

УДК 658.589

В.Н.НОВОБРАНОВ, Н.В.ОБУХОВА, кандидаты техн. наук
Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ЛОГИСТИКИ

Объектом исследования является логистическая цепь как основной компонент структуры, состава и последовательности выполнения проектных операций в инновационных проектах. Приводится комплексный анализ структуры задач логистики, определяются единые системные подходы при принятии проектных процедур логистики.

Логистическую цепь представим в единстве следующих основных компонентов – структуры, состава и последовательности выполнения проектных операций, способов выполнения и их функционального наполнения, оценки и обоснования проектных операций, совокупности входных и выходных документов.

Будем понимать под исследованием процесса проектирования выполнение следующих процедур:

- исходя из конечного множества W проектных операций (базовых элементов), которое в совокупности обеспечивает полное решение задачи логистики, описания функционального назначения проектных операций $\omega \in W$ как некоторого отображения $\omega: I_1 \subset I \rightarrow G$ подмножества $I_1 \subset I$ входных данных I в пространство G выходной информации (списка выходных документов);

- установление бинарного отношения $\delta \in W^2$ эквивалентности [1] ($\omega_1 \sim \omega$) проектных операций $\omega_1, \omega_2 \in W$ по степени идентичности входных и выходных потоков данных каждой проектной операции и их функционального назначения;

- выявление иерархии (частичной упорядоченности [2]) на множестве W проектных операций;

- на основе анализа отношений эквивалентности и частичного порядка на множестве W проектных операций, представление общей задачи логистики как некоторой сложной системы (комплекса задач), имеющей определенную структуру (граф [3], конечная суперпозиция [4] проектных операций, блочно-сетевая модель [5, 6] и т.п.);

- выявление единых подходов (единого математического обеспечения как совокупности моделей, методов и алгоритмов), общности структуры решений на основе модульного подхода, возможностей программной реализации и т.п. Отметим некоторые подходы к реали-

зации намеченной программы.

Проектная процедура представляет собой формализованную совокупность действий (проектных операций), выполнение которых оканчивается проектным решением. Под проектной операцией понимается действие или формализованная совокупность действий, составляющих часть проектной процедуры, алгоритм выполнения которых остается неизменным для ряда проектных процедур [7].

Для задач логистики, состав и общая постановка которых приведены в [8], характерное множество W содержит проектные операции размещения элементов компоновки на промышленной площадке: зданий на генеральном плане, цехов в здании, оборудования в цехах.

Как видно из табл.1, каждая проектная операция $\omega \in W$ представляет собой некоторое отображение $\omega: I_1 \subset I \rightarrow G$ подпространства входных параметров в выходные. Действительно, присутствие всех входных данных для реализации некоторых проектных операций необходимо. Например, проектная процедура производственной логистики требует на входе информацию о номенклатуре, ассортименте продукции и имеющейся производственной мощности. На выходе выдается информация о количестве выпущенной продукции. При этом информация о складировании и поставках и других предыдущих операций отсутствует.

Таблица 1 – Состав операций логистической цепи производственного предприятия

Наименование и обозначение логистических операций	Выполняемые функции	Перечень и характеристика обрабатываемых данных	
		входных	выходных
1	2	3	4
1. Формирование исходных данных о производственной программе и ресурсах предприятия (входной поток) - ω_1	Формализация, ввод и контроль информации о производственной программе и ресурсах предприятия	Номенклатура, ассортимент и объем продукции, производственная мощность предприятия - [I ₁]	Массивы данных, описывающих входные данные в формализованном виде - [G ₁]
2. Логистическое администрирование - ω_2	Выбор последовательности выполнения логистических операций	Наименование решаемой задачи - [I ₂]	Управляющая команда - [G ₂]
3. Прием, обработка и оформление заказов - ω_3	Прием, предварительная обработка заказов, проверка поступления оплаты, планирование сроков	Номенклатура и объем заказанной продукции наличие ресурсов - [I ₃]	Расходы по оформлению заказов, на сбор, хранение и передача данных о заказах - [G ₃]

