

УДК 658.7

О.Е. ФЕДОРОВИЧ, А.В. ПОПОВ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Предлагается теоретико-множественное моделирование логистической системы (ЛС), проводится анализ вычленения ЛС из суперсистемы с последующей декомпозицией на подсистемы на основе средств системного анализа.

логистические системы, логистические информационные системы, теоретико-множественные модели

Введение

Особенностями логистики являются множественность функциональных направлений деятельности, смена приоритетов в хозяйственной практике фирм, отводящей центральное место в ней управлению потоковыми процессами, а не управлению производством, всесторонний комплексный подход к вопросам движения материальных ценностей в процессе воспроизводства [1 – 3]. Если при фрагментарном способе управления материальными потоками координация действий явно недостаточна, не соблюдаются необходимая последовательность и увязка в действиях подразделений фирм и их внешних партнеров, то логистика предполагает согласование процессов, связанных с материальными и информационными потоками, производством, менеджментом и маркетингом. Новизна логистики заключается также в использовании компромиссов в хозяйственной практике фирм. В результате при движении материальных и информационных потоков нередко достигаются прямо противоположные цели участников логистической цепочки (поставщиков, потребителей и посредников), что свидетельствует о выполнении логистикой функции сбалансирования, оптимизации и координации различного рода отношений (загрузки производственных мощностей и объектов закупок и сбыта, финансовых и

информационных отношений и т.п.). Это позволило отойти от обособленного управления различными функциями товародвижения и осуществить их интеграцию, что дало возможность получать общий результат деятельности, превосходящий сумму отдельных эффектов.

Исходя из вышеизложенного, можно определить логистику как форму оптимизации рыночных связей и гармонизации интересов всех участников процесса товародвижения, совершенствования управления материальными и связанными с ними информационными и финансовыми потоками на пути от первичного источника сырья до сбыта готовой продукции.

Логистика определяется как совмещение четырех областей знаний – экономики (\mathcal{E}), техники (T), технологии (Te) и математики (M), что можно представить в виде операции пересечения соответствующих множеств:

$$L = \mathcal{E} \cap T \cap Te \cap M \neq \emptyset.$$

Для общности можно записать, что логистика определяется как некоторая область знаний (OZ), получаемая совмещением целого ряда уже сформировавшихся областей знаний:

$$L = \bigcap_{i \in I} OZ_i,$$

где I – индексное множество, которое обосновывается экспертным способом.

Подобным образом можно определить инструментарий логистики (ИЛ):

$$ИЛ = \bigcap_{j=J} MA_j,$$

где MA_j – конкретный математический аппарат, который получил применение в теории логистических систем (например, метод системного анализа, методы исследования операций и др.).

В данной работе предложены теоретико-множественные модели ЛС, позволяющие обосновать основные принципы алгоритма построения ЛИС на основе анализа ЛС.

Теоретико-множественные модели иерархических систем

В системах процесс функционирует на многих уровнях. Компоненты, необходимые для функционирования системы, составляющие процесс, называются подсистемами. В свою очередь, подсистемы могут состоять из еще более детальных подсистем. Иерархия и количество подсистем зависят от внутренней сложности системы. Для каждого процесса можно выделить соответствующую систему. Системы могут функционировать одновременно, т.е. параллельно или последовательно.

На рис. 1 представлена иерархическая четырехуровневая система, в которой системы A_1 , A_2 и A_3 входят в надсистему (гиперсистему) D , а система A_1 , со своей стороны, состоит из подсистем B_1 , B_2 и B_3 .

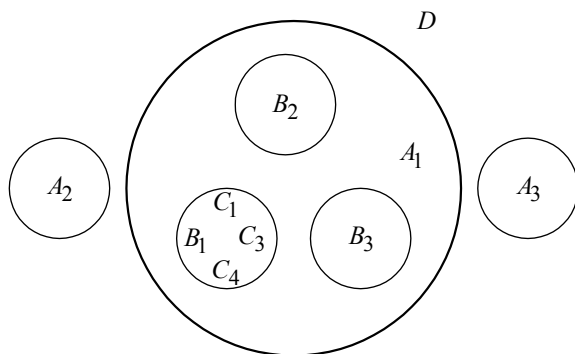


Рис. 1. Схематическое представление четырехуровневой иерархии систем: (система A_1 , входящая в надсистему D , состоит из подсистем B_1 , B_2 , B_3 , а B_1 – из подсистем C_1 , C_2 , C_3)

Если нас интересуют структурные и другие характеристики одной из подсистем, например подсистемы B_1 , то в этом случае B_1 станет исследуемой системой, A_1 – ее надсистемой (гиперсистемой), а C_1 , C_2 , C_3 – подсистемами.

