УДК 501-77:519.24:658.7.01
ББК 78.34

ЛОКАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК ПРИ НЕНАДЕЖНЫХ ПОСТАВЩИКАХ

Вильмс М. А.[1], Мандель А. С.[2]
(*МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва*)
Барладян И. И.[3], Токмакова А. Б.[4]
(*ФГБУН Институт проблем управления РАН, Москва*)

Рассматривается модель управления цепями поставок для изолированного склада с двумя поставщиками разной степени надежности. Выписан алгоритм синтеза оптимальных стратегий управления запасами. Исследован переход к стационарным стратегиям. Разработан пакет программ на языке C++, с помощью которого выполнено численное моделирование алгоритма в стационарном режиме для двух вариантов дискретного распределения спроса: одно – типа дискретного гауссова и второго – близкого к равномерному распределению. На примерах исследована зависимость параметров и затрат для оптимальных стационарных стратегий от эконометрических характеристик системы и, в частности, коэффициента дисконтирования.

Ключевые слова: управление цепями поставок, ненадежные поставщики, управление запасами, стационарные стратегии, моделирование.

---

[1] *Михаил Александрович Вильмс, студент 5-го курса Физфака МГУ, бакалавр* (mihail.vilms@gmail.com).
[2] *Александр Соломонович Мандель, доктор технических наук, профессор Физфака МГУ* (almandel@yandex.ru).
[3] *Ирина Игоревна Барладян, научный сотрудник* (irigina@gmail.com).
[4] *Алла Борисовна Токмакова, научный сотрудник* (forabt@ipu.ru).

1. Введение

В последнее десятилетие в области теории и приложений управления производственно-складскими системами, а также исследования операций все большее число работ посвящено решению проблем, собранных под общим наименованием «управление цепями поставок» (supply chain management) [4–8]. Интерес к этому классу задач обусловлен прикладной актуальностью темы: большое число предложенных алгоритмов и найденных решений либо с самого начала создавались для принятия решений в конкретных практических ситуациях, либо со временем находит свои приложения.

Теоретические постановки этих задач, а также адекватный математический аппарат для их решения разбивает все множество рассматриваемых проблем на два класса: (а) задачи, рассматриваемые на сетях производственных и распределительных центров, которые сводятся к различным вариациям задач математического программирования и лишь опосредованно (через некие упрощенные интегральные характеристики) учитывают стохастический характер процессов снабжения и производства, и (б) детальное исследование ситуаций оперативного управления цепями поставок с помощью менее размерных, но более детальных и адекватных моделей, описывающих различные сбои (в том числе и случайной природы) в запланированных заранее цепях поставок. Модели для задач класса (а) мы будем называть *сетевыми моделями*, а модели для задач класса (б) – *локальными моделями*. Последний класс задач весьма близок к классической проблематике современной теории управления запасами, в которой, начиная с 70–80-х гг., исследовались задачи управления запасами с ненадёжными поставщиками. См. подытоживающую эти исследования книгу [2].

В настоящей работе исследуется одна из таких моделей, впервые рассмотренная в [2]. Это модель управления запасами при случайном спросе при наличии двух поставщиков с разными уровнями надёжности. Соответствующая задача управления запасами по способу принятия решений, – многошаговая, и на каждом её шаге (такой шаг может быть одним днем, неделей, декадой, месяцем, кварталом и т.п.) спрос на продукцию, хранимую в запасе, случаен и дискретен. Значения спроса на разных шагах образуют ансамбль одинаково распределенных и независимых в совокупности случайных величин. Для численного решения использованы методы динамического программирования. Основная цель – минимизация суммарных средних затрат на всём периоде планирования, разбитом на шаги. В начале каждого такого шага должно быть принято решение о закупке некоторого количества единиц товара у одного из двух поставщиков – ненадежного, но «дешёвого», и абсолютно надежного, но «дорогого» (продающему и поставляющему товар по более высокой цене). Изучена зависимость размера поставки от текущего состояния запаса на складе и количества циклов до окончания периода планирования при наличии двух источников поставок с различными характеристиками и при учёте затрат на поставки и на хранение и издержек вследствие нехватки товаров для удовлетворения спроса. Разработан пакет программ на языке C++, по результатам работы которого для заданного набора входных данных: значения цен на единицу товара, расходов на доставку и параметров издержек на хранение и вследствие дефицита, – можно судить о целесообразности закупки определённого количества единиц товара в начале текущего шага. Проанализирована структура и доли отдельных компонент в итоговом варианте оптимизированных затрат в стационарном режиме (при бесконечном увеличении числа шагов. Построены зависимости параметров оптимальной стационарной стратегии управления запасами от величины коэффициента дисконтирования текущих затрат.

