

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКЕ

Полетайкин А.Н.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра автоматизированных систем управления

e-mail: alex@interwest.dn.ua

Abstract

Poletarykin A. N. The simulation model of the process of satisfaction of the need for the computer technology. They are developed the conceptions of probabilistic model of consumer with provision for categories of realization and human factor. The simulation model of their interaction in process of realization is built. It is motivated functional entering datum models in structure expert system of estimation of factors of realization of computer technology.

Выбор методов моделирования. В настоящее время в экономике разработаны и применяются общественные модели, оказывающие специалистам большую помощь в оценке различных качественных показателей массового потребителя, однако прогностическая ценность их сомнительна, поскольку они не учитывают психику и идеологию людей и носят сугубо экономический характер. Предлагаемая здесь модель разработана на основе гипотезы Н.М. Амосова [1] применительно к задаче разработки экспертной системы (ЭС) оценки факторов реализации компьютерной техники [2]. Суть рассматриваемой гипотезы заключается в представлении человека как потребителя на рынке в виде многоуровневой вероятностной модели, функционально включенной в социально-экономический процесс реализации товаров. При этом используются образующие факторы и другие знания, полученные на этапе извлечения знаний экспертов в области экономики, социологии, системотехники и психологии.

Рассмотрим характеристику процесса реализации компьютерной техники в Донецке и области, системно описанного в [2]. Прежде всего, это непрерывно-дискретный процесс. Непрерывность его обеспечивает характер экономики, как состояние хозяйственной деятельности общества. Дискретность процесса заключается в выделении в такой деятельности особых состояний, в которые значения параметров рассматриваемой системы изменяются существенно. Кроме того, он подвержен влиянию множества качественных факторов: финансовых, периодических, социально-демографических, психологических и пр. С целью исследования отношений в рассматриваемом стохастическом процессе обосновано применение имитационного моделирования и теории систем массового обслуживания, где характеристики системы задаются вероятностными распределениями (моделирование непрерывно действующих факторов), марковскими цепями (дискретная параметризация объектов и отношений) и матрицами вероятностей переходов (реализация отношений между объектами). Смоделированный с использованием таких методов информационный процесс при гибком (интеллектуальном) механизме параметризации системы, основанной на знаниях экспертов, становится в достаточной степени гомоморфным реальному процессу реализации. Таким образом, разработанная имитационная модель послужит не только для получения оптимальных характеристик моделируемого процесса, но станет одной из подсистем разрабатываемой в [2] экспертной системы, основным назначением которой является формирование области допустимых решений, генерируемых ЭС.

Описание процесса. Рассмотрим детально процесс реализации компьютерной техники на объекте. Как отмечено в [2], объект включает в себя четыре пункта реализации товара (ПРТ), территориально разбросанных по области. На рисунке 1 показана схема процесса реализации для главного магазина и для филиалов. Каждый филиальный ПРТ имеет локальный склад, который периодически получает поставки с центрального склада. Каждый ПРТ реализует товар в розницу и оптом. Пропускная способность ПРТ предусматривает одновременное обслуживание до семи заявок в магазине №1 и до пяти заявок в филиалах в соответствии с характеристиками, приведенными в таблице 1.

