

УПРАВЛІННЯ В ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ**УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ****MANAGEMENT IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS**

УДК 658.7.656

DOI: 10.20998/2079-0023.2019.02.03

*Л. А. ГАМБАРОВ, А. А. ПАШНЕВ, П. А. СМОЛИН, Н. Е. ХАЦЬКО***РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ**

Разработаны методические основы повышения эффективности математического инструментария решения задач производственно-транспортной логистики. Показано, что результаты, полученные на основе методов математического программирования можно использовать, как составную часть имитируемой реальной системы. С этой целью разработана методология направленного имитационного моделирования. Практическая реализация последней состоит в использовании направления спуска аналитической функции в качестве направления спуска алгоритмической функции. Для численной оценки последствий от несовпадения соответствующих направлений спуска и компенсации возникающих при этом ошибок при определении оптимального значения алгоритмической функции предложен механизм многошаговой процедуры. Вычислительная эффективность методологии направленного имитационного моделирования существенно зависит от ее математического обеспечения. Определено, что структура каждой отдельной модели должна предусматривать возможность ее подключения к комплексу моделей и располагать для этого необходимыми свободными параметрами. Разнохарактерность моделей часто служит основным препятствием при решении поставленной задачи. Эту трудность можно преодолеть, если работать с некоторыми допустимыми унифицированными вариантами моделей. Тогда модели в процессе их практической реализации позволяют сохранять единообразие в формах представления исходных данных, в используемых алгоритмах и программах формирования расчетной информации. Указанным требованиям удовлетворяют математические модели транспортных задач с промежуточными узлами. Такие модели допускают применение схемы параметрической декомпозиции и приводят к проблеме негладкой оптимизации. Было установлено, что методология направленного имитационного моделирования конструктивно развивает идею системной оптимизации путем перехода от проблемы варьирования структуры ограничений к радикальным изменениям моделей.

Ключевые слова: производственно-транспортная логистика, направленное имитационное моделирование, алгоритмическая функция, системная оптимизация.

*Л. А. ГАМБАРОВ, А. А. ПАШНЕВ, П. О. СМОЛИН, Н. Е. ХАЦЬКО***РОЗРОБКА МЕТОДИЧНИХ ОСНОВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ВИРОБНИЧО-ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ**

Розроблені методичні основи підвищення ефективності математичного інструментарія вирішення задач виробничо-транспортної логістики. Показано, що результати отримані на основі методів математичного програмування можна використовувати як складову частину імітаційної моделі реальної системи. З цією метою розроблена методологія спрямованого імітаційного моделювання. Практична реалізація її складається у використанні напрямку спуску аналітичної функції в якості визначення напрямку спуску алгоритмічної функції. Для чисельної оцінки наслідків від розбіжностей відповідних напрямків спуску і компенсації помилок, що виникають при визначенні оптимального значення алгоритмічної функції, запропоновано механізм багатокрокової процедури. Обчислювальна ефективність методології спрямованого імітаційного моделювання істотно залежить від її математичного забезпечення. Визначено, що структура кожної окремої моделі повинна передбачати можливість її підключення до комплексу моделей та мати для цього необхідні вільні параметри. Різноманітність моделей часто є основною перешкодою при вирішенні поставленого завдання. Ці труднощі можна подолати, якщо працювати з деякими допустимими уніфікованими варіантами моделей. Тоді моделі в процесі їх практичної реалізації дозволяють зберігати однаковість в формах представлення вихідних даних, у використовуваних алгоритмах і програмах формування розрахункової інформації. Зазначеним вимогам задовольняють математичні моделі транспортних задач з проміжними вузлами. Такі моделі допускають застосування схеми параметричної декомпозиції і призводять до проблеми негладкої оптимізації. Було встановлено, що методологія спрямованого імітаційного моделювання конструктивно розвиває ідею системної оптимізації шляхом переходу від проблеми варіювання структури обмежень до радикальних структурних змін моделей.

Ключові слова: виробничо-транспортна логістика, спрямоване імітаційне моделювання, алгоритмічна функція, системна оптимізація.