Для данного случая запишем следующее теоретико-множественное представление:

$$A_1 \subset D, A_2 \subset D, A_3 \subset D;$$

$$A_1 \cap A_2 = 0, A_1 \cap A_3 = 0, A_2 \cap A_3 = 0;$$

$$C_1 \subset B_1, C_2 \subset B_1, C_3 \subset B_1;$$

$$B_1 \subset A_1, B_2 \subset A_1, B_3 \subset A_1;$$

$$B_1 \cap B_2 = 0, B_1 \cap B_3 = 0, B_2 \cap B_3 = 0.$$

Кроме того, можно выделить следующие четырехуровневые цепочки(иерархии):

$$C_1 \subset B_1 \subset A_1 \subset D, C_2 \subset B_1 \subset A_1 \subset D,$$

$$C_3 \subset B_1 \subset A_1 \subset D,$$

а также трехуровневые иерархии:

$$B_1 \subset A_1 \subset D, B_2 \subset A_1 \subset D, B_3 \subset A_1 \subset D.$$

Компоненты C_1 , C_2 и C_3 могут быть в таких отношениях:

$$C_1 \cap C_2 = 0 \text{ или } C_1 \cap C_2 \neq 0;$$

$$C_1 \cap C_3 = 0 \text{ или } C_1 \cap C_3 \neq 0;$$

$$C_2 \cap C_3 = 0 \text{ или } C_2 \cap C_3 \neq 0.$$

Если подсистема B_1 состоит только из компонент C_1, C_2, C_3 , то

$$B_1 = C_1 \cup C_2 \cup C_3,$$

в противном случае

$$B_1(C_1 \cup C_2 \cup C_3) \neq 0.$$

Таким образом, системы, их подсистемы и надсистемы могут образовывать иерархию. Бывают и неиерархические системы, например системы с сетевой структурой, в которых подсистемы или структурные элементы системы связаны друг с другом сложными обратными связями, за счет чего сильно влияют друг на друга, так что невозможно выделить однозначно какую-то иерархию.

Представление логистических систем на основе теоретико-множественных моделей

Логистические системы должны определяться полным перечнем дополняющих друг друга подсистем, что требует способности работать в области закупок, планирования и регулирования производства, контроля продукции, учета и сбыта. Определение рабочей модели изучаемой системы является одной из первостепенных задач логистики.

Рассмотрим пример концептуальной модели, относящейся к целеориентированным ЛС [1]. Представим множество S^* и выделим из этого множества класс систем $S \in S^*$, функционирование которых направлено на достижение цели. Указанные системы (S) можно формально определить в виде кортежа

$$S < Ц, Str, tP_s, YDC, t >$$

где $Ц$ – цель системы; Str – структура системы; YDC – условия достижения цели; t – время достижения цели.

Пусть LP – множество логистических процессов, реализуемых посредством методов и средств, принятых в данной системе, которое подразумевает логистические процессы типа генерирования информации, ее передачи, восприятия, распознавания, понимания, представления знаний, хранения и поиска информации, логического вывода, прогнозирования, реализации действия и т.д. Поэтому

$$LP < met, sdc, re > ,$$

где met – методы достижения цели; sdc – средство достижения цели; re – результат обработки информации, принятая в данном классе систем (S).