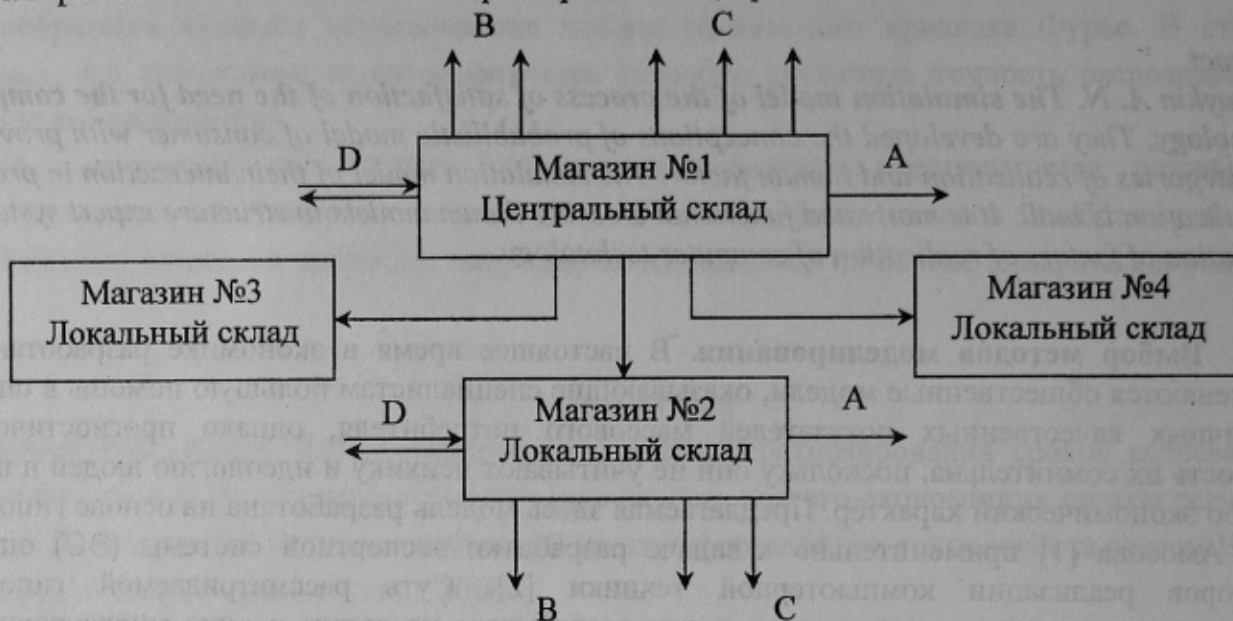


Рисунок 1 - Схема движения товара в процессе реализации на объекте

Таблица 1. Характеристики каналов СМО «Магазин»

Канал	Вид деятельности	Приоритет в обслуживании	Макс. длина очереди	Время работы
Канал 1 Группа А	01. корпоративные продажи	0.7	1	ПН – СБ 9:00 – 18:00
Канал 2, 3 Группа В	01. корпоративные продажи	0.3	2	ПН – СБ 9:00 – 18:00
Канал 1 Группа А	02. Дилерские продажи	0.3	2	ПН – СБ 9:00 – 18:00
Канал 2, 3 Группа В	02 Дилерские продажи	0.7	3	ПН – ВС 9:00 – 19:00
Каналы 5, 6, 7 Группа С	03. Розничные продажи	1	5	ПН – ВС 9:00 – 19:00
Канал 4 Группа D	04. Ремонт: прием / выдача	1	5	ПН – ВС 9:00 – 19:00

При этом канал группы А может не работать с вероятностью P_A . Если все каналы данной группы заняты, заявка становится в очередь. При предельно полной очереди заявка получает отказ по данному каналу. Заявка может перейти в любой свободный канал данной группы. Время ожидания заявки в очереди зависит от группы канала и может варьироваться в интервале $[P1, P2]$, заданны для данной группы каналов данного пункта реализации. Канал группы D предусматривает поступление товара на склад с обязательным возвратом замены потребителю. По этому же каналу производится возврат товара, приобретенного в розницу.

Концепция заявки. Поскольку субъектом, задействованным в моделируемом процессе, является потребитель, заявка может представлять собой его вероятностную модель. Рассмотрим состав модели потребителя, где можно выделить следующие уровни.

Состояния. Представляют собой набор выявленных неценовых факторов и образуются посредством агрегирования вероятностных микросостояний (МС). Полный перечень микросостояний потребителя приведён в таблицах 2 и 3, где также указан способ вероятностного представления соответствующего МС. Приняты следующие обозначения: закон вероятностного распределения указывается только качественным прилагательным, полная группа событий (ПГС), математическое ожидание: M_x , эксцесс: E .

Таблица 2. Составляющие состояния ВС «Потребитель»

K_B	Микросостояние	Форма вероятностного представления
10	Здоровье	Равномерное (0 – 1)
5	Возраст	Нормальное ($M_x=0.5$, $CKO=10$, $E=1$)
8	Образование	Нормальное ($M_x=0.7$, $CKO=0.3$, $E=2$)
5	Пол	ПГС $\approx (0.5, 0.5)$
8	Семейное положение	Экспоненциальное ($M_x=0.5$); время: $M_x=50$ мин.
9	Занятость	– // –
6	Социальная группа	ПГС: (низшая, средняя, высшая)=(0.4, 0.35, 0.25)
6	Материальное положение	Равномерное (0.2 – 1) для соотв. соц. группы

Любые N микросостояний в конкретной ситуации образуют общее макросостояние посредством алгоритма среднего (выражение 1) по всем учитываемым P_{MC} с учётом весовых коэффициентов K_B , которые в зависимости от характера влияния могут иметь разные знаки. P_C по всем указанным МС характеризует покупательскую способность потребителя, то есть способность произвести акт удовлетворения потребности в общем случае (значимость покупки), причём потребность (стимул действия) однозначно имеет место.

$$P_C = \frac{\sum_N P_{MC} \cdot K_B}{N} \quad (1)$$

Особенности психики. Набор МС, определяющих особенности характера потребителя (таблица 3). Степень указанных особенностей представляется вероятностной оценкой, отражающей прогрессорство данной характеристики в индивидууме, усиливающей или ослабляющей значимость тех или иных социально-демографических и психологических факторов.

