

Фрактальная модель планирования и управления грузоперевозками

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

Поставлена и решена задача построения фрактальной модели планирования и управления грузоперевозками (ФМПУГ). Для формирования фрактальной модели был определен состав системы (организация системы – фрактальные модули) и задан алгоритм функционирования (управление системой). Описан процесс синтеза и гармонизации целей функционирования системы, а также механизм разрешения конфликтных ситуаций между фракталами с помощью переговоров. Предложена процедура трансформации сложной распределенной логистической системы дистрибуции в ФМПУГ. В полученной структурной иерархии фракталы нижнего уровня отражают компоненты логистической сети, а фракталы верхних уровней – отношения между ними.

Ключевые слова: фрактал, агент, самоподобие, обозреватель, резольвер, анализатор, репортер, организатор, дистрибуция, сбытовая логистика

1. Введение

Для обеспечения высокой скорости реагирования на изменения окружающей среды и рынка управление современными распределенными логистическими системами поставок и сбыта продукции должно обладать гибкостью, адаптивностью и отказоустойчивостью [1-3]. Помимо этого, для поддержания должной конкурентоспособности предприятия зачастую требуется рационализация производственного процесса на различных стадиях, таких, как снабжение, производство и сбыт [4]. Поэтому актуальна тема предлагаемой публикации, в которой рассмотрена задача построения модели планирования и управления грузоперевозками, основанная на теории фракталов и агентном моделировании, учитывающей подобность алгоритмов, что позволяет сформировать обобщенный алгоритм управления перевозками в разнородной транспортной сети [2-4].

2. Постановка задачи исследования

В качестве фрактала понимается множество самоподобных агентов, что добавляет к основным свойствам фракталов (а именно: самоподобие, самоорганизация, самооптимизация, ориентация на цель, динамичность) еще и такие характеристики агентов, как автономность, мобильность, интеллект и кооперативность, что, в свою очередь, и делает саму систему за счет специфических свойств фракталов гибкой, отказоустойчивой и самонастраивающейся [5].

Фрактал состоит из пяти функциональных модулей [6-8]: обозреватель, анализатор, резольвер, организатор, репортер и нескольких других вспомогательных модулей, основное назначение которых приведено в табл. 1.

Обозреватель и репортер являются управляющими модулями и контролируют соответственно входную и выходную информацию фракталов. Анализатор содержит агенты, предназначенные для симуляции и планирования. Резольвер контролирует процесс формирования целей и взаимодействий фракталов. Организатор проверяет фрактальные статусы (цели) и управляет фрактальной структурой. Наиболее важную роль среди всех функциональных модулей по управлению цепочками поставок во фрактальной системе играют анализатор и резольвер,

которые представляют собой модули, использующие при принятии решений математические модели.

Таблица 1

Функциональное назначение фрактальных модулей

Модуль	Функции
Обозреватель (входной канал)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мониторинг модульного статуса (выявление возможных конфликтных ситуаций в процессе формирования целей, например при формировании цены продукции). 2. Получение сообщений и информации от других фракталов (например, информация о заказе, сроках доставки и т.п.). 3. Передача комплексной информации запрашивающему фракталу (текущая информация о процессе формирования заказа)
Анализатор	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ альтернативных вариантов достижения цели в соответствии со статусной информацией (варианты, сгенерированные резольвером при обнаружении конфликтной ситуации: конфликт цены, сроков доставки). 2. Анализ и расчет прибыльности фрактала на основе статусной информации (целевого назначения) и стоимостной информации. 3. Симуляция проанализированных вариантов достижения цели (выбранные как альтернативные из сгенерированного резольвером перечня вариантов) в режиме реального времени. 4. Формирование отчетов о проведенной симуляции для резольвера для облегчения процесса принятия решений
Резольвер	<ol style="list-style-type: none"> 1. Генерация альтернативных вариантов достижения цели (например, формирование новой стоимости продукции либо сроков доставки, поиск новых поставщиков, изменение маршрутов доставки грузов и т.п.). 2. Инициация и выполнение процесса формирования цели с применением оптимизационных и эвристических алгоритмов для оптимизации логистической цели (например, касающиеся продаж, покупки продуктов, рекламной кампании и т.п.). 3. Принятие решений посредством сотрудничества и кооперации с другими фракталами, т.е. формирование целевой функции фрактала для принятия стратегических решений (например, максимизация прибыли). 4. Использование и управление базой знаний для поддержки процесса принятия решений
Организатор	<ol style="list-style-type: none"> 1. Управление информацией о статусе, структуре и адресе фрактала. 2. Выполнение процессов динамического реструктурирования, а именно: генерация базового фрактального модуля (БФМ), удаление БФМ и оценка фрактальных характеристик (процессы генерации и удаления БФМ могут быть связаны, например, с появлением новых рынков сбыта или поставок продукции либо, наоборот, с отказом от каких-либо каналов сбыта или поставок продукции)
Репортер (выходной канал)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Передача команд (например, поручения для распределения заказов, запросов на доставку, ответы клиентам и т.п.). 2. Формирование отчетов о результатах, сгенерированных всеми процессами внутри фрактала для других фракталов

