**3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИ РАЗРАБОТАННОГО АЛГОРИТМА В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

Для того проверить на сколько точный прогноз выдает данный алгоритм, был проведен эксперимент. Для построения прогноза, использовались данные об объёмах продаж мороженого “Белый пломбир” полученные из отчетов одного из предприятий которое находится в Нижнем Новгороде за 2013 и 2014 годы. Для данной статистики характерно то, что у значений объёма продаж явно наблюдается сезонный характер и возрастающий тренд. Задача заключалась в построении прогноза по продажам на 2015г. На момент написания диссертации, 2016 год, то есть нам доступны уже данные за прошедший 2015г. Был построен прогноз на 2015г. по результатам продажи за 2013 и 2014 годы, после чего выполнено сравнение с реальными цифрами продаж за 2015г. Исходная информация представлена в табл. 1.

**Таблица 1.**

**Фактические объёмы реализации продукции**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п.п. | Месяц | Объем продаж (руб.) | №п.п. | Месяц | Объем продаж (руб.) |
| 1 | июль | 8174,40 | 13 | июль | 8991,84 |
| 2 | август | 5078,33 | 14 | август | 5586,16 |
| 3 | сентябрь | 4507,20 | 15 | сентябрь | 4957,92 |
| 4 | октябрь | 2257,19 | 16 | октябрь | 2482,91 |
| 5 | ноябрь | 3400,69 | 17 | ноябрь | 3740,76 |
| 6 | декабрь | 2968,71 | 18 | декабрь | 3265,58 |
| 7 | январь | 2147,14 | 19 | январь | 2361,85 |
| 8 | февраль | 1325,56 | 20 | февраль | 1458,12 |
| 9 | март | 2290,95 | 21 | март | 2520,05 |
| 10 | апрель | 2953,34 | 22 | апрель | 3248,67 |
| 11 | май | 4216,28 | 23 | май | 4637,91 |
| 12 | июнь | 8227,569 | 24 | июнь | 9050,3264 |

Была поставлена задача, построить прогноз по продажам товара на следующий год для каждого месяца.

Реализуем алгоритм расчета прогноза, который был описан выше. Для проведения эксперимента, и испытания алгоритма на практике была выбрана среда MS Excel, которая берет на себя выполнение рутинной работы что позволяет сосредоточиться именно на отладке алгоритма.

Определяем тренд, был выбран полиномиальный тренд, результаты выше описанных эксперементов показали что именно этот тренд выполняет апроксимацию данных значительно эффективнее, чем любые другие описываемые в большинстве литературных источниках. Его коэффициент детерминации составляет (0,74349) который гораздо выше, в отличие от линейного (4E-05) или любого другого тренда.

Далее определяется величина сезонной компоненты для этого, вычтим значения тренда из фактических значений объёмов продаж, в результате получим величины сезонной компоненты, пример результатов расчета изображен на рис.4.

**Таблица 2.**

**Расчёт значений сезонной компоненты**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Месяцы** | **Объём продаж** | **Значение тренда** | **Сезонная компонента** |
| 1 | 8174,4 | 7617,2674 | 557,1326 |
| 2 | 5078,3296 | 6104,0156 | -1025,686 |
| 3 | 4507,2061 | 4420,3206 | 86,885473 |
| 4 | 2257,1992 | 3004,1224 | -746,92323 |
| 5 | 3400,6974 | 2086,745 | 1313,95235 |
| 6 | 2968,7178 | 1741,0644 | 1227,65338 |
| 7 | 2147,1426 | 1924,9246 | 222,217979 |
| 8 | 1325,5674 | 2519,8016 | -1194,2342 |
| 9 | 2290,9561 | 3364,7154 | -1073,7593 |
| 10 | 2953,3411 | 4285,39 | -1332,0489 |
| 11 | 4216,2848 | 5118,6614 | -902,37664 |
| 12 | 8227,5695 | 5732,1336 | 2495,43589 |
| 1 | 8991,84 | 7617,2674 | 1374,5726 |
| 2 | 5586,1626 | 6104,0156 | -517,85304 |
| 3 | 4957,9267 | 4420,3206 | 537,60608 |
| 4 | 2482,9191 | 3004,1224 | -521,20332 |
| 5 | 3740,7671 | 2086,745 | 1654,02209 |
| 6 | 3265,5896 | 1741,0644 | 1524,52515 |
| 7 | 2361,8568 | 1924,9246 | 436,932237 |
| 8 | 1458,1241 | 2519,8016 | -1061,6775 |
| 9 | 2520,0517 | 3364,7154 | -844,6637 |
| 10 | 3248,6752 | 4285,39 | -1036,7148 |
| 11 | 4637,9132 | 5118,6614 | -480,74817 |
| 12 | 9050,3264 | 5732,1336 | 3318,19284 |