Таблица 3. Составляющие характера ВС «Потребитель»

K_B	Микросостояние	Параметры распределения
7	Сила характера	Равномерное (0 – 1)
7	Эмоциональность	– // –
10	Фактор будущего	– // –
5	Оптимизм	Равномерное (0.5 – 1)
5	Пессимизм	Равномерное (0 – 0.5)

Данные МС агрегируются в общую оценку P_X в соответствии с алгоритмом произведения (выражение 2) и оказывают регулирующее воздействие не только на покупательскую способность, но, как будет показано далее, также на исход многих функциональных актов. Немаловажное определяющее воздействие на значимость удовлетворения потребности оказывает так называемой «фактор будущего», который в данном случае определяет такие качественные аспекты психики человека, как опасения, тревога в «плохом» смысле, и надежда, уверенность в «хорошем».

$$P_X = \prod P_{MC} \cdot K_B, \quad (2)$$

Потребности. Обычно разделяются на социальные и биологические, однако такое разделение представляется неправомерным, так как эти группы сильно коррелируют друг с другом. В данном случае фигурируют потребности в самовыражении (ВП1), в обладании (ВП2), в подражании (ВП3), в лидерстве (ВП4), в пище (ВП5) и отдыхе (ВП5) — все эти потребности носят второстепенный характер в рамках данной задачи и наряду с особенностями психики, тесно с ними взаимодействуя, также оказывают регулирующее влияние на удовлетворение базовых потребностей: в обладании (БП1), в информационном пространстве (БП2), в проведении вычислений (БП3), в общении (БП4), в удовлетворении основных инстинктов (БП5). Данные БП представляют целевую особенность в системе и являются корневым звеном в данной модели (см. рисунок 2). Все предыдущие особенности потребителя оказывают влияние (уровни 1 и 2) на удовлетворение БП, а также придают рассматриваемому вероятностному процессу некоторую «окраску», образуют функциональную структуру (также вероятностную) системы «Потребитель». Вершина данной пирамиды взаимодействует с системой «Реализатор» посредством исполнительного механизма (ИМ), который и осуществляет собственно процесс.

