

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЗАПАСОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

И. М. Якимов (Казань)

Исследуемая система запасов нефтепродуктов состоит из склада производителя нефтепродуктов и десяти региональных складов. Расстояние от склада производителя до всех региональных складов принято одинаковым. В качестве результативных показателей эффективности функционирования системы заказов приняты следующие экономические характеристики:

y_1 – прибыль от реализации нефтепродуктов в млн. руб.;

y_2 – доход от реализации нефтепродуктов в млн. руб.;

y_3 – количество проданного продукта в тоннах;

y_4 – среднее количество нефтепродуктов на складе производителя в тоннах;

y_5 – среднее количество нефтепродуктов в региональных складах в тоннах;

y_6 – количество простоев производителя (склад полон);

y_7 – средний дефицит региональных складов в тоннах;

y_8 – средний уровень дефицита регионального склада в долях от единицы.

В качестве влияющих на результативные показатели эффективности выбрали следующие факторы.

x_1 – уровень запаса на региональных складах, при достижении которого производится заказ очередной партии нефтепродукта, изменяется от 16 до 24 т.;

x_2 – уровень запаса на региональных складах, по которому определяется объем заказа, меняется от 96 т до 144;

x_3 – количество транспортных средств меняется от 40 до 60;

x_4 – максимальная вместимость склада производителя меняется от 1400 т до 1800;

x_5 – размер производимой партии нефтепродукта, меняется от 800 т до 1200;

x_6 – время изготовления партии нефтепродукта, меняется от 192 ч до 328;

x_7 – время доставки нефтепродукта от производителя до регионального склада меняется от 5 ч до 7;

x_8 – объем перевозимых нефтепродуктов на одном грузовике меняется от 8 т до 12.

Для имитационного моделирования системы запасов нефтепродуктов составлена программа на языке GPSS World, состоящая из 320 операторов, представленная тремя сегментами: задания исходных данных; производства нефтепродуктов и потребления нефтепродуктов. Региональные склады описаны одной подпрограммой с косвенной адресацией.

Поставлена задача представления результатов имитационного моделирования математической моделью, состоящей из совокупности уравнений регрессии

$$y_j = f_j(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad j = \overline{1, k} \quad (1)$$

Составлен стратегический план проведения имитационных экспериментов. Для получения линейной математической зависимости (1) использован план дробного факторного эксперимента (ДФЭ) плюс центральная точка. Четыре наиболее существенных фактора x_1 – x_4 приняты в качестве основных; остальные четыре x_5 – x_8 в качестве дополнительных, изменение которых производится по законам изменения производений

основных факторов. Таким образом ДФЭ определяет 17 вариантов системы запасов. Для получения нелинейных зависимостей (1) к плану ДФЭ добавляется 16 «звездных точек», в которых обеспечивается изменение одного из факторов по двум уровням при равенстве нулю (в координатном виде) всех остальных факторов. Так в целом определяется изменение системы запасов нефтепродуктов по 33 вариантам. Для обеспечения достоверности результатов с принятой доверительной вероятностью $\beta = 0,95$ определено количество реализаций в каждом варианте стратегического плана $n = 200$.

Для генерации планов стратегии имитационных экспериментов разработана программа на языке GPSS World, состоящая из 84 операторов.

Коэффициенты уравнений регрессии (1) вычислены с помощью подпрограммы, составленной на языке GPSS World, состоящей из 158 операторов.

Для примера приведем полученное линейное уравнение регрессии зависимости прибыли от влияющих на нее факторов

$$y_1 = 34769 - 2421x_1 - 4388x_2 + 1614x_3 - 1197x_4 + 2579x_5 - 1198x_6 - 1488x_7 + 7133x_8 \quad (2)$$

Так как все факторы в (2) входят в кодированном виде с диапазонами изменения от -1 до +1, то такую математическую зависимость можно использовать для оценки степени влияния факторов на величину прибыли. Отметим, что коэффициенты при факторах имеют один и тот же порядок и изменяются от 1192 до 7133. Положительное влияние оказывают: x_3 – количество транспортных средств; x_5 – размер производимой партии нефтепродуктов; x_8 – количество нефтепродуктов, перевозимое одним транспортным средством. Чем больше значение этих факторов, тем выше прибыль. Остальные факторы оказывают отрицательное влияние, и это не противоречит здравому смыслу.

Нелинейные уравнения регрессии использованы для оптимизации функционирования системы запасов. Приведем для примера математическую зависимость прибыли от влияющих на нее факторов.

$$y_1 = 18822 - 849x_1 - 2120x_2 + 1390x_3 - 265x_4 + 1870x_5 - 1083x_6 - 369x_7 + 2843x_8 - 53x_1^2 - 205x_2^2 - 999x_3^2 + 560x_4^2 - 1859x_5^2 - 373x_6^2 + 242x_7^2 - 95x_8^2 \quad (3)$$

При оптимизации математическая зависимость (3) принята в качестве целевой максимизируемой функции, на остальные семь уравнений регрессии наложены ограничения. В качестве оптимизируемых использованы первые четыре фактора, на которые наложены ограничения, для остальных четырех факторов в уравнения регрессии подставлены средние значения. Для оптимизации использован метод касательных и стандартная процедура пакета Excel 2002. Оптимальные значения факторов – в кодированном виде по (3): $x_1 = -0,8$; $x_2 = -0,52$; $x_3 = 0,695$; $x_4 = -0,237$, и в натуральном выражении – $X_1 = 19,2$ т; $X_2 = 107,5$ т; $X_3 = 57$ грузовозов; $X_4 = 1550$ т.

Прибыль, подсчитанная по (3) при оптимальных значениях факторов x_i , $i = \overline{1,4}$ и средних значениях факторов x_i , $i = \overline{5,8}$, составила 21 333 млн руб., что примерно на 25% превышает значение прибыли при использовании для расчетов аналитической формулы Уилсона. Таким образом, сделаем вывод об эффективности применения имитационного моделирования для системы запасов нефтепродуктов.