2. Постановка и алгоритм решения задачи

2.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследуется многошаговая однономенклатурная модель управления запасами в периоде планирования $[0, T]$, где $T = N\tau$, N – натуральное число, а τ – период контроля состояния запасов и, одновременно, момент принятия решений о пополнении запасов. Пусть для простоты время запаздывания поставки $\theta = 0$, т.е. поставка считается мгновенной.

Как сказано во введении, спрос в интервалах между моментами контроля образует последовательность независимых в совокупности случайных величин с одним и тем же дискретным распределением вероятностей. Иначе говоря, заданы вероятности $p_i = p(z_i)$ того, что спрос принимает значение z_i, $i = 1, 2,\dots, k$, $p(z_1) + p(z_2) +\dots + p(z_k) = 1$, где k – число возможных значений z_i.

Рассматриваемый складской комплекс (и, соответственно, цепочка поставок), схематично изображенный на рис. 1, состоит из склада, потребителей продукта и двух поставщиков с разными уровнями надёжности выполнения поставок. Первый поставщик может сорвать поставку с вероятностью $(1 - p)$ и в этом случае склад прибегает к услугам второго поставщика, который доставляет заказ с вероятностью 1, но цены доставки и самого товара у него выше, чем у первого поставщика.

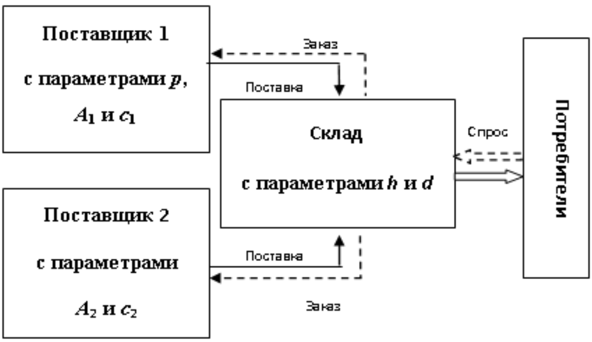

Рис. 1. Структура процесса снабжения

Введём используемые в дальнейшем обозначения.

***Характеристики поставщиков*:**

A_1 – постоянная часть затрат на поставку любого количества товара со склада первого поставщика;

A_2 – постоянная часть затрат на поставку любого количества товара со склада второго поставщика;

c_1 – цена единицы заказанного товара у первого поставщика;

c_2 – цена единицы заказанного товара у второго поставщика;

p – вероятность выполнения поставки первым поставщиком, $0 \le p < 1$.

Естественно, будем считать, что ненадежный поставщик, обходится дешевле: $A_1 < A_2$, $c_1 < c_2$.

***Характеристики склада*:**

n – число шагов до конца периода планирования в момент принятия решений;

N – общее число шагов (длина периода планирования в шагах);

h –удельные издержки в единицу времени (дискретного, измеряемого в шагах) на хранение одной единицы товара;

d – штраф за нехватку единицы продукта в течение одного промежутка времени между двумя моментами контроля (издержки на одном шаге вследствие дефицита одной единицы товара);

$x(n)$ – фиктивный уровень[1] запаса за n шагов до конца периода планирования (до поступления поставки);

$z(n)$ – спрос на одном шаге в интервале от момента принятия решений за n шагов до конца периода планирования до момента, отстоящего от конца периода планирования на $(n-1)$ шаг;

$x_{\min}$ – минимально возможное значение фиктивного уровня товара на складе (максимально возможный уровень дефицита);

$x_{\max}$ – максимально возможное значение наличного запаса на складе (вместимость склада);

$u(n)$ – размер заказа, подаваемого за на n шагов до конца периода планирования (напомним, что заказ прибывает мгновенно);

Очевидно, что $x(n-1) = x(n) + u(n) - z(n)$.

Задача состоит в том, чтобы построить оптимальную стратегию управления запасами, т.е. выбрать объёмы и моменты подачи заказов на поставку продукции на склад. Эта стратегия

[1] *Под фиктивным уровнем запаса понимается сумма наличного запаса и запасов в пути* (*которые в силу предположения о мгновенности поставок в данном случае равны 0*) *за вычетом задолженного спроса. Очевидно, фиктивный уровень запаса может быть и отрицательным*.