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
	выполнения заказов, формирование комплекта документов		
4. Планирование производства - ω_4	Разработка производственного плана, определение потребности в продукции	Номенклатура, ассортимент и объем продукции - [I ₄]	Затраты на подготовку производства, производство продукции - [G ₄]
5. Заготовка сырья - ω_5	Определение оптимального размера заказа, определение средств на закупку, поиск и выбор поставщиков	Перечень материалов, конструкций и полуфабрикатов для производства, выбор поставщиков товаров - [I ₅]	Трансакционные затраты - [G ₅]
6. Производство продукции - ω_6	Изготовление и выпуск продукции	Технологический процесс изготовления продукции - [I ₆]	Расчет производственной мощности, объема выпуска продукции - [G ₆]
7. Распределение продукции - ω_7	Расчет графиков поставки, транспортно-экспедиционные операции	Объем и номенклатура продукции, перечень пунктов доставки - [I ₇]	Трансакционные, эксплуатационные затраты - [G ₇]
8. Складирование и хранение продукции - ω_8	Обеспечение работы складского хозяйства: приемка, хранение, перемещение, отбор продукции	Номенклатура, ассортимент и объем продукции хранения - [I ₈]	Площадь склада, площади участков размещения различных товаров - [G ₈]
9. Доставка продукции потребителю - ω_9	Составление графиков доставки и <input type="checkbox"/> РУ <input type="checkbox"/> шрутов перевозки	Координаты размещения пунктов доставки товаров - [I ₉]	Графики и маршруты движения транспорта - [G ₉]
10. Формирование математической модели объектов логистической цепи - ω_{10}	Математическое представление объектов логистической цепи	Параметры объектов логистической цепи - [I ₁₀]	Математическое представление объектов и области логистических операций - [G ₁₀]
11. Выбор и расчет функции цели - ω_{11}	Формирование <input type="checkbox"/> РУ <input type="checkbox"/> литического представления для оценки качества вариантов взаимодействия в логистической цепи	Данные о стоимости связей, величине <input type="checkbox"/> РУзопотоков и т.п. - [I ₁₁]	Величина функции цели - [G ₁₁]
12. Выбор системы ограничений - ω_{12}		Данные об условиях возможных решений на каждом этапе - [I ₁₂]	Величина допустимых значений - [G ₁₂]
13. Получение допустимых решений - ω_{13}	Обеспечение решения задачи с учетом ограничений и обеспечения минимума функции цели	Параметры математической модели - [I ₁₃]	Допустимые значения выходных параметров - [G ₁₃]

1	2	3	4
	(локальная оптимизация)		
14. Выбор рационального решения - ω_{14}	Направленный перебор локальных решений и выбор «лучшего» из них (глобальная оптимизация)	Допустимые значения выходных параметров, данные о значениях функции - $[I_{14}]$	Рациональное значение выходных параметров - $[G_{14}]$
15. Формирование результатов решения (выходной поток) - ω_{15}	Представление результатов решения в форме, определяемой требованиями к выходной документации предприятия	Результаты решения всех задач логистики - $[I_{15}]$	Комплект документации планово-производственного и финансовых отделов предприятия - $[G_{15}]$

Вся совокупность проектных операций с преобразованием их показателей, выбором и оценкой результатов, выпуском чертежей и другой технической документации, а также формированием взаимных данных как технологического этапа автоматизированного проектирования, охватывает в комплексе полное пространство входных и выходных данных и, тем самым, обеспечивает решение задачи логистики.

Функциональное наполнение операций логистики со списком входных и выходных данных приведено в табл.1. Проектная операция, как указывалось выше, характеризуется тремя основными элементами: входной, выходной информацией и функциональным наполнением.