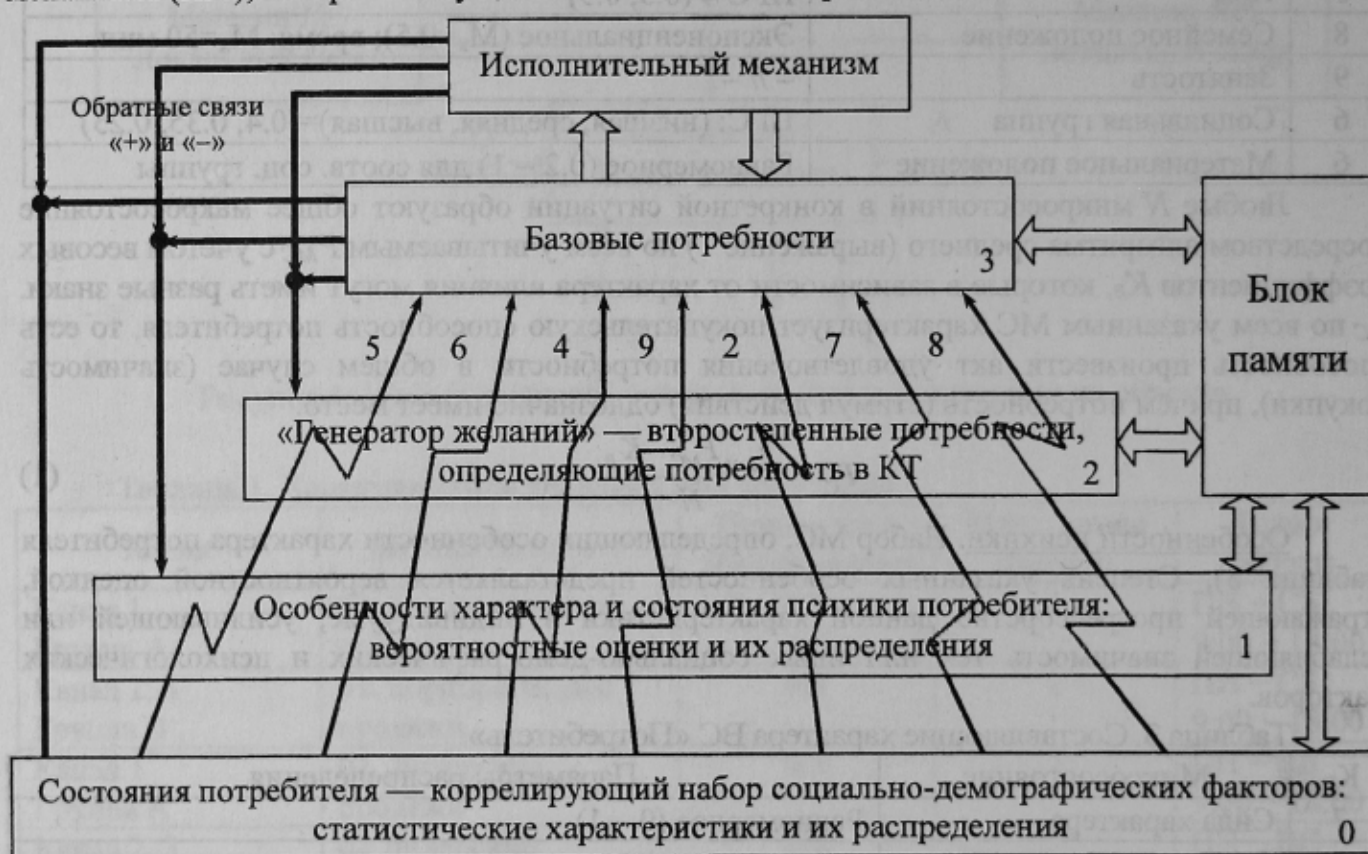


Рисунок 2 - Структура обобщённой модели потребителя КТ

На рисунке 2 структурно показано влияние характера и психологии потребителя, а также второстепенных для данной задачи потребностей на удовлетворение базовых потребностей индивидуума как потребителя на рынке КТ. Основу системы составляет субстрат — набор коррелирующих между собой состояний (уровень 0). Каждое состояние потребителя трансформируется посредством прямых связей через функциональную структуру системы в соответствии с характером влияния (возбуждением и торможением), и образуют интегральную оценку состояния, так называемый «Стимул действия» — *S*. Также здесь задействована память о прошлых состояниях и реакциях.

Механизм влияния сводится к изменению вероятностных оценок субстрата. Корневой уровень 3 — элемент самоуправления системы — реализует базовую функцию в зависимости от состояния стимула действия. Он имеет непосредственную связь с ИМ, а

также обратные связи (ОС) со всеми низшими уровнями. Различаются положительные и отрицательные ОС. Первые усиливают состояния субстрата, либо увеличивают активность функционала. Вторые наоборот, ослабляют субстрат и понижают активность функционала. При этом последний может даже изменить свою структуру (в вероятностном смысле: при определённом понижении вероятностной оценки связи, последняя практически перестаёт существовать). ИМ также имеет подобные обратные связи с уровнями 1 – 3, а также ОС с уровнем самоуправления. Данный механизм децентрализации важен на этапе реализации плана, когда результат ещё не получен, но внешняя среда, оказывающая непосредственное воздействие на ИМ, но далека и инертна по отношению к уровню 3, изменила своё состояние. Это изменение ИМ интерпретирует в усиливающие или тормозящие сигналы ОС. Уровень 3 посредством ОС сигнализирует о результате взаимодействия вниз и изменяет содержимое памяти. При этом если потребность удовлетворена, преобладающим является отрицательное, тормозящее воздействие, в противном случае состояние обостряется положительными сигналами ОС. Таким образом, весь механизм функционирования системы сводится к изменению информационных оценок субстрата и вероятностной структуры функционала, и представляет собой функциональный базис переходов, а собственно потребитель при данном модельном описании представляет собой вероятностную систему.

Заявки в данной СМО могут быть нескольких типов:

1. Отдельные личности. Чаще всего приобретения направлены на определенную базовую потребность, а остальные БП выступают в качестве второстепенных.
2. Дилеры. Как правило, это малые частные предприятия (предприниматели), для дилеров наиболее критичным является ценовой фактор, а также потребность ВП1.
3. Корпоративные клиенты. Это средние и крупные организации, осуществляющие закупки товара крупными партиями. Базовые потребности выбираются из множества {БП1, БП2, БП3}; иногда доминирует ВП1.