должна минимизировать суммарные ожидаемые издержки склада, складывающиеся из транспортных расходов, потерь вследствие дефицита (в случае неудовлетворения спроса) и издержек хранения (в случае превышения объёма поставок над объёмом спроса) на всём периоде планирования. Другими словами, нужно поставить в соответствие каждой паре (n, x), которая описывает ситуацию с фиктивным уровнем запаса x за n шагов до конца периода планирования, значение $u(n)$ объема заказа, который нужно затребовать на склад и который обеспечит минимальный уровень складских затрат.

2.2. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Запишем выражение функции издержек $\varphi(x, u)$ на одном шаге, который начинается с фиктивного уровня запасов x и сопровождается подачей заказа объема u:

$$\varphi(x, u) = [A_1p + A_2(1 - p)]\mathbf{1}(u) + (pc_1 + (1 - p)c_2)u +$$
$$+ h\Sigma_{i:\, z_i < x + u}(x + u - z_i)p(z_i) + d\Sigma_{i:\, z_i > x + u}(x + u - z_i)p(z_i),$$

где $\mathbf{1}(u)$ – функция единичного скачка (равная 0 при $u \leq 0$ и 1 – при $u > 0$).

Первое слагаемое суть затраты на поставку (за доставку будет уплачено первому поставщику в том случае, если он её не сорвёт, а это произойдёт с вероятностью p, либо второму поставщику – с вероятностью $(1 - p)$).

Второе – это стоимость заказанного товара (аналогично: выплачивается первому поставщику, если товар доставил он, иначе – второму);

Третье – издержки хранения товара на складе (имеют место в том случае, когда сумма наличного запаса на складе и размер поставки больше, чем спрос на данном шаге);

Четвёртое – издержки, вызванные нехваткой товара на складе (так называемые издержки вследствие дефицита), которые имеют место в том случае, когда сумма наличного запаса на складе и размер поставки меньше, чем спрос на данном шаге;

Определим критериальную функцию. Пусть $C_n^*(x)$ – функция минимально возможного значения затрат за n последних шагов периода планирования, если в начале n-го шага уровень запасов равен x. Минимум, очевидно, берётся по всем размерам заказов, которые остается сделать до конца периода планирования.

Используя принцип оптимальности Беллмана [1] и метод вычислений в обратном времени, можно получить формулу, связывающую значения функции затрат на n-м и (n – 1)-м шагах (см. также [6, 8]):

$$(1)\quad C_n^*(x) = \min_{u \ge 0} \{\varphi(x,u) + \alpha \sum_{i=1}^{k} C_{n-1}^*(x + u - z_i)p(z_i)\},\ n = 1, 2, \dots, N,$$

где α, $0 \le \alpha \le 1$, – коэффициент дисконтирования.

Для первого шага, очевидно, имеем

$$(2)\quad C_0^*(x) = 0.$$

Нетрудно доказать, как это сделано для более простой задачи в [3], что оптимальные стратегии управления запасами с использованием алгоритма (1)–(2) являются двухуровневыми, т.е. такими, что для каждого шага n можно указать 2 числа R_n и r_n ($r_n < R_n$), которые и определят оптимальную стратегию управления запасами $u^*(x, n)$ по следующему правилу:

$$(3)\quad u^*(x, n) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \ge r_n; \\ R_n - x, & \text{если } x < r_n. \end{cases}$$

Таким образом, для каждой пары (x, n) мы можем рассчитать минимум функции затрат $C_n^*(x)$, а также оптимальное значение $u^*(x, n)$, при котором этот минимум достигается. На «выходе» реализующей алгоритм (1)–(2) компьютерной программы будет два двухмерных массива по N строк каждый (а также N пар чисел R_n и r_n). Один из массивов однозначно определяет искомую стратегию планирования $u^*(x, n)$; другой даёт полную картину зависимости функции минимальных средних затрат до конца периода планирования от номера шага и уровня запаса на складе, а также описывает доли затрат, которые зависят исключительно от характеристик каждого из поставщиков, и долей, от них не зависящих.