*L. A. GAMBAROV, A. A. PASHNIEV, P. O. SMOLIN, N. E. KHATSKO***METHODICAL BASIC OF EFFICIENCY INCREASING OF MATHEMATICAL TOOL IN PROBLEMS SOLUTION FOR INDUSTRIAL TRANSPORTATION LOGISTIC**

The methodological foundations of the efficiency increasing mathematical tools for solving the production and transport logistics problems are developed. The shown result, which obtained on the base of mathematical programming methods, can be used as an integral part of a simulated real system. For this purpose, a methodology for directional simulation is developed. The practical implementation of this methodology consists on using the

© Л. А. Гамбаров, А. А. Пашнев, П. А. Смолин, Н. Е. Хацько, 2019

descent direction of the analytic functions as the descent direction of the algorithmic function. For a numerical assessment of the consequences of the mismatch of the corresponding descent directions and the compensation of errors that arise in this process while determination the optimal value of the algorithmic function, a multistep procedure mechanism is proposed. The computational efficiency of the methodology of directional simulation depends on its mathematical software. It is determined that the structure of each individual model should provide the possibility of its connection to the complex of models and have the necessary free parameters for this. The diverse nature of the models often serves as the main difficulty in the problem solution. Such a barrier can be overcome if the work is based on some valid unified model variants. As a result, the models in the process of their practical implementation allow maintaining uniformity in the forms of representation of the initial data, in the algorithms and programs used to generate the calculated information. The specified requirements are satisfied by mathematical models of transport problems with intermediate nodes. Such models allow the use of parametric decomposition schemes and lead to the problem of nonsmooth optimization. The made statement describes the methodology of guided simulation modeling, which constructively develops the idea of system optimization by moving from the problem of varying the structure of constraints to radical structural changes in the models.

Keywords: industrial and transport logistics, directed simulation, algorithmic function, system optimization.

Введение. Весь спектр задач производственно-транспортной логистики уже в своей постановке имеет существенные недостатки. К их числу необходимо отнести следующие:

1. Укрупненность параметров и ограничений.
2. Неполный учет специфики исследуемых производственно-транспортных систем.
3. Преобладание экзогенных характеристик состояния производственно-транспортных систем над эндогенными, что ограничивает реализацию их потенциальных возможностей.

Преодолеть указанные недостатки можно, если отказаться от традиционного подхода и копировать не внешнюю сторону моделируемого объекта, а его внутреннюю структуру в достаточной степени детализации. Последняя должна позволять описывать элементарные акты хозяйственной и управленческой деятельности, а также результаты осуществления этих элементарных актов. При этом возникает проблема поиска экстремума алгоритмической функции на множестве алгоритмических ограничений в условиях высокой размерности пространства переменных и ограниченного времени решения задач.

Перебор вариантов решения (полнофакторный анализ), либо случайный поиск экстремума связаны со значительными вычислительными трудностями при исследовании функций с указанными свойствами. Наиболее перспективный подход к решению таких задач приводит к целесообразности приближенного (аналитического) описания объекта управления и использования направления спуска функции цели этой приближенной модели в качестве оценки направления спуска исходной алгоритмической функции. По сути здесь идет разговор о направленном имитационном моделировании. Реализация этого подхода к решению задач производственно-транспортной логистики предполагает построение комплексной математической модели и разработку соответствующих моделей, методов и алгоритмов, позволяющих осуществить минимизацию алгоритмической функции на множестве аналитических ограничений.

Такой подход существенно повышает эффективность функционирования систем производственно-транспортной логистики, а разработка соответствующего методического обеспечения носит актуальный характер.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Повышение эффективности решения широкого класса задач производственно-транспортной логистики приводит к необходимости моделирования

исследуемой системы. В работе [1] анализируются новые методы моделирования, которые используются для оценки интеллектуальных логистических решений. Сделана попытка расширить знания о моделировании в области грузовых перевозок путем использования имитационных моделей, в частности, на примере моделирования транспортных систем. В тоже время, исследователи еще ранее увидели целесообразность построения алгоритма оптимизации для имитационной модели [2], обеспечивая тем самым решения, оптимизированные в стохастической и динамической средах.

Поиск оптимального решения целого спектра транспортных проблем представлен в работе [3]. Этот подход применим для тех, кто принимает решение в ситуации, которая включает в себя вопросы логистики и цепочки поставок. Эта работа перекликается с методами моделирования транспортных операций с учетом различных критериев, основанных на моделировании дискретных событий [4]. Самостоятельно уделяется внимание проблеме складирования путем разработки нелинейной модели целочисленного программирования [5]. Однако каждая из приведенных работ обладает той особенностью, что моделирует только внешнюю сторону объекта исследования и не затрагивает его внутренней структуры. Попытка избавиться от этого недостатка была сделана в работе [6]. В этой статье алгоритм оптимизации транспортной задачи использует информацию из имитационных моделей с различными уровнями точности и с различными уровнями вычислительной эффективности.

