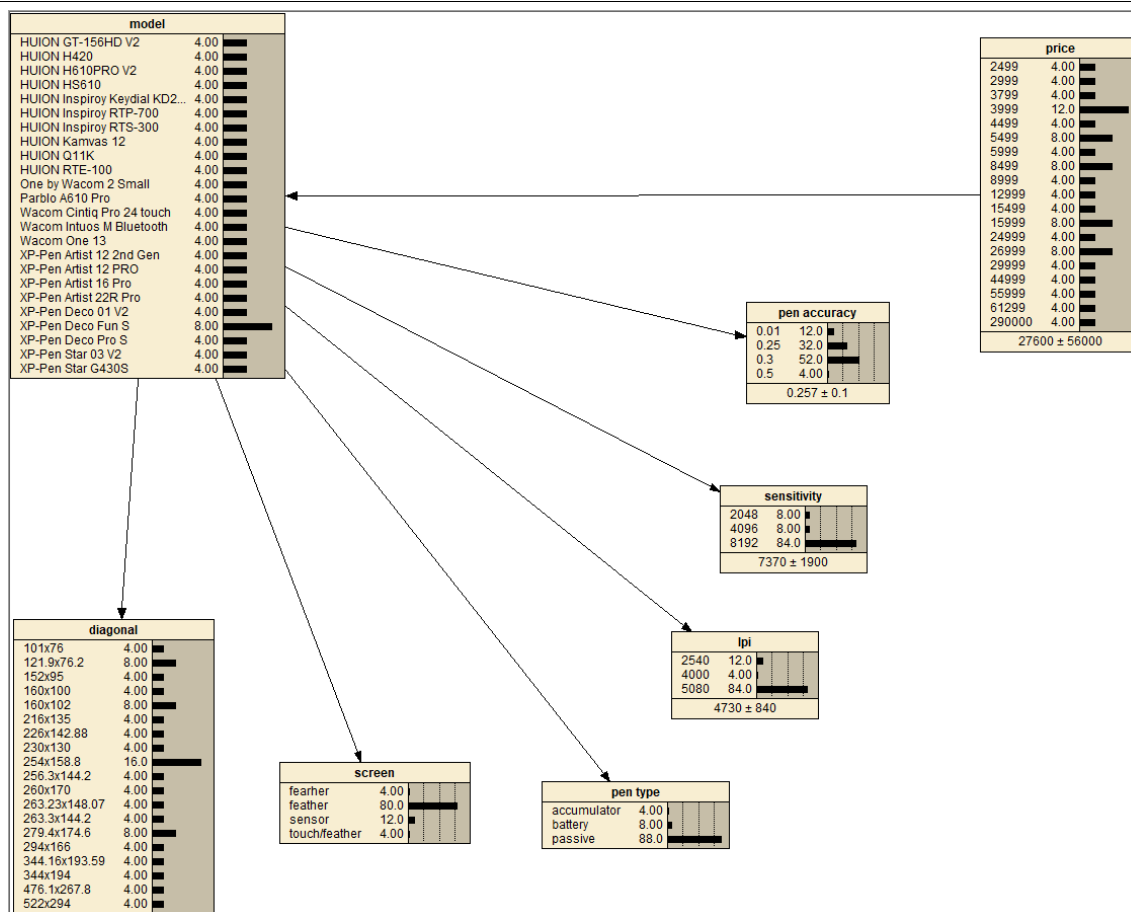


Рисунок 5 – Обученная EM-алгоритмом модель

Модель обучена и готова к использованию. Смоделируем 2 ситуации для проверки надёжности модели:

1. Покупателю нужен графический планшет с высокой чувствительностью пера, сенсорным экраном и средней точностью пера.

Для подбора планшета по соответствующим параметрам, необходимо выбрать:

- sensitivity = 8192;
- pen accuracy = 0.3;
- screen = sensor;

По результатам выбранных параметров, модель предложит графический планшет HUION Kamvas 12 (см. рис. 6).

Данный графический планшет действительно соответствует заявленным характеристикам и подходит покупателю. Стоимость планшета составляет 26999 рублей.