Схематично процесс нахождения этих значений представлен на рис. 2:

$x_{min}-4$	$x_{min}-3$	$x_{min}-2$	$x_{min}-1$		x_{min}	$x_{min}+1$	$x_{min}+2$	$x_{min}+3$	$x_{min}+4$	$x_{min}+5$				x_{max}
$C_0^*(x_{min}-4)$	$C_0^*(x_{min}-3)$	$C_0^*(x_{min}-2)$	$C_0^*(x_{min}-1)$	0	$C_0^*(x_{min})$	$C_0^*(x_{min}+1)$	$C_0^*(x_{min}+2)$	$C_0^*(x_{min}+3)$	$C_0^*(x_{min}+4)$	$C_0^*(x_{min}+5)$				$C_0^*(x_{max})$
$C_1^*(x_{min}-4)$	$C_1^*(x_{min}-2)$	$C_1^*(x_{min}-2)$	$C_1^*(x_{min}-1)$	1	$C_1^*(x_{min})$	$C_1^*(x_{min}+1)$	$C_1^*(x_{min}+2)$	$C_1^*(x_{min}+3)$	$C_1^*(x_{min}+4)$	$C_1^*(x_{min}+5)$				$C_1^*(x_{max})$
$C_2^*(x_{min}-4)$	$C_2^*(x_{min}-3)$	$C_2^*(x_{min}-2)$	$C_2^*(x_{min}-1)$	2	$C_2^*(x_{min})$	$C_2^*(x_{min}+1)$	$C_2^*(x_{min}+2)$	$C_2^*(x_{min}+3)$	$C_2^*(x_{min}+4)$	$C_2^*(x_{min}+5)$				
				3	$C_3^*(x_{min})$	$C_3^*(x_{min}+1)$	$C_3^*(x_{min}+2)$	$C_3^*(x_{min}+3)$	$C_3^*(x_{min}+4)$	$C_3^*(x_{min}+5)$				
				. . .					u k					
				N-2										
				N-1										
				N										

Рис. 2. Схема отыскания минимума функции суммарных средних затрат на n*-м шаге через её же значения на* $(n-1)$*-м шаге*

Исследуем теперь стационарную стратегию управления запасами, связанную с предельным переходом: $u^*(x) = \lim_{n\to\infty} u^*(x,n)$**.** Теперь задача сводится к определению оптимальных значений параметров стационарной стратегии R^* и r^*: $R^* = \lim_{n\to\infty} R_n$ и $r^* = \lim_{n\to\infty} r_n$. Эти параметры становятся результатом решения функционального уравнения вида

$$(4)\quad C^*(x) = \min_{u\ge 0}\{\varphi(x,u) + \alpha\sum_{i=1}^{k} C^*(x+u-z_i)p(z_i)\}.$$

Заметим, что в силу обращения времени оптимальная стационарная стратегия может быть использована с первых шагов достаточно длинного (в шагах) периода планирования $[0, N\tau]$.

3. Результаты моделирования и свойства найденных решений

В этом разделе представлены и обсуждаются результаты моделирования алгоритма (1)–(2) в пакете программ, написанном на языке C++. При этом особое внимание уделяется изучению свойств стационарных стратегий управления запасами, которые связаны с переходом к пределу при $n \to \infty$.

3.1. СЛУЧАЙ ГАУССО-ПОДОБНОГО ДИСКРЕТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СПРОСА

На графике, представленном на рис. 3, показан вид распределения $p(z_i)$, которое использовалось при численном моделировании алгоритма (1)–(2). Это дискретное распределение вероятностей «гауссо-подобного» вида.

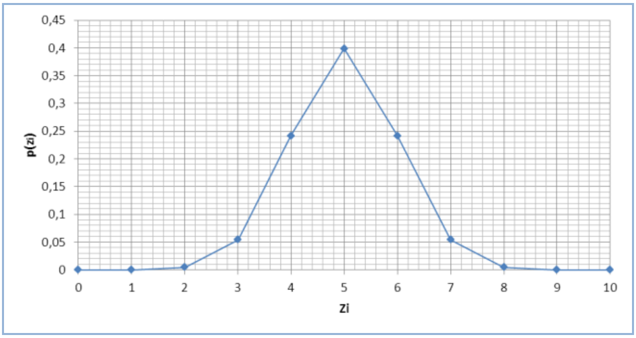

Рис. 3. Вид распределения $p(z_i)$

Исследуем вопрос о зависимости ряда характеристик оптимальной стратегии управления от различных параметров системы и, в частности, от коэффициента дисконтирования α. В результате моделирования алгоритма (1)–(2) удалось построить зависимости, которые приводятся ниже на рис. 4.