Построенная фрактальная модель планирования и управления грузоперевозками (ФМПУГ) представляет собой распределенную структуру управления, со-

стоящую из автономно сотрудничающих агентов в виде фракталов и за счет их специфических свойств является гибкой, отказоустойчивой и самонастраиваемой.

Механизм действия фрактальной системы основан на движении снизу вверх, при этом высший уровень фракталов выполняет только те функции управления, которые не могут быть реализованы фракталами более низких уровней. Выполнение фрактальных функций достигается посредством сотрудничества и координации процессов между модулями для выполнения целей системы, что обеспечивает большую гибкость фрактальной системы по сравнению с другими системами. В ФМПГУ 18 агентов (стационарные и мобильные) объединяются в пять функциональных модулей, как представлено в табл. 2.

Фрактальная модель управления цепочками поставок я ориентирована на достижение определенной цели (целей). Поэтому ключевым моментом при задании алгоритмов управления системой является описание процесса формирования цели и, собственно, задание глобальной цели функционирования всей системы.

Таблица 2

Агенты ФМПГУ

Функциональный модуль	Соответствующие агенты
Наблюдатель	Агент внутрисетевого мониторинга (С) Агент мониторинга внешних связей (С)
Резольвер	Агент генерации альтернатив (М) Агент формирования целей (С) Агент управления задачами (С) Агент взаимодействия (М) Агент управления базами знаний (М) Агент принятия решений (С)
Репортер	Агент внутрисетевых команд (С) Агент внешних команд (С)
Анализатор	Агент формирования прибыльности (С) Агент ранжирования альтернативных вариантов достижения цели (С) Агент симуляции реального времени (С)
Организатор	Менеджер фрактального статуса (С) Менеджер фрактального адреса (С) Агент реструктуризации (М)
Вспомогательные	Системный агент (С) Сетевой агент (С)

Каждый фрактал имеет собственную цель (фрактальный статус) и посредством взаимодействия и кооперации с функциональными модулями других компонентов системы (фракталов) пытается достичь этой цели.

Процесс формирования цели системы начинается сверху вниз: сначала определяется глобальная цель всей системы, затем фрактал-родитель, учитывая функциональные возможности своих «детей», генерирует промежуточные цели, успешное выполнение которых приводит к достижению глобальной цели, после чего полученные подцели сообщаются фракталам-детям. Процесс формирования целей продолжается до получения предварительных целей каждым фракталом системы.

После того, как система целей создана, инициируется процесс гармонизации целей, который заключается в разрешении возможных конфликтных ситуаций между фракталами. Так как принятие решений каждым фракталом системы осуществляется самостоятельно, то цели одних фракталов могут потенциально кон-

фликтовать с целями других фракталов. После обнаружения конфликта соответствующие цели пересматриваются, что, в свою очередь, может вызвать пересмотр и целей фракталов-родителей. Таким образом, фрактал-родитель учитывает изменение целей подчиненных ему фракталов и при необходимости, пересматривает свои цели. Иными словами, изменение целей фрактала-потомка приводит к необходимости изменения цели фрактала-родителя (рис. 1). Такой процесс называется обратным процессом формирования целей.