Таблица 4 – Экспертные оценки распределения и типологии заявок

Тип заявки	Закон генерации	Распределение следования заявок, мин	ПГС определения типа заказа для заявки	Стат. ср. заказов
1	Экспон. распред-е	(9...12 ч – 100.; 12...16 ч – 50; 16...18 ч – 20)	наименование – 0.3; класс товара – 0.2; проблема – 0.5	10
2	Экспон. распред-е	(9...12 ч – 50.; 12...16 ч – 35; 16...19 ч – 25)	наименование – 0.5; класс товара – 0.35	20
3	Вер. оценка	(9...12 ч – 0.05.; 12...16 ч – 0.025; 16...19 ч – 0.01)	наименование – 0.85; класс товара – 0.15	–

Концепция реализатора. Поскольку процесс реализации это взаимодействие потребителя и рынка, необходима модель рынка (в данном случае реализатор КТ). Субстрат системы «Реализатор» по аналогии с потребителем представлен двухуровневым набором состояний. Состояния первого уровня — остаток товара на складе — материальная основа, отражающая фактические возможности предложения. Далее следуют детерминированные состояния, такие как качество, множественная система (ассортимент, взаимозаменяемые и взаимодополняемые товары), дефицит а также уровень и соотношения отпускных цен на товары. Второй уровень — вероятностных состояний, — воспроизводящий состояние внешней среды: рынка со всеми его особенностями (ассортимент, степень насыщенности рынка, уровень и соотношения цен); потребителя с его предпочтениями субъективными и массовыми: вкусы и привычки, мода, дизайн; состояние среды вообще (средние по уровням дохода, безработицы, психологическому состоянию массового потребителя, сезонные, погодные условия и прочие состояния периодического характера).

Рисунок 3 демонстрирует обобщённую модель системы «Реализатор». Генерация плана закупок товара — первая главная целевая задача системы, — начинается на уровне 1 в

соответствии с текущим состоянием и прогнозными данными о прошлых поставках, хранящихся в памяти. Уровень 2 прогнозирует спрос, трансформируя таким образом первичный план во вторичный — вероятностный, который далее под управлением уровня 3 реализуется исполнительным механизмом снабжения. ИМ реализации взаимодействует с системой «Потребитель», реализуя вторую главную задачу системы «Реализатор», — удовлетворение потребности.



Рисунок 3 - Структура обобщённой модели реализатора КТ

Функциональная структура данной системы является более выраженной, поскольку включает в себя помимо интеллектуального уровня 2 координирующий уровень 3, отчасти реализуемый людьми. По этой причине данную модель нельзя назвать автономной, хотя если рассматривать уровень 3 как «чёрный ящик», то на уровнях 1 и 2 реализуется типичный вероятностный автомат, подобно рассмотренной выше вероятностной системе «Потребитель». Человеко-машинный уровень 3 взаимодействует с внешней средой посредством исполнительных механизмов. ИМ снабжения представляет интерес только в плане обратной связи: положительная ОС по товару (приход), и ряд информационных ОС, информирующих систему о ходе реализации плана. Последние могут быть как положительными, так и отрицательными. При этом, при успешной реализации, информационные ОС будут отрицательными, ослабляющими напряжение на уровне 1. Однако, в рамках рассматриваемой задачи, наиболее интересен ИМ реализации, взаимодействующий непосредственно с потребителем и имеющий обратные связи со всеми уровнями системы.

Процесс реализации. Любой процесс можно представить в виде отдельных «порций» деятельности — функциональных актов (ФА), имеющих определённую цель. Чаще всего цель представлена моделью объекта, на который направлен процесс. Типовой ФА можно представить в виде пяти этапов: начало процесса (восприятие, возбуждение), анализ

(распознавание, прогнозирование, оценка), планирование, решение, взаимодействие. Механизм влияния ФА на систему реализуется посредством обратных связей.

Восприятие. Возбудителем является потребитель, который в соответствии со стимулом действия делает запрос (заявку) реализатору на удовлетворение потребности. Запрос, как правило, содержит определение товара (технические и качественные свойства, конкретное наименование либо подмножество возможных наименований). Однако возможна некоторая степень неопределенности. Например, может быть определен только класс товара и некоторые свойства (характеристики). Иногда заявка делается на уровне проблемы, что требует максимального напряжения на уровне 3, так как связано с анализом проблемной ситуации и определения подмножества допустимых наименований с учетом состояния уровня 1.