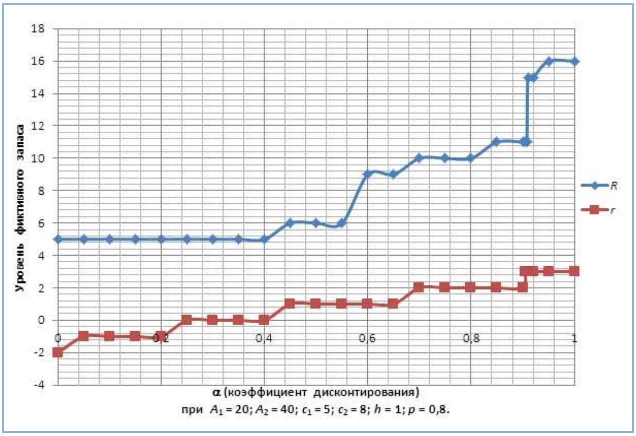

Рис. 4. Зависимости параметров R^* и r^* оптимальной стационарной стратегии управления запасами от коэффициента дисконтирования α

В связи с дисконтированием затрат необходимо выделить два класса стратегий. Первый класс включает одну единственную стратегию, называемую «близорукой» (при $\alpha = 0$), а все остальные стратегии (при $\alpha > 0$) образуют класс «дальнозорких» стратегий. Впрочем, в определенном смысле какая-то доля класса дальнозорких стратегий, скорее, примыкает к близоруким стратегиям. В самом деле, если взять коэффициент дисконтирования близким к нулю, то стратегия управления запасами окажется нацеленной на удовлетворение требования минимальности средних затрат в интервале времени, близком к текущему моменту времени. В предельном случае $\alpha = 0$ в расчётах учитывается только один шаг – ближайший, а, стало быть, стратегия планирования уровней запаса строится так, будто каждая возможность принятия решения о размере заказа связана с последней возможностью подачи заказа. При приближении коэффициента α к единице принимается во внимание всё больший промежуток времени, и, как следствие, строится в каком-то смысле более объективная модель. Хотя, разумеется, в каждом конкретном случае реальный коэффициент дисконтирования обусловлен текущим состоянием экономики.

Как следствие, при $\alpha \to 1$ наблюдается увеличение значений R^* и r^*. При этом алгоритм динамического программирования (1)–(2) получает возможность все дальше «заглядывать» вперёд, оценивать больший промежуток времени, а, стало быть, запасать на складе большее количество товара. Скачкообразный вид графика обуславливается характерным видом распределения вероятностей для случайной величины z. В данном примере это дискретное (типа нормального) распределение со средним в точке $z_i = 5$ (рис. 3), и, как видно, именно на эту величину меняются скачками переменные R^* и r^*.

Построены еще несколько зависимостей: зависимости $R^*(h)$, $r^*(h)$, $R^*(d)$, $r^*(d)$ (рис. 5 и 6).

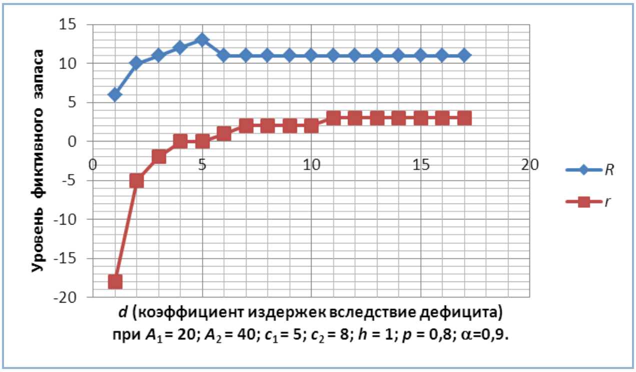

Рис. 5. Зависимость параметров R и r* оптимальной стационарной стратегии от удельных затрат вследствие дефицита d*

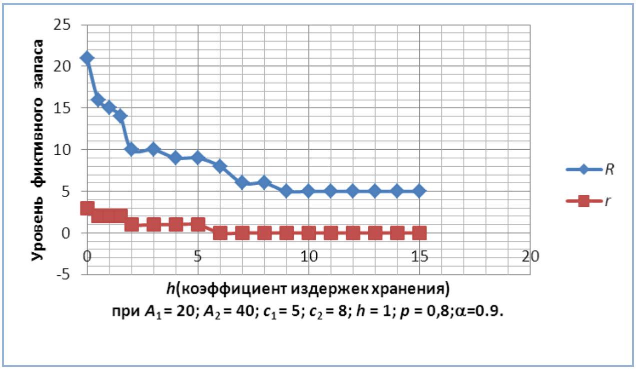

Рис. 6. Зависимость параметров R^* и r^* оптимальной стационарной стратегии от удельных затрат на хранение h

Действительно, чем меньше значение h и чем больше d, тем «охотнее» алгоритм «соглашается» на запасание большего количества товара, ведь в этом случае относительная цена дефицита очень высока и его надо постараться допускать реже. Напротив, при обратном соотношении между h и d выгодно относительно долгое пребывание в зоне полного или частичного дефицита. При этом оптимальные параметры R^* и r^* окажутся малы, причем параметр r^* может даже стать отрицательным.