Структура системы S_i должна быть организована таким образом, чтобы способствовать достижению цели. Структурными элементами системы S являются объекты O , связи C , отношения R . В качестве объектов системы выступают объекты неживой O_N , живой O_j и социальной O_s природы. Средства достижения цели (re) рассматриваются в широком

смысле, включая материальные, финансовые, программные и аппаратные. Обработка информации l_s , принятая в системе, связана с достижением цели. Условия CO должны способствовать достижению цели и учитывать предысторию и последствия, связанные с достижением цели, а также требования, из которых надо исходить, обстоятельства, от которых зависит достижение цели, исходные данные. Время t_j определяется таким образом, чтобы обеспечить выполнение цели. В качестве времени выделяется интервал, в котором совершается необходимая деятельность для достижения цели.

В работе [4] ЛС представлена тремя основными составляющими: материально техническое снабжение (MTC), производство ($Пр$), потребление ($Пот$).

Следует заметить, что:

$$MTC \cap Пр \neq 0 ;$$

$$Пр \cap Пот \neq 0 ;$$

$$ЛС = MTC \cup Пр \cup Пот ,$$

т.е. ЛС в данном случае образуется за счёт объединения трех составных частей, из которых указанные выше две пары пересекаются.

Существенное значение имеет сама область пересечения, в которой две части ЛС находят свои общие интересы или зону переговоров ($ЗП$) (например, цены на приобретаемые сырьё, материалы, продукцию и т.п.). В этом случае образуется пары продавец-покупатель. В качестве продавца могут выступать поставщики, производители, а в качестве покупателя соответственно производители и потребители продукции, так что $ЗП = Прод \cap Пот$.

В случае отсутствия возможных компромиссов по договорной цене $ЗП = 0$, а противном случае $ЗП \neq 0$. Более того, чем больше по величине $ЗП$, тем больше возможностей для нахождения компромисса между продавцом и покупателем.

Для типового состава производственной системы ($ЛС$), можно записать многоместную операцию пересечения

$$PC = (((TP \cap PT) \cap CT) \cap I),$$

где TP (Трудовые ресурсы)=<основные рабочие, вспомогательные рабочие, младший обслуживающий персонал, работники управления>, PT (Предметы труда)=<сырьё, информация, капитал, детали>, CT (Средства труда)=<оборудование, технологическая оснастка, производственные площади, транспорт, энергия, персональные компьютеры>, I (Информация)=<в документах, в символах, на цифровых носителях, в цифрах>.

Микрологистическая система s является одним из элементов макрологистической систем $S (s \in S)$, или её фрагментом (частью) $s \subseteq S$. В свою очередь, гиперсистема включает в себя макрологистическую систему, поэтому $s \subseteq G$ (при $S \neq G \dots S \subset G$).

Теоретико-множественная модель корпорации как логистической системы

Рассмотрим теоретико-множественное представление корпоративной системы (КС), которая состоит из нескольких достаточно самостоятельных предприятий, и в тоже время КС сама является подсистемой гиперсистемы (ГС) или надсистемы.

Для проведения системного анализа необходимо вычленив КС из ГС, т.е. определить границы окружения КС в виде её компонентов (подсистем). Такими типовыми компонентами внешнего окружения корпоративной системы являются государственные учреждения, оказывающие наибольшее влияние на функционирование КС (правительство, налоговая служба, банковские учреждения, внешне-торговые организации и др.).

Обозначим $GC = G$, $g_i \in G$, $g_0 = S$ – определенный элемент множества G , g_i – общий элемент G , $S = KC$. Отсюда рассматриваемая предметная область $G = (g_1, g_2, \dots, g_i, \dots)$.

Так как любой элемент g_i множества G в принципе в свою очередь может быть надмножеством,

состоящим из одного элемента, то при необходимости любую компоненту g_i внешней среды G можно представить в свою очередь в виде некоторого множества

$$g_i = (g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{ij}, \dots),$$

где g_{ij} – j -й элемент i -й компоненты надсистемы G .

Тогда можно записать

$$G = \bigcup_i g_i, g_i \cap g_j = 0 \text{ или } g_i \cap g_j \neq 0.$$

Введенная формализация позволяет выявить не только состав изучаемой системы, но и связи, соотношения между КС и любым элементом гиперсистемы ГС, т.е. между g_0 и g_i , что формально можно записать $g_0 R_i g_i$, где R_i – некоторое отношение между g_0 и g_i (например, отношение, показывающее силу связи g_0 и g_i , т.е. активность деловых, экономических, финансовых, информационных и др. связей). Подобным образом можно ввести формализацию отношений (связей) между любыми общими элементами g_i множества G , что позволяет выявить специфику и особенности окружающей внешней среды в смысле взаимодействия и взаимосвязей её элементов между собой.