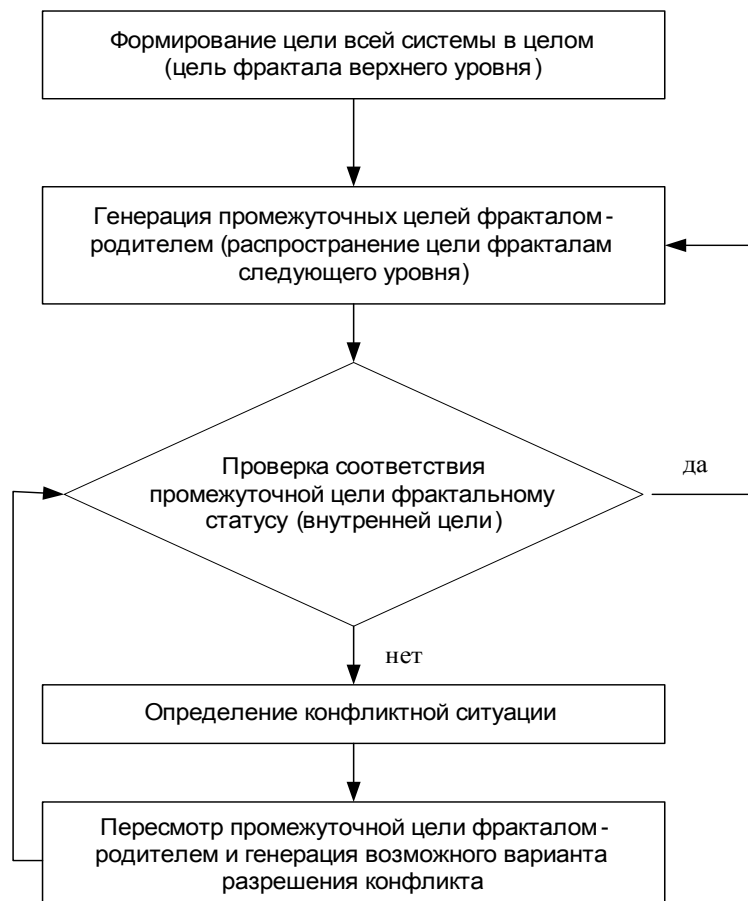


Рис. 1. Процесс формирования цели

Концептуальная целевая модель управления фрактальной системой направлена на максимизацию прибыли, получаемой от фрактала f :

$$\max P_f = \sum_{i=1}^n P_i - C^f ,$$

где P_f – прибыль подчиненного фракталу f фрактала i ;

C^f – дополнительные затраты для фрактала f .

Цель фрактала высшего уровня представляет собой интеграцию целей фракталов нижних уровней:

$$g_f = g_1 \oplus g_2 \oplus g_3 \dots \oplus g_n \oplus F_f ,$$

где g_i – цель подфрактала i ($i = 1, \dots, n$);

F_f – численное выражение, отражающее собственную цель фрактала f .

3. Метод построения фрактальной модели

В распределенной логистической системе сбыта (РЛСД), имеющей сложную структуру, взаимоотношения ее компонентов в основном представляют собой либо взаимоотношения типа производитель-поставщик, либо взаимоотношения типа клиент-производитель, т.е. каждый элемент РЛСД можно считать самоподобным в некотором роде. Тогда в соответствии с этим любую структуру РЛСД можно представить в виде ФМПУГ, при этом процедура трансформации состоит из следующих основных этапов:

- 1) представить каждый компонент РЛСД как фрактал;
- 2) определить базовые отношения типа производитель-поставщик между фракталами и выделить фракталы, которые реализуют эти отношения;
- 3) если на шаге 2 получен фрактал, представляющий собой структуру РЛСД целиком, то формирование фрактальной структуры завершить, иначе – вернуться к шагу 2.