Исследуем теперь вклады первого, второго поставщика и самого склада в функцию минимального возможного значения в стационарном режиме $C^*(x)$ из уравнения (4) (см. рис. 7 и 8). Обозначим их $C^{*(1)}(x)$, $C^{*(2)}(x)$ и $C^{*(0)}(x)$ соответственно.

Сделаем замечание относительно скорости сходимости функции $C_n^*(x)$ по n: чем меньше коэффициент дисконтирования α, тем скорее $C_n^*(x)$ стремится к своему предельному значению (стационарному) $C^*(x)$. В случае $\alpha = 1$ предельное значение становится бесконечным и процесс перестает быть итеративным (при этом критерий, чтобы он оставался конечным, следует модифицировать).

Как видно из рис. 7 и 8, наибольшая доля затрат связана с услугами первого поставщика, что логично: с большей вероятностью товар будет заказываться именно у первого поставщика, да и за доставку нужно платить ему же.

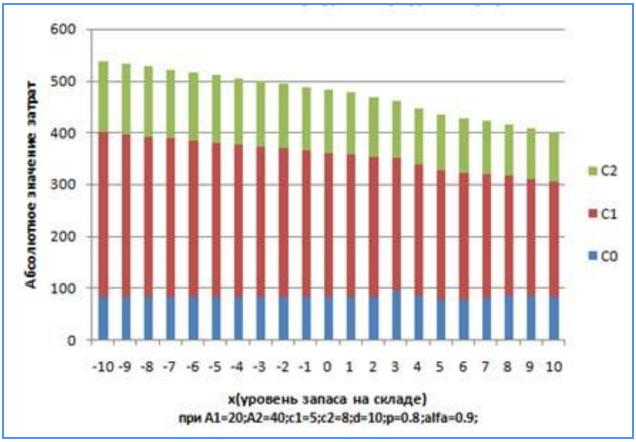

Рис. 7. Зависимости $C^{*(1)}(x)$, $C^{*(2)}(x)$ *и* $C^{*(0)}(x)$

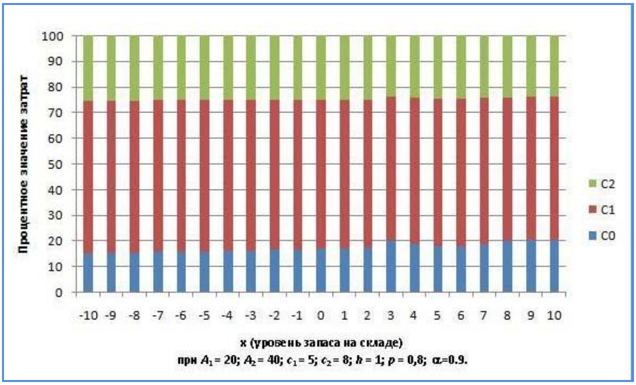

Рис. 8. Процентное соотношение величин $C^{*(1)}(x)$, $C^{*(2)}(x)$ *и* $C^{*(0)}(x)$

Значения $h = 1$ и $d = 10$ достаточно малы относительно величины других параметров затрат, и, как следствие, затраты на обслуживание собственно склада на порядок ниже затрат на услуги поставщиков.

Рассмотрим теперь зависимости величин издержек от надёжности первого поставщика: воспользуемся стационарными значениями $C^*(x)$ при $x = -5$ и $x = +5$, чтобы охватить как случай дефицита, так и случай избытка товара на складе (см. рис. 9 и рис. 10). Полученные результаты вполне логичны: чем выше надёжность первого поставщика, тем меньше переплата из-за разницы в ценах, а, стало быть, значение функции минимальных средних издержек тем меньше, чем надёжнее первый поставщик.