Как естественное следствие в вопросах поиска оптимального решения транспортных проблем рассматривается метод получения недоминируемой точки для многоцелевой транспортной задачи [7]. Достоинство этого метода в том, что представленная недоминируемая точка является наиболее близким решением к решению этой проблемы. В литературе уделяется достаточно внимания решению транспортных задач с нечеткими параметрами. Так в работе [8] предложены два многокритериальных групповых метода принятия решений. В работе [9] использованы генетические алгоритмы, их свойства и возможности в решении вычислительных задач в соответствии с принципами управления логистикой производственно-транспортных систем. Показано, что генетические алгоритмы менее эффективны в сравнении с классическими методами оптимизации.

Анализ литературных источников свидетельствует, что исследователи особое внимание уделяют развитию методов математического программирования решения транспортных задач различной сложности. Так в работе [10] представлен метод таблиц распределения на примере обеспечения минимальных транспортных расходов. В статье [11] проблема распределения в транспортной задаче рассматривается как многокритериальная задача оптимизации. Статья [12] посвящена отысканию компромиссного решения линейной многокритериальной транспортной задачи. Однако использование методов математического программирования как составной части имитируемой реальной системы практически не отражено как в отечественных, так и зарубежных литературных источниках. Кроме того, для каждого имитационного прогона имеет место проблема его информационного обеспечения, от конкретного решения которой существенно зависят результаты имитационного эксперимента.

Сформулируем оптимизационную задачу в общем виде:
найти

$$h^*: \min\{f(h) | h \in Y\} = f(h^*). \quad (1)$$

Разработка методических основ решения задачи (1) при алгоритмическом задании функции $f(h)$ и различных способов задания допустимой области Y носит проблемный характер и весьма актуальна при исследовании систем производственно-транспортной логистики.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является разработка методических основ повышения эффективности математического инструментария задач производственно-транспортной логистики.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- разработать и обосновать методологию направленного имитационного моделирования и описать последовательность этапов ее практической реализации;
- сформировать класс математических моделей многопродуктовых транспортных задач, допускающих параметрическую декомпозицию и применение методов негладкой оптимизации для их решения;
- решить вопросы информационного обеспечения имитационных моделей и разработать рекомендации по развитию методологии системной оптимизации для многокритериальных задач нелинейного программирования.

Разработка и обоснование методологии направленного имитационного моделирования и этапы ее практической реализации. Рассмотрим задачу (1) в следующих постановках:

- целевая функция $f(h)$ задана алгоритмически, допустимая область Y задана аналитически;
- целевая функция $f(h)$ задана алгоритмически, допустимая область Y определена

ограничениями, заданными алгоритмически и аналитически.

Очевидно, что оптимизационная задача со смешанными ограничениями всегда может быть сведена к задаче с аналитическими ограничениями путём введения алгоритмических ограничений в виде штрафных функций в состав целевой функции. Поэтому решение задачи (1) имеет две постановки. В первой постановке целевая функция $f(h)$ задана алгоритмически, а допустимая область – аналитически. Во второй постановке, целевая функция $f(h)$ задана алгоритмически, а допустимая область Y определяется смешанными ограничениями. При этом решение задачи в первой постановке может быть также использовано для решения задач во второй постановке.

Понятно, что в случае алгоритмического способа задания $f(h)$ и Y всегда можно перейти к указанным выше постановкам задачи (1). Поэтому в дальнейших рассуждениях задачу (1) будем трактовать как задачу, в которой целевая функция $f(h)$ задана алгоритмически, а множество допустимых ограничений определяется аналитической областью:

$$Y = \{h = \{h_{n,l}\}: 0 \leq h_{n,l} \leq A_l, \forall n,l\}, \quad (2)$$

образующей гиперпараллелепипед.

Анализ задачи (1) с точки зрения формирования подходов к её решению выявляет проблемные трудности методологического характера не только в плане вычислительного, но и информационного аспектов. Следует отметить, что вычислительные и информационные аспекты тесно взаимосвязаны, поэтому выделение их является в определённой мере условностью, вводимой с целью разделения агрегированной и детализированной информации, поступающей на вход имитационной модели.

Вычислительный аспект отыскания минимума функции $f(h)$ на множестве ограничений, задаваемых (2), связан с разработкой методологии направленного имитационного моделирования. Ее реализация осуществляется в условиях отсутствия информации о свойствах функции $f(h)$, ограничений на время поиска $f(h^*)$, высокой размерности пространства переменных, существенных временных затрат на имитационный прогон, требования приемлемой точности решений. Теоретически оценить точность получаемых решений не представляется возможным ввиду алгоритмического способа задания функции. Поэтому под понятием «приемлемая точность результата» будем понимать такой результат направленного имитационного моделирования, реализация которого на реальном объекте не вызовет существенных отклонений от теоретического решения.