В полученной таким образом фрактальной иерархии фракталы нижнего уровня будут отражать компоненты РЛСД, а фракталы верхнего уровня – отношения между ними.

Так, например, определение фрактальной структуры РЛСД по имеющейся типовой структуре (рис. 2) в соответствии с предложенной трансформационной процедурой заключается в следующем:

Шаг 1) определение каждого РЛСД компонента как фрактала: fr_c1 , fr_c2 , fr_r1 , fr_fs1 , fr_fs2 , при этом с компонентом «производитель» сопоставляется два фрактала fr_m1 , fr_m2 с учетом специфики работы, ориентированной на взаимоотношения с потребителями (fr_m2) и поставщиками (fr_m1);

Шаг 2.1) выделение фрактала fr_supply , который представляет собой отношения типа производитель-поставщик между fr_m1 и fr_s1 , fr_s2 ; выделение фрактала $fr_retailer$, который представляет собой отношения типа производитель-поставщик между fr_r1 и fr_c1 , fr_c2 ;

Шаг 3) ни один фрактал не представляет собой структуру РЛСД целиком, вернуться к шагу 2;

Шаг 2.2) выделение фрактала $fr_customer$, который представляет собой отношения типа производитель-поставщик между fr_r1 и fr_m2 ;

Шаг 3) ни один фрактал не представляет собой структуру РЛСД целиком, вернуться к шагу 2;

Шаг 2.3) выделение fr_super , который представляет собой отношения типа производитель-поставщик между fr_supply и $fr_customer$;

Шаг 3) фрактал fr_super представляет собой структуру РЛСД целиком. Трансформация типовой структуры РЛСД во фрактальную окончена.

Выводы

Таким образом, описана разработанная фрактальная модель планирования и управления грузоперевозками (ФМПУГ), которая включает в себя указание состава системы (организация системы – фрактальные модули) и задание алгоритма функционирования (управление системой). Кроме того, приведена схема трансформации сложной РЛСД во фрактальную модель.

Предложенная в статье модель планирования и управления грузоперевозками предприятия на основе фракталов имеет следующие преимущества:

- понимание и управление сложной распределенной системой грузоперевозок становится проще, поскольку самоподобные функциональные модули могут многократно применяться в системе на различных фрактальных уровнях;

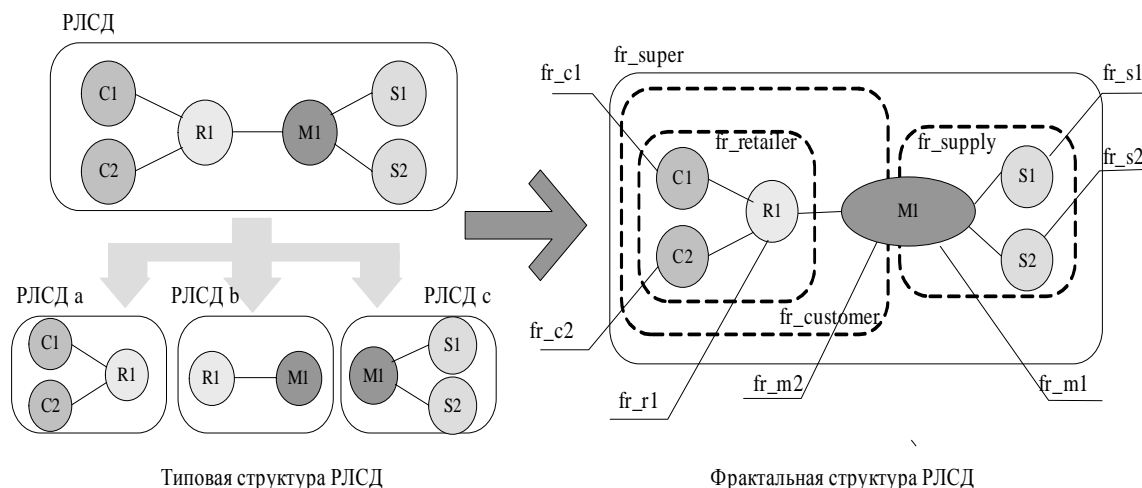


Рис. 2. Трансформационная процедура получения фрактальной структуры РЛСД из типовой

- система получает специфические для фракталов характеристики, такие, как самоподобие, самоорганизация (включая самооптимизацию и динамическую реструктуризацию), формирование целей и т.д.;
- система с фрактальными характеристиками становится самостоятельно реконфигурируемой в соответствии с изменениями рыночной среды (например, изменение рынка клиентских потребностей), что, в свою очередь, обеспечивает системе гибкость управления цепочками поставок и сбыта продукции.