Будем называть проектные операции ω_1 и ω_2 эквивалентными, если совпадают (идентичны) по структуре их входные и выходные потоки и тождественны результаты действия этих операций для тождественных входов, т.е.

$$(\forall V_1 = V_2, \omega_1 V_1 = \omega_2 V_2) \wedge (\omega_1: I_1 \rightarrow G_1, \omega_2: I_2 \rightarrow G_2 \Leftrightarrow I_1 = I_2, G_1 = G_2), (1)$$

где \forall – квантор всеобщности; \Leftrightarrow – импликация; $I_1, I_2 \subset I$; $G_1, G_2 \subset G$;

\wedge – символ конъюнкции.

Исходя из этого определения и на основании табл.1 были выявлены классы эквивалентных проектных операций, которые в дальнейшем будут считаться тождественными между собой и не различаться. Например, тождественны по структуре своих входных и выходных потоков, а также функциональному наполнению операции компоновки оборудования в цехах и участках, цехов в промышленном здании, зданий на генеральном плане. Проведенная факторизация [2] множества

W проектных операций позволяет резко уменьшить его мощность, избавиться от избыточности, минимизировав в дальнейшем структуру всей задачи. Кроме того, это позволяет решить проблему унификации, математического обеспечения решения задач компоновки промышленного предприятия, рассчитанного на минимально возможное количество и разнообразие задач.

Одним из наиболее важных этапов комплексного анализа структуры задач является обеспечение учета и согласования сложной взаимосвязи (по входам и выходам) между анализируемыми проектными процедурами и решениями, учет их функциональной зависимости и избыточности. Для решения этой задачи введем иерархию проектных операций на основе отношений частичной упорядоченности (зависимости) $\omega_1 \leq \omega_2$ проектных операций $\omega_1, \omega_2 \in W$, которую определим посредством анализа степени идентичности входных и выходных потоков этих операций в соответствии с формулой

$$\{ \omega_1, \omega_2 \} \stackrel{def}{\Leftrightarrow} \{ \exists \omega_3, \omega_4 : \omega_3 = \omega_2 * (\omega_1 \times \omega_4) \} \vee \exists \omega_3 = \omega_2 \circ \omega_1 \}, \quad (2)$$

где $\stackrel{def}{\Leftrightarrow}$ – эквивалентность по определению; \exists – квантор существования; \vee – дизъюнкция; \circ – композиция отображений; \times – декартово произведение отображений [4].

Анализ табл.1 и учет формулы (2) позволяет установить иерархию каждой пары проектных операций и всей совокупности W указанных операций. Результат введения иерархии на множестве $R \subset W$ в виде конечной суперпозиции приведен в табл.2. При этом под конечной суперпозицией исходного множества R проектных операций будем понимать отображение, определенное следующим рекуррентным образом:

- 1) $\omega \in W \Rightarrow \omega$ – суперпозиция;
- 2) если ω_1, ω_2 – суперпозиция, то и $\omega_1 \circ \omega_2$ – суперпозиция;
- 3) если ω_1, ω_2 – суперпозиция, то и $\omega_1 \times \omega_2$ – также суперпозиция;
- 4) если ω_1, ω_2 – суперпозиция, то $\omega_1 \Delta \omega_2$ – также суперпозиция;
- 5) если ω – суперпозиция, то $P_{r_i} \omega$ – суперпозиция, где P_{r_i} – i -я компонента операции.

Аппарат конечных суперпозиций позволяет не только выявить иерархию на множестве проектных операций, но и представить всю комплексную задачу компоновки. Например, в виде конечной суперпозиции функционально-зависимых проектных операций и процедур, составляющих минимальный набор, с указанием возможных обратных

связей в процессе проектирования, наглядным представлением о логической цели как многоэтапном процессе реализации данной суперпозиции.