В работе предложена методология направленного имитационного моделирования, включающая три основных этапа её реализации.

На первом этапе строится аналитическая модель $F(x, h(x))$, где h – параметр модели, допустимая область X которой определена в пространстве переменных $x \in X$. Предполагается так же, что функция $F(x, h(x))$ минимизируется на множестве

ограничений X , а задача состоит в отыскании $x^* \in X$, такого что

$$\min F(x, h(x)) = F(x^*, h(x^*)). \quad (3)$$

Если допустить, что вектор $h = \bar{h}$ определён, то применение схемы параметрической декомпозиции приводит к задаче отыскания h^* такого, что $\min \Phi(h) = \Phi(h^*)$. Допустимая область $H \subseteq Y$ функции $\Phi(h)$ определена в пространстве переменных $h \in H$. Для последней выполняются условия выпуклости, непрерывности и существования производной по направлению. Процедура поиска $h^* \in H$ одновременно связана с переходом из пространства переменных h в пространство переменных x и отысканием решения $x^* \in X$.

Второй этап реализации методологии направленного имитационного моделирования связан с построением имитационной модели. Целевая функция последней может быть представлена в виде:

$$f(h) = \hat{\Phi}(h) + g(h), \quad (4)$$

где $\hat{\Phi}(h)$ – имитационный аналог функции $\Phi(h)$, причем $\hat{\Phi}(h) \approx \Phi(h)$;

$g(h)$ – штрафная функция.

Для рассматриваемых функций справедливы условия:

$$f(x) > 0, \hat{\Phi}(h) > 0, g(h) \geq 0. \quad (5)$$

Задача состоит в отыскании вектора \hat{h}^* в пространстве переменных h , удовлетворяющего ограничениям Y , такого, что $\min f(h) = f(\hat{h}^*)$.

Понятно, что процесс решения этой задачи связан с организацией определенной последовательности имитационных прогонов. В каждом из них в качестве переменных выступают разыгрываемые значения исследуемых независимых случайных величин, для которых определенным образом формируются законы распределения. Параметрами имитационного прогона служат фиксированные значения вектора переменных $x \in X$, полученные на определенном шаге итеративной процедуры отыскания вектора x^* .

Основная идея методологии направленного имитационного моделирования состоит в использовании направления спуска, определяемого для функции $\Phi(h)$ в качестве направления спуска для функции $g(h)$. Понятно, что эффективность предлагаемого подхода, согласно (5), существенно зависит от вида функции $g(h)$, так как при ее возрастании начинает возрастать угол между направлением спуска функции $\Phi(h)$ и неизвестным направлением спуска функции $f(h)$. Для численной оценки последствий от несовпадения соответствующих направлений спуска и компенсации возникающих при этом ошибок в определении $f(\hat{h}^*)$ целесообразно использовать многошаговую процедуру. Каждый шаг j последней связан с минимизацией функции $f(h)$ и реализуется из соответствующей начальной точки $h_j(s)$, $s = 0$, полученной из условия

равномерного заполнения допустимой области Y , итерационным спуском в направлении убывания функции $\Phi(h)$. Далее осуществляется анализ зависимости $f(h)$ по каждой координате вектора h и определяется суженный диапазон по каждой координате.

На этом этапе также осуществляется формирование координат начальных точек в суженной области пространства переменных h и решается многошаговая итерационная задача аналогичная предыдущей.

На третьем этапе решается задача следующего вида: найти

$$\hat{h}^* = \hat{h}_{j^*}^*: \min \{f(\hat{h}_{j^*}^*) | j = 1, 2, \dots, J\} = f(\hat{h}_{j^*}^*), \quad (6)$$

где j – номер шага в суженной области пространства переменных h .

Решением задачи (6) завершается процесс направленного имитационного моделирования.

Методические аспекты формирования класса математических моделей многопродуктовых транспортных задач. При конструктивной реализации разработанной методологии направленного имитационного моделирования необходимо обоснованно подходить к решению вопросов её математического обеспечения. От выбора последнего может существенно зависеть вычислительная эффективность предлагаемого подхода.

Для того, чтобы конкретизировать трудности проблемного характера, которые возникают при решении указанных вопросов, опишем итеративный процесс определения $\hat{h}_{j^*}^*$ в произвольной допустимой области, включённой в Y , при любом фиксированном номере j , например $j = j^*, \hat{h}_{j^*}^* = \hat{h}^*$.