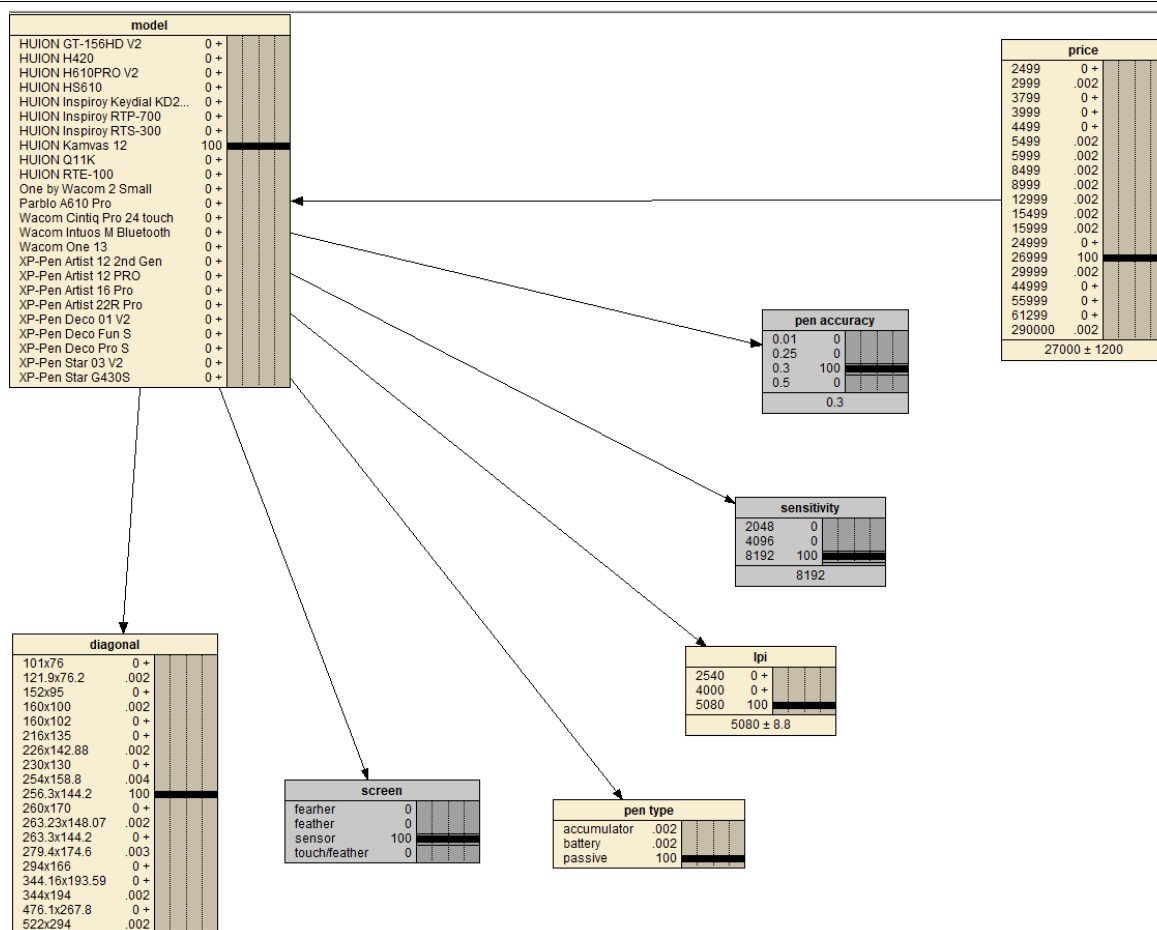


Рисунок 6 – Результат работы модели при выборе определённых параметров

2. Покупателю нужен графический планшет с низким значением lpi и подходящим для дизайна размером рабочей областью.

Параметры, которые необходимо выбрать для определения нужного устройства:

- lpi = 2540;
- diagonal = 294x166;

По данным параметрам модель определила подходящий графический планшет: Wacom One 13 (см. рис. 7). Можно отметить среднюю чувствительность пера: 4096. Такой чувствительности будет достаточно для работы в дизайнерской сфере. Также у планшета высокая точность пера: 0.01 мм.

Стоимость такого устройства составляет 44999 рублей.