Теперь рассмотрим декомпозицию КС как логистической системы ЛС с различных точек зрения.

1. С точки зрения интегрированного логистического процесса, ЛС можно представить в виде нескольких подсистем в горизонтальном аспекте, что соответствует основному принципиальному отличию логистической точки зрения, т.к. здесь рассматривается процесс от источников исходных материалов, сырья и т.д. до процесса потребления изготавливаемой продукции в существующей рыночной среде. В упрощенном виде получаем следующий кортеж:

$$S = KC = g_0 = (Post, Pr, Potr),$$

где $Post$ – совокупность поставщиков, Pr – совокупность производителей, $Potr$ – множество потребителей.

Таким образом, с указанной точки зрения KC расчленяется на три подмножества, которые связаны между собою определенным образом, так что

$$S = (\{Post\}, \{Pr\}, \{Potr\}, R),$$

где R – множество отношений, которые образуются между элементами указанных множеств.

Например, запись $Post_k R Pr_l$ означает, что k -й поставщик определенным образом связан с l -м производителем. Подобным образом можно выразить любые отношения между любыми элементами множеств $\{Post\}, \{Pr\}, \{Potr\}$.

2. С точки зрения разделения KC (ЛС) на управляемую подсистему (УС) и управляющую подсистему или систему управления (СУ), что формально можно представить как объединение двух подмножеств

$$KC = LC = UC \cup CV.$$

В свою очередь, UC и CV так же являются множествами, состоящими из соответствующих элементов. Так, например, в упрощенном виде $UC = \langle \text{персонал, средства труда, предметы труда} \rangle$, $CV = \langle \text{персонал, нормативные акты, организационная техника} \rangle$.

Для более детального описания указанных выше подсистем UC и CV может быть выполнена более подробное членение UC и CV в смысле количества их элементов, так и в смысле дробления этих элементов на более мелкие (заметим, в случае возможного дробления на более мелкие составляющие обычно используют термин подсистема, компонента; а в случае описания далее неделимого фрагмента обычно используют термин – элемент).

3. С точки зрения информационного обеспечения KC можно ввести следующее теоретико-множественное описание:

$$KC = S = \overline{ЛИС} \cup ЛИС = ЛИС \cup KC \setminus ЛИС.$$

Такая формализация означает, что ЛИС является такой подсистемой KC , возможности которой используются как в UC так и в CV , т.е. $ЛИС \cap UC \neq 0$, $ЛИС \cap CV \neq 0$.

Отсюда следует, что ЛИС поддерживает материальные и финансовые потоки независимо от того, в каких подсистемах эти потоки осуществляются.

4. С точки зрения формализации глобальных и локальных целей ЛС можно ввести кортеж целей

$$C = (C_1, C_2, \dots, C_k, \dots),$$

где C_k – k -я цель, стоящая перед ЛС.

В соответствии с принципами целеполагания, каждую конкретную цель можно трансформировать в целый ряд функций и задач, т.е. детализировать цели до определенного предельного членения, когда возникает возможность непосредственно указать на конкретных исполнителей для реализации сформулированных целей на верхнем уровне. Такое членение и обоснование необходимого набора функций и задач позволяет обоснованно перейти к двум основным задачам оптимального построения ЛС: рациональное построение UC и CV . Первое означает разработку оптимальных планов работы производственной части системы, второе означает разработку оптимальной организационной структуры и выбор соответствующей ЛИС (рис. 2).

Таким образом, проведенная декомпозиция KC как сложной системы позволяет выявить основные её составляющие и связи между ними. Кроме того, оказывается возможным производить декомпозицию обобщённой основной задачи построения оптимальной ЛС на отдельные задачи, их решение с помощью средств математического аппарата исследования операций (описание потоков с помощью вероятностных моделей, анализ и выбор оптимальных вариантов в принятии решений с помощью соответствующих математических методов и т.д.).