Для любого $s \geq 1$ вектор $h(s+1)$ определяется на итерации s , включающей несколько этапов:

1. Вычисляется функция $\Phi(h(s))$.
2. Осуществляется имитационный прогон и определяется $f(h(s))$.
3. Останов при приемлемом для исследователя результате, иначе переход к пункту 4.
4. Вычисляется $h(s+1)$. Возвращение к этапу 1.

При всей схематичности описанной процедуры, последняя позволяет конкретизировать основные трудности её практической реализации.

Во-первых, это трудности, связанные с вычислением $\Phi(h(s))$. Здесь возникает проблема формирования функции $F(x, h(x))$, так как её конкретный вид является определяющим при выборе направления спуска функции $\Phi(h)$. Чем точнее $F(x, h(x))$ описывает свойства реального объекта, тем меньше штрафная $g(h)$ функции $f(h)$ и, как следствие, меньше угол между направлениями спусков функций $\Phi(h)$ и $f(h)$. С другой стороны, по мере усложнения $F(x, h(x))$ возрастает трудоемкость определения $\Phi(h)$. В то же время следует иметь в виду, что никакое усложнение аналитической модели реального объекта

не может учесть таких свойств последнего, которые могут быть определены в соответствующей имитационной модели. Практически здесь появляется проблема оценки эффективности двух подходов к реализации процесса отыскания минимума функции $f(h)$. Один из них направлен на максимальное упрощение $F(x, h(x))$. Это приводит к увеличению числа j и решению большого числа итерационных задач. Последние связаны с формированием соответствующей начальной точки $h_j(s)$, $s = 0$ и дальнейшим итерационным спуском из нее в направлении убывания $\Phi(h)$. Очевидно, что «глубина» подобных спусков может оказаться незначительной, а при существенном несовпадении направлений спусков функций $f(h)$ и $\Phi(h)$ возникает необходимость отыскания оптимального решения $f(\hat{h}_{j^*}(s))$ лишь на множестве начальных точек, равномерно заполняющих область Y . Это, в свою очередь, приводит к необходимости усложнения $F(x, h(x))$, минимизируемой на множестве X , что определяет второй подход к отысканию $f(\hat{h}_{j^*}(s))$. Тогда проблему выбора структуры функции $F(x, h(x))$ можно решить, конструктивно развивая концепцию, в которой отдельные модели трактуются как структурные части более сложной модели [13]. Следовательно, структура каждой отдельной модели должна предусматривать возможность ее подключения к комплексу и располагать для этого необходимыми свободными параметрами. Поясним сказанное на конкретном примере. Пусть требуется найти

$$x_n^*: \min \{F_n(x_n, h_n(x_n)) \mid x_n \in X_n\} = F_n(x_n^*), \quad (7) \\ n = 1, 3.$$

Задача (7) при $n = 1$ трактуется как задача совместного выбора способа h_1 функционирования пунктов производства и планов перевозок x_1 . Та же задача при $n = 2$ – трактуется как задача выбора планов перевозок x_2 в условиях ограничений на пропускные способности h_2 транспортных магистралей. Сравнительный анализ этих задач показывает, что отсутствие параметра h_2 в первой постановке эквивалентно его фиксации $h_2 = \bar{h}_2$ (случай неограниченных пропускных способностей транспортных магистралей). Во второй постановке задачи (7) фиксирован параметр $h_1 = \bar{h}_1$ (случай заданной структуры производства). Тогда, оставляя свободным параметр h_1 для $n = 1$, либо h_1 для $n = 2$, соответствующие указанным постановкам модели можно трактовать как структурные части более сложной модели (случай $n = 3$), для которой $h_3(x_3) = \{h_1(x_1), h_2(x_2)\}$. Физическое содержание последней связано с совместным выбором структуры производства и плана перевозок в условиях ограничений на пропускные способности транспортных магистралей.

Разнохарактерность моделей часто служит основным препятствием при решении поставленной задачи. Эту трудность можно преодолеть, если работать с

некоторыми унифицированными вариантами моделей, которые позволяют в ходе разработки оптимальных планов сохранять единообразие в формах представления исходных данных, в используемых алгоритмах и программах формирования расчетной информации. Указанным требованиям удовлетворяют модели многопродуктовых транспортных задач с промежуточными узлами. Последние адекватны большому количеству физических постановок, которые встречаются в практике производственно-транспортной логистики.

Большой интерес к свойствам и методам решения таких задач и их различных обобщений привел к появлению публикаций, освещающих отдельные стороны проблемы [14]. В частности, негладкие функции широко используются в теории и приложениях математического программирования.