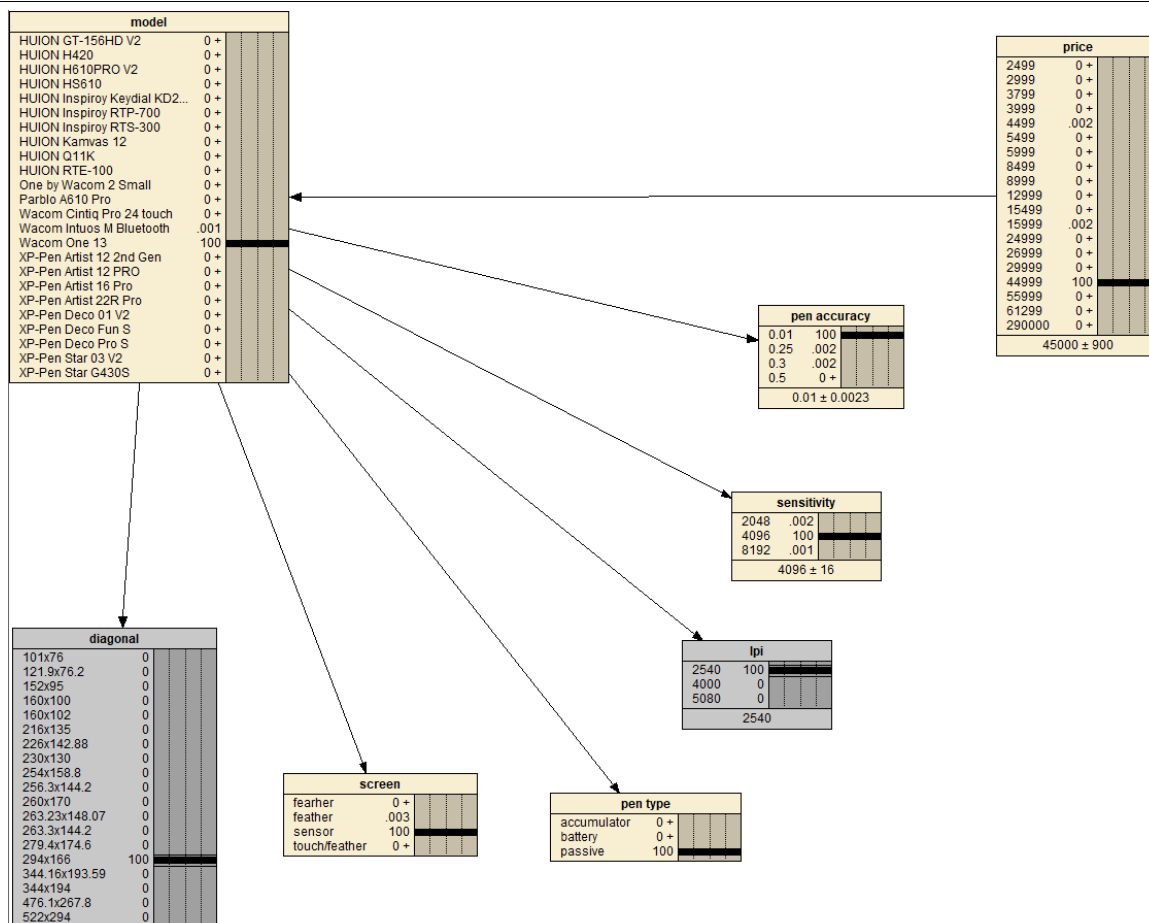


Рисунок 7 – Результат второго теста модели

На основе проведённого тестирования можно сделать вывод, что построенная и обученная ЕМ-алгоритмом модель работает исправно. Она способна правильно подбирать графический планшет по заранее определённым требованиям. Данную модель можно использовать для решения проблемы выбора графического планшета.

4 Выводы

В результате были построены байесовские сети доверия для решения проблемы выбора графического планшета.

Библиографический список

1. Торопова А.В., Тулупьева Т.В. Байесовская сеть доверия как модель оценки интенсивности поведения на примере постинга в социальной сети // Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова. 2020. Т.1. № 1. С. 20-22.
2. Вилков А.Б., Корепанова А.А. Применение байесовских сетей в оценке рисков предприятия на основе анализа профилей сотрудников в социальных сетях // Региональная информатика и информационная безопасность. 2020. С. 218-220.
3. Харитонов Н.А. Алгебраические байесовские сети: обучение структуры

- сети // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2021). 2021. С. 336.
4. Кузнецова Е.С., Панов А.Ю., Кузнецов С.В. Применение байесовских сетей доверия с целью снижения рисков при разработке и реализации стратегии предприятий // Научно-технический вестник поволжья. 2021. № 8. С. 22-27.
 5. Фролова М.С., Корепанова А.А., Абрамов М.В. Оценка степени открытости пользователя социальной сети с применением экспертной модели на основе байесовской сети доверия // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2021. Т.1. С. 69-73.
 6. Хайруллин Р.З. Применение метода байесовских сетей для установления причинно-следственных связей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 3. С. 214-218.