Откорректируем сезонную компоненту так, чтобы их сумма ровнялась нулю.

**Таблица 3.**

**Расчёт средних значений сезонной компоненты**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Месяцы** | **1-й сезон** | **2-й сезон** | **Итого** | **Среднее** | **Сезонная компонента** |
| 1 | 557,1326 | 1374,5726 | 1931,7052 | 965,8526 | 798,7176058 |
| 2 | -1025,686 | -517,853035 | -1543,539 | -771,7695155 | -938,90451 |
| 3 | 86,885473 | 537,60608 | 624,491553 | 312,2457765 | 145,1107823 |
| 4 | -746,92323 | -521,203316 | -1268,1265 | -634,0632745 | -801,198269 |
| 5 | 1313,9524 | 1654,022089 | 2967,97444 | 1483,987221 | 1316,852227 |
| 6 | 1227,6534 | 1524,525154 | 2752,17853 | 1376,089265 | 1208,954271 |
| 7 | 222,21798 | 436,932237 | 659,150216 | 329,575108 | 162,4401138 |
| 8 | -1194,2342 | -1061,677479 | -2255,9117 | -1127,955849 | -1295,09084 |
| 9 | -1073,7593 | -844,663701 | -1918,423 | -959,2115055 | -1126,3465 |
| 10 | -1332,0489 | -1036,714798 | -2368,7637 | -1184,381853 | -1351,51685 |
| 11 | -902,37664 | -480,748169 | -1383,1248 | -691,5624065 | -858,697401 |
| 12 | 2495,4359 | 3318,192838 | 5813,62873 | 2906,814363 | 2739,679369 |
|  |  |  | **Сумма** | **2005,61993** | **0** |

**3. Рассчитываем ошибки модели** как разности между фактическими значениями и значениями модели.

**Таблица 4.**

**Расчёт ошибок**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Месяц** | **Объём продаж** | **Значение модели** | **Отклонения** |
| 1 | 8174,4 | 8415,985006 | -241,585006 |
| 2 | 5078,3296 | 5165,11109 | -86,7814863 |
| 3 | 4507,2061 | 4565,431382 | -58,2253093 |
| 4 | 2257,1992 | 2202,924131 | 54,27503571 |
| 5 | 3400,6974 | 3403,597227 | -2,89987379 |
| 6 | 2968,7178 | 2950,018671 | 18,69910521 |
| 7 | 2147,1426 | 2087,364714 | 59,77786521 |
| 8 | 1325,5674 | 1224,710757 | 100,8566247 |
| 9 | 2290,9561 | 2238,3689 | 52,58718971 |
| 10 | 2953,3411 | 2933,873153 | 19,46793921 |
| 11 | 4216,2848 | 4259,963999 | -43,6792433 |
| 12 | 8227,5695 | 8471,812969 | -244,24348 |
| 13 | 8991,84 | 8415,985006 | 575,8549942 |
| 14 | 5586,1626 | 5165,11109 | 421,0514747 |
| 15 | 4957,9267 | 4565,431382 | 392,4952977 |
| 16 | 2482,9191 | 2202,924131 | 279,9949527 |
| 17 | 3740,7671 | 3403,597227 | 337,1698622 |
| 18 | 3265,5896 | 2950,018671 | 315,5708832 |
| 19 | 2361,8568 | 2087,364714 | 274,4921232 |
| 20 | 1458,1241 | 1224,710757 | 233,4133637 |
| 21 | 2520,0517 | 2238,3689 | 281,6827987 |
| 22 | 3248,6752 | 2933,873153 | 314,8020492 |
| 23 | 4637,9132 | 4259,963999 | 377,9492317 |
| 24 | 9050,3264 | 8471,812969 | 578,5134687 |