Информационное обеспечение имитационных моделей и разработка рекомендаций по развитию методологии системной оптимизации. В терминологии авторов модели многопродуктовых транспортных задач с промежуточными узлами получили название двухэтапных транспортных задач. Обоснованность такого определения объясняется следующими обстоятельствами. Во-первых, двухэтапная транспортная задача допускает многовариантность физических постановок. А это значит, что порождаемое этой многовариантностью множество двухэтапных транспортных задач включает только унифицированные модели. Во-вторых, каждую из этих моделей можно подключить друг к другу и к комплексу (композиция моделей) в силу наличия необходимых свободных параметров у моделей, входящих в композицию. Например, композиция двух двухэтапных моделей образуют трехэтапную модель, композиция трех двухэтапных моделей – четырехэтапную и т. д. Таким образом, процедура композиции реализует переход к моделям новой структуры, для которых количество свободных параметров определяется суммой свободных параметров исходных моделей. В-третьих, наличие свободных параметров у модели позволяет применять схему параметрической декомпозиции и решать независимые одноэтапные задачи (случай, когда отсутствуют свободные параметры), с последующей их координацией в соответствии с алгоритмами, удовлетворяющими указанным выше требованиям. Каждая одноэтапная модель имеет вид классической транспортной задачи (двухиндексная модель), а число последних mq , где m – индекс этапности декомпозируемой задачи, q – количество номенклатур материального ресурса.

Применение схемы параметрической декомпозиции к многоэтапным транспортным моделям приводит к проблеме негладкой оптимизации, а свойства функции $\Phi(h)$ оказываются определяющими при построении соответствующих алгоритмов.

Остановимся теперь на вопросе информационного обеспечения имитационных моделей. Как уже было отмечено, параметрами имитационного прогона служат фиксированные значения вектора переменных

$x \in X$, полученные на соответствующем этому прогону шаге итеративной процедуры отыскания x^* .

Указанные параметры характеризуют агрегированную информацию, поступающую на вход имитационной модели, а задача их отыскания определяет вычислительный аспект методологии направленного имитационного моделирования. Информационный аспект этой методологии связан с формированием детализированной информации, на основе которой может быть осуществлен имитационный эксперимент. Этой информацией являются разыгрываемые значения независимых случайных величин, одновременно выступающие в роли переменных имитационного прогона. Здесь проблемным оказывается вопрос построения законов распределения случайных величин, включенных в программу исследования, соответствующих каждому имитационному эксперименту. Для решения этой задачи предлагается использовать ретроспективную информацию об исследуемых случайных величинах. Эту информацию можно представить в виде гистограмм, которые следует аналитически аппроксимировать многопараметрическим семейством плотностей распределения $\varphi(z_i, \theta_{i1}, \theta_{i2}, \theta_{i3}, \theta_{i4})$, где i – индекс случайных величин. $\theta_{i1}, \theta_{i2}, \theta_{i3}, \theta_{i4}$ соответственно характеризуют: математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, асимметрию и эксцесс случайной величины z_i . Тогда, решая задачу определения параметров $\theta_{i1}, \theta_{i2}, \theta_{i3}, \theta_{i4}$ для каждого номера i , можно полностью задать функцию $\varphi(z_i, \theta_{i1}, \theta_{i2}, \theta_{i3}, \theta_{i4})$. Указанные параметры являются функциями некоторых влияющих факторов γ_p , что следует из физических соображений, и соответствующие зависимости могут быть представлены в виде регрессионных уравнений. Для определения оценок коэффициентов регрессии формулируется задача минимизации квадратичного функционала, решение которой и завершает процесс формирования исходной информации, необходимой для реализации очередного имитационного прогона с целью минимизации функции $f(h)$.

Была рассмотрена наиболее простая, наиболее часто используемая и наиболее редко встречаемая в практических задачах ситуация, когда соответствие того или иного значения вектора h поставленной цели операции можно описать с помощью некоторой функции $f(h)$. При таком подходе h_2 считается предпочтительнее h_1 , если $f(h_2) < f(h_1)$. Тогда задача выбора наилучшего образа действий сводится к отысканию минимума функции $f(h)$ на множестве допустимых решений $H \subseteq Y$. Однако, как показывает практика производственно-транспортной логистики, именно построение функции, характеризующей цель операции, вызывает наибольшие затруднения. Здесь основная проблема построения целевой функции не в том, что есть операции «одноцелевого» и «многоцелевого» характера, а в том, что есть операции, цель которых точно известна исследователю, и есть операции, цель которых ему неизвестна. Посмотрим с этих позиций на функцию (4).