Заключение

Предлагаются теоретико-множественные модели логистических систем (ЛС), проводится анализ вычленения ЛС из суперсистемы (окружающей среды) с последующей декомпозицией на подсистемы на основе средств системного анализа.

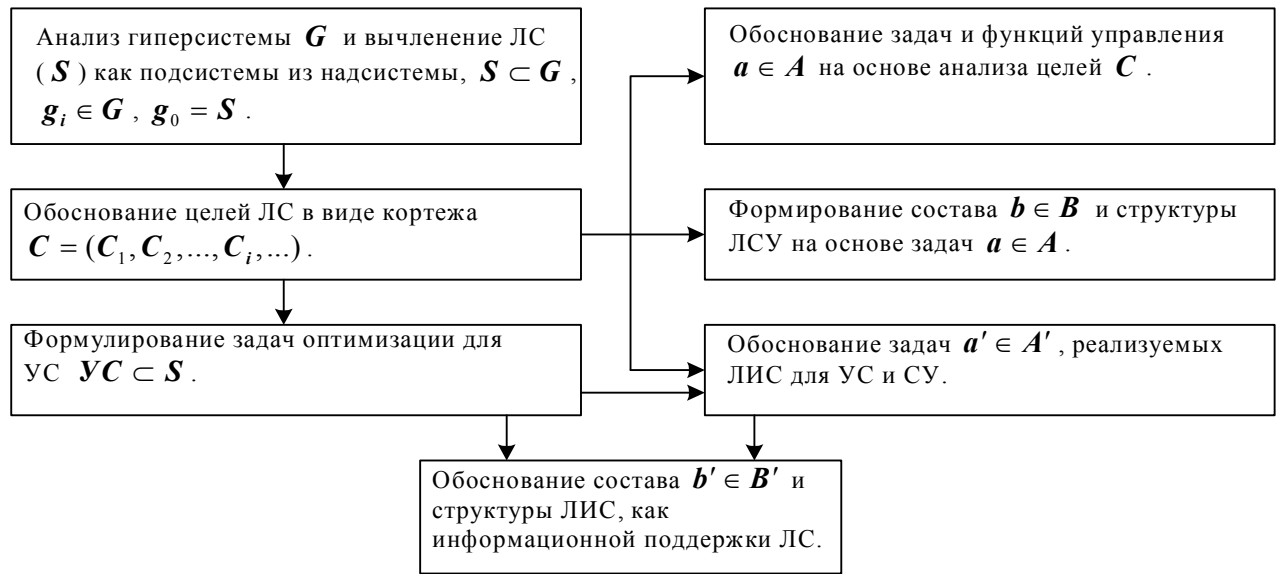


Рис. 2. Комплекс теоретико-множественных моделей создания ЛИС

Литература

1. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э. Системный анализ в логистике. – М.: Экзамен, 2002. – 480 с.
2. Семенов А.И., Сергеев В.И. Логистика. Основные теории. – С.-Пб.: Союз, 2001. – 544 с.
3. Логистика: Учебник / Под ред. Б.А. Аникина: 3-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 268 с.
4. Гаджинский А.М. Логистика – М.: Маркетинг, 2002. – 408 с.
5. Обэр-Криг Дж. Управление предприятием: Пер с франц. – М.: Сирин, 1997. – 257 с.
6. Месарович М., Мако Д., Такаха. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 375 с.
7. Баурсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-бизнес», 2001. – 640 с.

8. Майкл Р. Линдерс, Харольд Е. Фирон. Управление снабжением и запасами. Логистика / Пер. с англ. – С.-Пб.: ООО «Виктория плюс», 2002. – 768 с.
9. Джонсон, Джеймс, Вуд, Дональд, Ф., Вордлоу, Дэниел, Л., Мерфи-мл., Поль Р. Современная логистика: Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. – 624 с.
10. Бурбаки. Теория множеств: Пер. с франц. – М.: Мир, 1965. – 457 с.
11. Валуев С.А., Волкова В.Н., Градов А.П. и др. Системный анализ в экономике и организации производства. – Л.: Политехника, 1991. – 398 с.
12. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер с франц. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.

Поступила в редакцию 21.03.05

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.