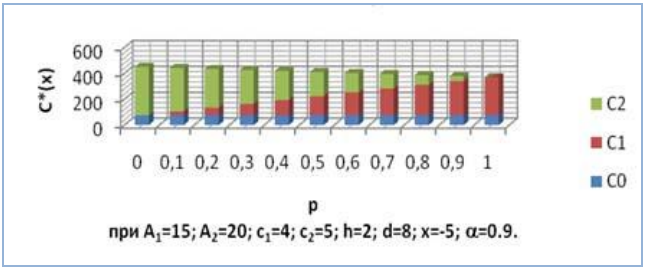

Рис. 9. Зависимость средних суммарных затрат от вероятности p срыва поставки первым поставщиком (в условиях начального дефицита)

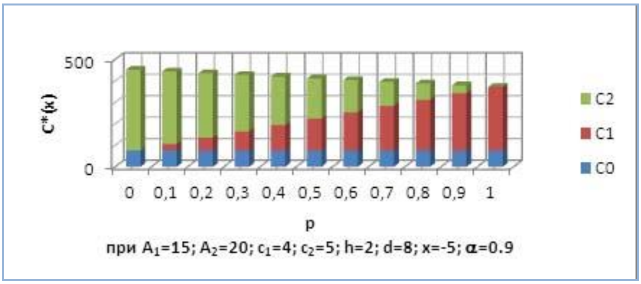

Рис. 10. Зависимость средних суммарных затрат от вероятности p срыва поставки первым поставщика (в условиях отсутствия начального дефицита)

3.2. СЛУЧАЙ БЛИЗКОГО К РАВНОМЕРНОМУ ДИСКРЕТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СПРОСА

Для сравнения рассмотрим другое вероятностное распределение дискретного спроса, выбрав для него большую дисперсию, чем в первом случае. Такое распределение будет более «размытым», сближаясь по виду с равномерным распределением, что наглядно продемонстрировано на рис. 11.

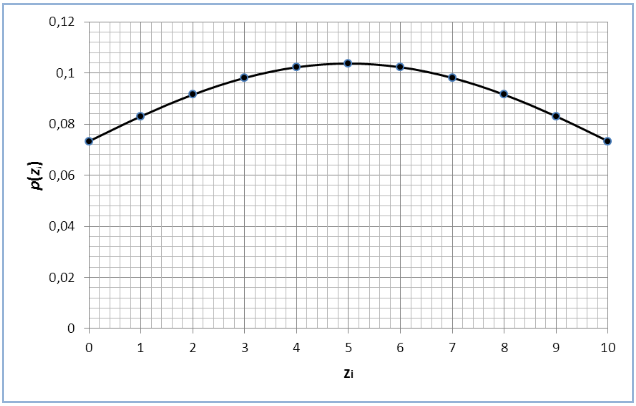

Рис. 11. Альтернативное распределение $p(z_i)$

Построив для второго распределения аналогичные графики $R^*(d)$ и $r^*(d)$ (см. рис. 12 и 13), мы понимаем, что в сравнении с более «острым» распределением спроса, когда решающий вклад в оптимальную стратегию вносят, по сути, лишь реализации случайной величины, находящиеся на «пике» гауссовой кривой, в последнем случае также приходится считаться и с её «хвостами». Этот вывод следует из вида кривых, представленных на рис. 12 и 13. К примеру, по графикам $R^*(d)$ и $r^*(d)$ можно видеть, что при увеличении величины удельных затрат график «вздымается» быстрее. Это и понятно: ведь если в первом случае возможность дефицита была маловероятна (большим значениям спроса соответствовала близкие к нулю вероятности), то теперь, когда рассматривается практически равномерное распределение, в процессе оптимизации проявляется необходимость закупать большие объемы товара (т.е. поднять «планку» r^*) для того, чтобы избежать дефицита при увеличении спроса. В остальном, однако, характер оптимальной стратегии практически не изменился.

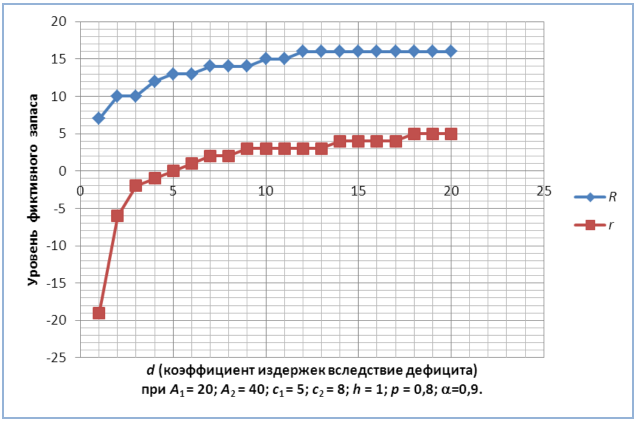

Рис. 12. Зависимости оптимальных параметров R^* и r^* стратегии от удельных затрат вследствие дефицита