Компоненты $\hat{\Phi}(h)$ и $g(h)$ с экономической точки зрения характеризуют затраты, которые возникают в исследуемой системе производственно-транспортной логистики. Очевидно, что наличие затрат $g(h)$ является отражением несбалансированной работы отдельных звеньев исследуемой системы за счет воздействия различных случайных факторов. Экономическая оценка последствий подобной несбалансированности носит проблемный характер, а это значит, что имеет место неопределенность в выборе цели операции.

Чтобы снять эту неопределенность, необходимо получать дополнительную информацию. Основным источником этой информации является, как правило, лицо принимающее решение (ЛПР). ЛПР должен располагать системой предпочтений, заданной на множестве допустимых решений $h \in H$, либо критериев. Если предположить, что система предпочтений задана (например, на множестве критериев), то имеет место проблема системной оптимизации [14] в многокритериальной задаче нелинейного программирования с алгоритмически заданными функционалами $\hat{\Phi}(h)$ и $g(h)$. Решение этой проблемы заключается в целенаправленном изменении допустимых областей X_1, \dots, X_{mq} путем вариации параметров $h \in H \subseteq Y$ с целью попадания $\hat{\Phi}(h)$ и $g(h)$ в область (точку), описываемую системой предпочтений. Однако при конструктивной реализации такого подхода к системной оптимизации рассматриваемой многокритериальной задачи приходится сталкиваться с серьезными трудностями. Основная из них – это неопределенность в задании системы предпочтений, что приводит к последовательному целенаправленному изменению области предпочтений.

Решение подобной задачи системной оптимизации может быть осуществлено с помощью подхода, использующего методологию направленного имитационного моделирования. Этот подход связан со скаляризацией векторного критерия и представления его в виде

$$f(h) = (1 - \alpha_k)\hat{\Phi}(h) + \alpha_k g(h), k = 1, 2, 3 \dots \quad (8)$$

Понятно, что выбор того или иного значения параметра $\alpha \in (0, 1)$ приводит к изменению компонентов $\hat{\Phi}(h)$ и $g(h)$. Зададимся определенным шагом дискретности и для каждого члена последовательности $\{\alpha_k\}$ решим задачу (1) в условиях (6). Полученные результаты позволяют построить зависимость $\hat{\Phi}(\alpha_k)$ и $g(\alpha_k)$. Так, в частности при возрастании $\alpha \in (0, 1)$, $g(\alpha_k)$ является невозрастающей, а $\hat{\Phi}(\alpha)$ – неубывающей функцией своего аргумента. Знание последних открывает широкие возможности при формировании различных систем предпочтений ЛПР, каждая из которых обеспечивает захват определенной точки $\{\hat{\Phi}(\bar{h}), g(\bar{h})\}$ соответствующей некоторому члену последовательности $\{\alpha_k\}$ в результате применения указанной процедуры, что очевидно.

Выше было установлено, что вид функции $g(h)$ существенно зависит от вида функции $\Phi(h)$. Это

объясняется тем, что исследуемая логистическая система допускает различные способы ее организации. Последние приводят к соответствующим структурным изменениям моделей. Указанные изменения структур необходимы в случае, если модели, ограничения и набор мероприятий не соответствуют целям. ЛПР в определенной мере целенаправленно вносит структурные изменения, как в объект управления, так и в его связи с внешней средой. Возникает задача целенаправленного формирования модели путем ее структурных изменений (варьирования перечня переменных и правых частей ограничений, радикального изменения структуры модели).

Методология системной оптимизации и ее конструктивное развитие на примере решения многокритериальных задач нелинейного программирования были связаны с варьированием структуры ограничений. Подобный подход существенно расширяется путем установления возможности перехода к радикальным структурным изменениям моделей, а также возможности практической реализации указанного подхода путем решения многокритериальных задач нелинейного программирования в условиях алгоритмического способа их задания.

Последовательность структурных изменений модели порождает последовательность допустимых областей $H_1, \dots, H_n, \dots, H_p$ в пространстве параметров h_n , $n \in N_1 = \{1, \dots, p\}$, $N_1 \subseteq N$ (для фиксированного значения $\bar{\alpha}$ параметра $\alpha \in (0,1)$ такую, что задача отыскания

$$\hat{h}_{p,\bar{\alpha}}^* \cdot \min\{f_p(h_{p,\bar{\alpha}}) | h_{p,\bar{\alpha}} \in H_p\} = f_p(\hat{h}_{p,\bar{\alpha}}^*) \quad (9)$$

приводит к выполнению условия

$$\{\hat{\Phi}_p(\hat{h}_{p,\bar{\alpha}}^*), g(\hat{h}_{p,\bar{\alpha}}^*)\} \in P(\Phi, g). \quad (10)$$

Если условие (10) не выполняется для всех номеров $n \in N_1 \subseteq N$, то исходная область $P(\Phi, g)$ считается некорректной. Возникает задача уточнения области предпочтений моделью верхнего уровня. В зависимости от ее решения реализуются соответствующие мероприятия, связанные с принятием решения об окончании процедуры формирования оптимальной системы производственно-транспортной логистики. Варьирование перечня переменных и радикальное изменение структуры математической модели связаны не только с использованием различных технологических способов транспортировки продукции $l \in L$, но и выбором вида транспорта.