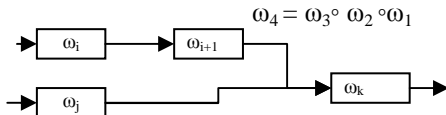
Суперпозиция общей задачи логистики производственного предприятия приведена ниже в виде схемы:



а) отношение непосредственной зависимости ω₂ от ω₁ и ω₄ :
 $\omega_3 = \omega_2 \circ (\omega_{1 \times} \omega_4), \quad \omega_3 = \omega_2 \circ \omega_1$ (3)



б) отношение косвенной зависимости ω₄ от ω₁ :
 $\omega_4 = \omega_3 \circ \omega_2 \circ \omega_1$ (4)



в) отношение частичного порядка ωᵢ и ωⱼ

Таблица 2 – Иллюстрация к понятию зависимости проектных операций

Исходные суперпозиции	Получаемые суперпозиции и их наименования	Графическая иллюстрация суперпозиции
1. ω₁, ω₂	ω₁ ∘ ω₂ – композиция	→ ω₂ → ω₁
2. ω₁, ω₂	ω₁ × ω₂ – прямое и ω₁ Δ ω₂ диагональное произведение	→ ω₁ → → ω₁ → → ω₂ → → ω₂ →
3. ω, Pr₁	Pr₁ ω – проекция (компонента)	→ ω → → ω → → → → ω
4. {ω₁ ∘ ω₆} ∈ R	(ω₅ Δ ω₆) ∘ {ω₃ ∘ [(ω₁ ∘ ω₂) × ω₄]} – конечная суперпозиция операций ω₁ ∘ ω₆ исходного множества R	→ ω₁ → ω₂ → → ω₆ → → ω₄ → → ω₃ → ω₅ →

В приведенном примере получен результат введения иерархии на множестве проектных операций.

Применение конечных суперпозиций позволяет также выделить подсистемы и блоки проектных операций как элементы, внутренне независимые от других проектных процедур, операций и блоков (под блоком понимается несколько операций, совместно реализующих не-

которую функцию, с согласующими, переходными и объединяющими их элементами).

Конечная суперпозиция также позволяет наглядно представить прохождение информационных потоков в процессе проектирования, первоочередность некоторых элементов информации и технической документации, поэтапность ее получения, обработки и выдачи пользователям, возможность накопления и хранения информации в виде единого банка данных, степень сортировки информации и возможность быстрого доступа к ней. Полученная структурная схема конечной суперпозиции проектных операций при автоматизированном получении задач логистики и анализа функционального назначения элементов суперпозиции наглядно демонстрируют функционально-наполненную суперпозицию. Именно весь комплекс задач является отображением набора исходных аналитических объектов и параметров, их характеризующих, на пространство того же сорта и, таким образом, оптимизация указанной конечной суперпозиции как абстрактного отображения, относится к классу задач математического прогнозирования [4]. Этот вывод позволяет оптимистично подойти к перспективам решения задач логистики с единых позиций, используя унифицированные структуры следующих компонентов: модели объектов логистики, математической модели задачи, методов математического программирования и в целом – математического обеспечения решения рассматриваемых оптимизационных задач.

1. Хаусдорф Ф. Теория множеств. – М.-Л.: ОНТИ, 1947. – 304 с.
2. Зайцев Н.О. Теория и методы автоматизированного проектирования. – К.: Наук. думка, 1987. – 308 с.
3. Рвачев В.Л. Элементы дискретного анализа и теории функций. – Харьков, 1982. – 152 с.
4. Михалевич В.С., Шкурба В.В. Последовательные схемы оптимизации в задачах упорядочения выполнения работ // Кибернетика. – 1966. – №2. – С.34-40.
5. Михайленко В.Е., Кашенко А.Г. Природа, геометрия, архитектура. – К.: Будівельник, 1987. – 194 с.
6. Шарко М. Модель формирования национальной инновационной системы Украины // Економіст. – 2006. – № 9. – С.25-30.
7. Новобранов В.Н., Обухова Н.В. Модели и методы управления материальными потоками // Материалы I Междунар. науч.-практ. конф. «Наука и технологии: шаг в будущее». Т.21. Экономические науки. – Белгород: Руснаучкнига, 2006. – 82 с.
8. ДБН 2.2-3-97. Состав, порядок разработки, согласования и утверждение проектной документации для строительства. – К., 1997.

Получено 09.04.2007