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

С целью проверки точности прогноза, который предоставляет нам данный алгоритм, был проведен эксперимент. Для построения прогноза использовались данные об объёмах продаж мороженого “Белый пломбир”, полученные из отчетов одного из предприятий города Нижний Новгород за 2013 и 2014 годы. Для данной статистики характерно наблюдение явно выраженного сезонного характера и возрастающего тренда у значений объёма продаж. Задача заключалась в построении прогноза по продажам на 2015г. На момент написания диссертации (2016 год) нам доступны данные за прошедший 2015г. По результатам продаж за 2013 и 2014 годы был построен прогноз на 2015г., после чего выполнено сравнение с реальными цифрами продаж за 2015г. Исходная информация представлена в таблице 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.

Реализуется вышеописанный алгоритм расчета прогноза. 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.

Теперь определяется тренд. Был выбран полиномиальный тренд в силу того, что результаты вышеописанных экспериментов показали, что данный тренд выполняет аппроксимацию данных значительно эффективнее, чем любые другие, описываемые в большинстве литературных источниках. Его коэффициент детерминации составляет (0,74349) – данное значение гораздо выше значений линейного (4E-05) или любого другого тренда.

Далее определяется величина сезонной компоненты, для этого значение тренда вычитается из фактических значений объёмов продаж, в результате получены 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 |

Сезонная компонента корректируется таким образом, 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. Расчет ошибки модели** как разницы 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 |

Находится среднеквадратическая ошибка 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 о том, что построенная модель выполняет эффективную аппроксимацию фактических данных, то есть она действительно отображает экономические тенденции, позволяющие определить объём продаж, что свидетельствует о способности построения высокоточного прогноза.

Теперь выполняется построение модели прогнозирования:

***F = T + S ± E***

На рисунке 1 изображена построенная модель.

**5.** Используя построенную модель, рассчитывается прогноз объёмов продаж. Для уменьшения влияния прошедших тенденций на точность результатов, помимо трендового анализа применяется 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 метод экспертных оценок, как вероятность сохранения неизменной экономической ситуации. То есть случай, когда главные характеристики колеблются с той же амплитудой, что и раньше, свидетельствует об отсутствии фактов, предвещающих грядущие изменения сложившейся экономической ситуации.



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

Далее был построен прогноз, ниже приведен пример построения за январь третьего сезона.

Расчет прогнозного значения модели:

Фактические продажи за предыдущий год (F\_ф t-1) составляют 2 361 руб. Коэффициент сглаживания равен 0.8. Приняв во внимание все значения, был построен следующий прогноз:

Так же следует отметить тот факт, что тенденции в экономике переменчивы. Для того чтобы учитывать такие изменения, необходимо выполнять построение прогноза с учетом наиболее свежих данных о фактических объемах продаж за прошедшие периоды. Результаты проведенных исследований показали, что максимальный срок актуальности данных составляет три прошедших периода. Например, если период равен году, то данные, которые можно использовать, имеют давность не более трех лет. Любые значения, полученные ранее, чем за три предыдущих периода, теряют свою актуальность.

**2.1 Точность прогнозов**

Итоги сравнения подтвердили высокую точность прогноза, результаты которого имели лишь небольшое отклонение от действительности. В таблице 2 приведено 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 совершенно незначительны для ведения продаж, так как оно не ведет к убыткам. Поэтому можно сделать вывод о том, что алгоритм действительно работает и имеет полезность. Проанализировать продажи за прошедший определенный период и правильно принять решение о закупках на следующий период может только опытный предприниматель, который ранее имел определенный опыт в данной сфере и неоднократно понес убытки за годы своей деятельности. Зачастую для начинающих предпринимателей такие ошибки обходятся довольно дорого, так как они неоднократно приводили к закрытию перспективного малого или крупного бизнеса только из-за неправильных расчетов. Так же риски уменьшаются в тех случаях, когда в качестве стартового капитала предприниматель использует кредит в банке. При условии грамотного расчета сезонных продаж, предприниматель получит более высокую прибыль, что поможет погасить кредит в установленный срок. Основываясь на вышесказанном можно сделать вывод о том, что полезность алгоритма высока и его использование в данной системе оправдано.