Находим среднеквадратическую ошибку модели (Е) по формуле:

**где:**

***Т*** − трендовое значение объёма продаж;

***S***– сезонная компонента;

***О −*** отклонения модели от фактических значений

***Е =*** *0,003739 или 0.37 %*

По результатам полученным при расчете среднеквадратичной ошибки можно сделать вывод, что построенная модель выполняет эффективную аппроксимацию фактических данных, то есть она действительно отображает экономические тенденции, позволяющие определить объём продаж, что свидетельствует о способности построить высокоточный прогноз.

Теперь строится модель прогнозирования :

***F = T + S ± E***

На рисунке 1 изображена построенная модель.

**5.** Используя построенную модель расчитывается непосредственно сам прогноз объёмов продаж. Для уменьшения влияния прошедших тенденций на точность результатов, помимо трендового анализа применяется еще и экспоненциальное сглаживание. Это позволит не упустить новые тенденции:

***где:***

− прогнозное значение объёма продаж;

– фактическое значение объёма продаж в предыдущем году;

− значение модели;

***а*** – константа сглаживания.

Для определения константы сглаживания был выбран методод экспертных оценок, как вероятность сохранения неизменной экономической ситуации, то есть в случае когда главные характеристики колеблются с той же амплитудой что и раньше, значит нет фактов говорящих о грядущих изменениях сложившейся экономической ситуации.



**Рис. 5. Модель прогноза объёма продаж**

Следующим шагом был построен прогноз, ниже описан пример построения за январь третьего сезона.

Расчет прогнозного значения модели:

Фактические продажи за предыдущий год (F\_ф t-1) состовляют 2 361руб. Коэффициент сглаживания равняется 0.8. Приняв все значения был построен прогноз:

Так же следует отметить что тенденции в экономике постоянно меняются, для того что бы учитывать эти изменения необходимо выполнять построение прогноза учитывая наиболее свежие данные о фактичеких обьемах продаж за прошедшие периоды. Результаты проведенных исследований показали что максимальный срок актуальности данных это три прошедших периода. Например если в качестве периода берется год, то самые давни данные которые можно использовать, это данные трех летней давности. Любые значения полученные еще раньше чем за три предыдущих периода теряют свою актуальность.

**2.1 Точность прогнозов**

Результаты сравнения подвердили высокую точность прогноза, результаты которого имели лиш небольшое отклонение от действительности. В таблици 2 Вы можете увидеть сравнение результатов прогноза с реальными цифрами результатов продаж.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Месяц** | **Результаты прогноза** | **Реальные продажи** |
| июль |  |  |
| август |  |  |
| сентябрь |  |  |
| октябрь |  |  |
| ноябрь |  |  |
| декабрь |  |  |
| январь |  |  |
| февраль |  |  |
| март |  |  |
| апрель |  |  |
| май |  |  |
| июнь |  |  |

Справедливо заметить, что данные отклонения савершенно не значитильне для ведения продаж, так как он не ведет к убыткам, на основании этого можно сделать вывод что алгоритм действилеьно работает, и имеет полезность. Проанализировать продажи за прошедший определенный период и правильно принять решение о закупках на следующий период может только очень опытный предприниматель, который получил свой опыт "набивая шишки на голове", понеся убытки не однократные убытки за годы своей деятельности. Зачастую для начинающи предпренимателей это очень дорогие ошибки, которые неоднократно приводили к закрытию перспективного малого или крупного бизнесса, только из-за неправильных расчетов на сегон. Так же уменьшаются риски в случае если человек в качестве стартового капитала использует кредит в банке, правильно расчитав продажи на сезон предприниматель получит более высокую прибыль что поможет погасть кредит в срок. На основе этого можно сделать вывод что полезность алгоритма высока, и использование именно его в данной системе оправдано.