Как правило, заказчик имеет представление о количественных характеристиках заявки: необходимое количество единиц товара и ориентировочная стоимость. Ценовой аспект может оказаться критическим, поскольку потребитель не всегда располагает достаточными платежными ресурсами. Реализатор может ослабить напряжение посредством дополнительного информирования, подтверждающего необходимость (убеждение), предложив более дешевый аналог (альтернатива), либо снизив отпускную цену (скидка). Так или иначе, система «Реализатор» анализирует полученный запрос, переходя к следующему этапу ФА.

Анализ. Реализатор осуществляет сравнение данных из запроса с состоянием уровня 1. Сравнение — сложный ФА, представляющий собой сеть этапных ФА, включение которых осуществляется выборочно в зависимости от формата определения. В любом случае производится процесс распознавания, который сводится к генерации так называемой «картинной модели», в которой четко выделен центральный объект, а все другие представлены с разной степенью размытости (обобщенности) в зависимости от их значения. Поскольку картины всегда динамичны, центром внимания может быть именно динамика объекта. Собственно сравнение сводится к накладыванию таких картин на модели-матрицы, сформированные из состояния уровня 1 (динамических или эталонных, хранящихся в памяти). Набор данных картины о товаре представлены в таблице 5.

Таблица 5. Данные картины о разыгранном товаре

Параметр	Форма математического выражения
Наименование	Слово
Класс	Слово, кодировка связей в БД
Количество	Абсолютные (штуки) и относительные (%)
Стоимость	– // –
Качество	Процентные (вероятностные) оценки
Технические характеристики	– // –
Мода	– // –
Дизайн	– // –
Дополняемые товары	Кодировка связей в БД
Аналоги и заменители	– // –

Результатом анализа является первичный вероятностный план удовлетворения потребности (выполнения запроса) потребителя.

Решение. В зависимости от оценок ряда рассмотренных сравнений производится оптимизация (детерминация) полученного вероятностного плана, где вероятности связей либо сводятся к нулю, либо возводятся к единице, и переход к заключительной стадии ФА — действию, либо делается заключение о невыполнении запроса и решение его коррекции на основе текущего состояния реализатора и потребителя. Предельным случаем невыполнимости запроса является отказ.

Действие. Собственно удовлетворение потребности в соответствии с полученным планом и исчезновение у потребителя стимула действия. На данной стадии наиболее важна обратная связь, несущая в систему информацию об изменении состояния потребителя (степень удовлетворённости). На любом из этапов возможно тестирование потребителя на его отношения со средой и с реализатором (состояния уровня 2 реализатора). Тогда этап действия включает ОС коррекции уровня 2.

Рассматриваемая СМО — система реального времени, — алгоритм функционирования которой представлен на рисунке 4 в виде блок-схемы и рассмотрен ниже. Система имеет четыре независимых, функционирующих параллельно пункта реализации (обслуживания), в которые по нескольким независимым каналам (см. таблицу 1) поступают заявки трех типов (см. таблицу 4). При поступлении заявки моделируется собственно заявка. Прежде всего, определяется состояние потребителя: покупательская способность (выражения 1 и 2), в соответствии с которой по закону Пуассона определяется количество независимых заказов N , генерируемым экспоненциальным распределением с MO_N равным статистическому среднему (таблица 4).

Далее следует моделирование требуемой товарной единицы (ТЕ) в соответствии с характером заявки. Конкретный заказ генерируется на базе экспертной ABC- и VEN-классификации [3]. Под ABC-анализом понимают распределение товаров по трём группам соответственно годовому потреблению. Реализованные товары распределяют в порядке убывания продаж и рассчитывают удельный вес прихода от реализации каждой товарной единицы. При этом имеют место следующие соотношения: класс А включает 10–20% товарных единиц, от реализации которых получено 70–80 % прихода; класс В соответственно 20–30% и 5–10%; класс С — 40–60% и 10–15%. Параллельно с ABC-анализом проводят VEN-анализ, который позволяет установить приоритет отбора и закупок товаров в соответствии с их классификации на жизненно необходимые (Vital – V), необходимые (Essential – E) и второстепенные (Non-essential – N). Отнесение препаратов к соответствующим классам производится на базе экспертной оценки.

Класс товара моделируется исходя из ПГС, определяемой как частотная оценка выборки из БД. Если заявка определяется на уровне проблемы, то используется проблемная классификация, где вектор ПГС определяется статистическими показателями возникновения проблем [3]. Конкретный класс может быть явно выражен в заявке (второй тип в таблице 4). В любом случае заданы параметры моделирования группы товара, из которой конкретный товар выбирается вариативным методом на основе выборки реализаций из прошлого периода.