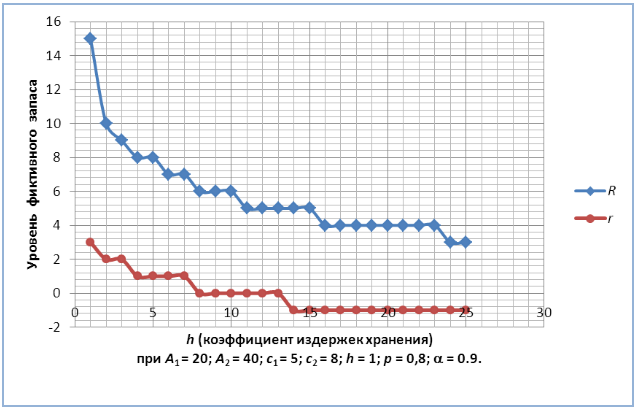

Рис. 13. Зависимости оптимальных параметров R^* и r^* стратегии от удельных затрат на хранение

4. Заключение

Построен и программно реализован алгоритм отыскания оптимальной стратегии управления запасами в системе с двумя поставщиками разной степени надёжности. Написан код программы на языке С++, по результатам работы которого можно судить о целесообразности закупки любого числа единиц товара в начале цикла, произвольно расположенного на временной оси. Изучены характерные особенности решения задачи. Построены зависимости величины заказа от параметров системы, а также от стоимости услуг поставщиков. Изучены зависимости оптимальных параметров стационарной стратегии R^* и r^* от эконометрических характеристик системы, а также вклады в общую сумму издержек, «вносимые» каждым из поставщиков. Предложенный метод решения задачи является в какой-то степени «универсальным»: он применим для любого из вариантов случайного спроса с дискретным распределением вероятностей, а также для любого числа ненадёжных поставщиков при условии, что известны вероятности срыва складских поставок, адресованных каждому из них.

Литература

1. БЕЛЛМАН Р. *Динамическое программирование*. – М.: ИЛ, 1960. – 400 с.
2. ЛОТОЦКИЙ В.А., МАНДЕЛЬ А.С. *Модели и методы управления запасами*. – Москва: Наука, 1991. – 188 с.
3. ХЕДЛИ Дж., УАЙТИН Т. *Анализ систем управления запасами*. – М.: Наука, 1969. – 514 с.
4. ALEGOZ M., OZTURK Z.K. *A Goal Programming Approach to Design the Supply Chain Network* // Technical program of IFORS-2014 World Conference, Barcelona, 2014. – P. 27.
5. ETTL M., FEIGIN G.E., LIN G. Y. et al. *A supply network model with base-stock control and service requirements* // Operation Research. – 2000. – No. 48. – P. 216–232.
6. GRAVES S.C., WILEMS S.P. *Supply chain design safety stock placement and supply chain configuration* // Handbook in OR & MS. – 2003. – No. 11. – P. 95–132.

7. JUSTUS N., MEYR H. *Designing a Planning System for Suppliers of the Machine Building Industry* // Technical program of IFORS-2014 World Conference, Barcelona, 2014. – P. 3.
8. PISHCHULO G., RICHTER K., GOLESORKHI S. *Supply Chain Contracting under Asymmetric Information and Partial Vertical Integration* // Technical program of IFORS-2014 World Conference, Barcelona, 2014. – P. 18.

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT LOCAL MODEL FOR UNRLIABLE SUPPLIERS

Mihail Vil'ms, M.V. Lomonosov Moscow State University, Physical Department student, Bachelor (mihail.vilms@gmail.com).
Alexander Mandel, M, V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Doctor of Science, professor of Physical Department (*almandel*@yandex.ru).
Irina Barladyan, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, researcher (irigina@gmail.com).
Alla Tokmakova, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, researcher (forabt@ipu.ru).

Abstract: *A supply chain management mathematical model for an isolated warehouse with two suppliers of different reliability is considered. Optimal inventory control strategy synthesis algorithm is constructed. The transfer to stationary strategies is investigated. We developed C++ software package to simulate algorithm for two different probabilistic distributions of demand: discrete Gauss-like and another one, discrete too, close to uniform. These examples are used to investigate the optimal stationary strategy parameters and costs dependency of econometrical attributes* (*among these – discount factor*).

Keywords: supply chain management, unreliable supplies, inventory control, stationary strategies, simulation model.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии Н.И. Базенковым.

Поступила в редакцию 30.06.2015.
Опубликована 31.01.2016.