Список литературы

1. Уотерс, Д. Логистика. Управление цепью поставок [Текст]: пер. с англ./ Д. Уотерс. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
2. Захарченко, А. И. Использование логистического подхода в производственно-предпринимательском комплексе [Текст] / А. И. Захарченко // Экономика та держава. – 2004. – № 1. – С. 30-33.
3. Бакунина, И. М. Управление логистической системой (методологический аспект) [Текст]/ И. М. Бакунина, И. И. Кретов // Менеджмент в России и за рубежом. – 2003. – № 5. – С. 69-74.
4. Семенов, В. Эффективность логистических систем [Текст]/ В. Семенов, Е. Володина // Маркетинг. – 2000. – № 2. – С. 107-114.
5. Nawzat, S. A. Towards fractal approach in healthcare information systems: a review [Текст] / S. A. Nawzat, Y. N. Mohd // Proceeding of the international conference on advanced science, Engineering and Information Technology, Malaysia. – 2011. – P. 194-199.
6. Ryu, K. Intelligent control architecture for fractal manufacturing system [Текст] / K. Ryu, M. Shin, K. Kim // Proceedings of 3rd Asia-Pacific Conference on

Industrial Engineering and Management Systems, Hong Kong, December. – 2000. – P. 594–598.

7. Ryu, K. Methodology for Implementing Agent-based Controllers in the Fractal Manufacturing System [Текст] / K. Ryu, M. Shin, M. A. Jung, // Proceedings of 5th Conference on Engineering Design & Automation, Las Vegas, August. – 2001. – P. 91–96.

8. Shin, M. Conflict detection and resolution for goal formation in the fractal manufacturing system [Текст] / M. Shin, Y. Cha, K. Ryu, M. Jung // International Journal of Production Research. – 2006. - №3. – P. 447-465.

Рецензент: д-р техн. наук, проф., профессор кафедры инженерии программного обеспечения И. В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 01.12.2014

Фрактальна модель планування і управління вантажоперевезеннями

Поставлено та вирішено задачу побудови фрактальної моделі планування і управління вантажоперевезеннями (ФМПУВ). Для формування фрактальної моделі було вказано склад системи (організація системи – фрактальні модулі) і задано алгоритм функціонування (управління системою). Описано процес синтезу та гармонізації цілей функціонування системи, а також запропоновано механізм вирішення конфліктних ситуацій між фракталами за допомогою переговорів. Запропоновано процедуру трансформації складної розподіленої логістичної системи дистрибуцій в ФМПУВ. В отриманій структурній ієрархії фрактали нижнього рівня відображають компоненти логістичної мережі, а фрактали верхніх рівнів – відношення між ними.

Ключові слова: фрактал, агент, самоподібність, оглядач, резольвер, аналізатор, репортер, організатор, дистрибуція, збутова логістика

Fractal model of planning and freight management

The problem of constructing a fractal model of planning and freight management (FMPFM) is posed and solved. For the formation of the fractal model the composition of the system (organization system - fractal modules) and sets the algorithm operation (control system) are specified. The process of synthesis and harmonization objectives of the system is described, and also the mechanism for resolving conflicts between fractals through negotiation is provided. A procedure for transforming complex distributed logistics distribution system in FMPFM is provided. In the resulting structural hierarchy, fractals are reflected the lower level components logistics network and fractals upper levels - the relationship between them.

Keywords: fractal, agent, self-similarity, the columnist, the resolver, the analyzer, the reporter, the organizer, distribution, sales logistics