В момент поступления заявка автоматически становится в очередь, причём заявка ограничена во времени по МС «Занятость» и «Семейное положение». Если реализатор, обслуживающий данный канал, на момент поступления занят, то заявка стоит перед выбором, исход которого определяется вероятностным состоянием потребителя (выражение 1), а также состоянием характера (выражение 2). При значительной длине очереди ($>N$) по данным оценкам включается полумарковский процесс, определяемый таблицей 6, в соответствии с которой при данном стимуле P_c и характере P_x , потребитель может либо

Таблица 6. Полумарковский процесс выбора при наличии очереди

Исход простоя в очереди №	ПГС для P_c Стимул (S)	ПГС для P_x выб.		
		0.2 (слабый)	0.3 (средний)	0.5 (высокий)
1	Выйти из процесса	0.5	0.4	0.1
2	Перейти в другой канал	0.3	0.3	0.4
3	Дождаться своей очереди	0.2	0.3	0.5

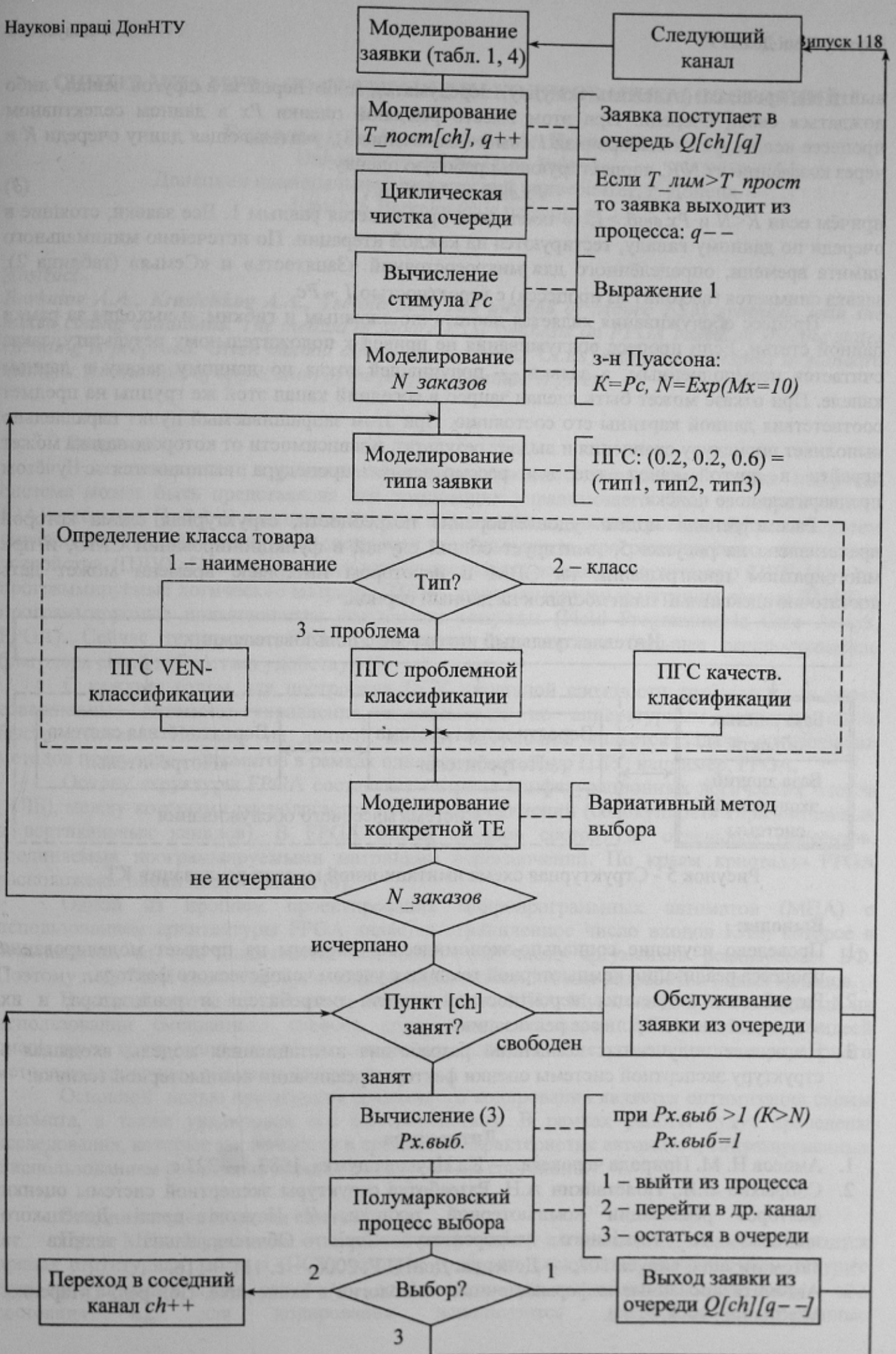


Рисунок 4 - Блок-схема алгоритма имитационной модели СМО

выйти из процесса (отложить покупку, передумать), либо перейти в другой канал, либо дождаться своей очереди. При этом вместо реальной оценки P_x в данном селективном процессе используется выборочная $P_x.выб.$ (выражение 3), учитывающая длину очереди K и через коэффициент N/K , корректирующий рабочую оценку:

$$P_x.выб. = P_x \cdot N / K, \quad (3)$$

причём если $K < N$ и $P_x.выб. > 1$, то последний принимается равным 1. Все заявки, стоящие в очереди по данному каналу, тестируются на каждой итерации. По истечению минимального лимита времени, определённого для микросостояний «Занятость» и «Семья» (таблица 2), заявка снимается (выходит из процесса) с вероятностью $1 - P_c$.

Процесс обслуживания является достаточно сложным и гибким, и выходит за рамки данной статьи. Если процесс обслуживания не привел к положительному результату, заказ считается невыполненным, а заявка — получившей отказ по данному заказу в данном канале. При отказе может быть сделан запрос в соседний канал этой же группы на предмет соответствия данной картины его состоянию. При этом запрашиваемый пункт параллельно выполняет процедуру сравнения и выдает результат, в зависимости от которого заявка может перейти в другой канал, где вся рассмотренная процедура выполняется с учётом предварительного поиска.

Рассмотренная модель удовлетворения потребности, структурная схема которой представлена на рисунке 5, имитирует общий случай в функционировании СМО, и при многократном проигрывании на ЭВМ в некотором интервале времени может дать достаточно адекватный план поставок на данный период.

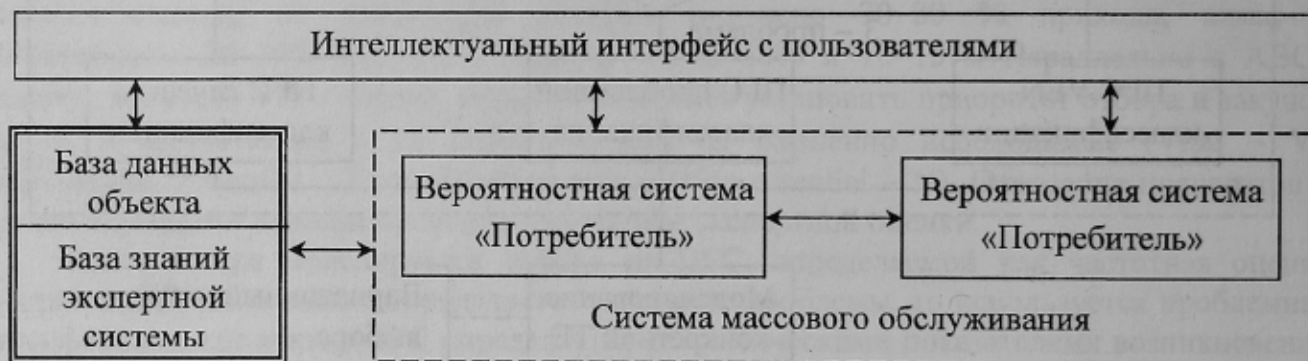


Рисунок 5 - Структурная схема имитационной модели реализации КТ

Выводы:

1. Проведено изучение социально-экономической системы на предмет моделирования процесса реализации компьютерной техники с учетом человеческого фактора.
2. Разработана концепция вероятностной модели потребителя и реализатора, и их взаимодействия в процессе реализации.
3. На основе полученных концепций разработана имитационная модель, входящая в структуру экспертной системы оценки факторов реализации компьютерной техники.

Литература

1. Амосов Н. М. Природа человека. — К.: Наукова думка, 1983. — 223 с.
2. Спорыхин В.Я., Полетайкин А.Н. Разработка структуры экспертной системы оценки факторов реализации компьютерной техники. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, випуск 107. — Донецьк: ДонНТУ, 2006. — с. 111 – 116.
3. Автоматизированные информационные технологии в экономике. Под ред. Титаренко. М.: Знание, 1998, 224 с.