Выводы. Разработана и обоснована методология направленного имитационного моделирования для отыскания минимума алгоритмической функции на множестве аналитических ограничений. Методология направленного имитационного моделирования позволила исследовать не только внешнюю структуру объекта управления, но и его внутреннюю структуру. Результаты подобных исследований позволяют моде-

лировать системы производственно-транспортной логистики на более высоком качественном уровне и создают условия для повышения эффективности решения прикладных задач.

Сформирован класс математических моделей многопродуктовых транспортных задач, допускающих параметрическую декомпозицию и применение методов негладкой оптимизации для их решения. Класс моделей многопродуктовых транспортных задач может допускать различную физическую трактовку. Подобное обстоятельство расширяет спектр использования полученных результатов.

Решены вопросы информационного обеспечения имитационных моделей и даны практические рекомендации по развитию методологии системной оптимизации для многокритериальных задач нелинейного программирования. Осуществлено дальнейшее развитие методологии системной оптимизации путем возможности варьирования не только структуры ограничений модели, но и осуществления радикальных структурных изменений.

Возможность сопряжения аналитических и имитационных моделей позволяет существенно повысить эффективность используемого математического инструментария.

Список литературы

1. Karakikes I, Nathanail E. Simulation Techniques for Evaluating Smart Logistics Solutions for Sustainable Urban Distribution. *RelStat'2016: 16th Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, 19–22 oct. 2016*. Riga: University of Thessaly, 2016. P. 569–578.
2. Persson F., Erlandsson D., Larsson A., Johansson M. Solving location problems with simulation modelling - a case from the construction industry. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference*. Linköping: Linköping University, 2013. P. 336–337.
3. Qudoods A., Javaid S., Khalid M.M. A New Method for Finding an Optimal Solution for Transportation Problems. *International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSSE)*. 2012. Vol. 4, № 7. P. 1271–1274.
4. Karkula M. Selected aspects of simulation modelling of internal transport processes performed at logistics facilities. *AGH University of Science and Technology*. 2014. Vol. 30, № 2. P. 43–56.
5. Sainathuni B., Parikh P.J., Zhang X., Kong N. The warehouse-inventory-transportation problem for supply chains. *European Journal of Operational Research*. 20 feb. 2014. P. 690–700.
6. Osorio C., Selvam K.K. Solving large-scale urban transportation problems by combining the use of multiple traffic simulation models. *Transport Simulation-ISTS'14: 4th International Symposium*, 14 jun. 2014. Corsica, 2014. P. 272–284.
7. Bander A.S., Morovati V., Basirzadeh H. A Super Non-dominated Point for Multi-objective Transportation Problem. *Applications and Applied Mathematics: An International Journal (AAM)*. 2015. Vol. 10, № 1. P. 544 – 551.
8. Kundu P. Some Transportation Problems Under Uncertain Environments. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 2015. P. 225–365.
9. Burduk A., Musial K. Optimization of Chosen Transport Task by Using Generic Algorithms. *Computer Information Systems and Industrial Management (CISIM): 15th IFIP International Conference*. Wrocław: Wrocław University of Technology, 2016. P. 197–205.
10. Ahmed M.M., Khan A.R., Uddin M.S., Ahmed F. A New Approach to Solve Transportation Problems. *Open Journal of Optimization*. 2016. Vol. 5. P. 22–30.
11. Anukokilaa P., Radhakrishnan B., Rajeshwaria M. Multi-objective Transportation Problem by using Goal Programming Approach. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 2017. Vol. 117, № 11. P. 393–403.

12. Kaur L., Rakshit M., Singh S. A New Approach to Solve Multi-objective Transportation Problem. *Applications and Applied Mathematics: An International Journal (AAM)*. 2018. Vol. 13, №. 1. P. 150–159.
13. Гамбаров Л.А. Параметрическая декомпозиция многоэтапных транспортных моделей. *Вісник економіки і промисловості*. 2014. Випуск 45. С. 239–244.
14. Гамбаров Л.А. Системный подход в вычислительных процедурах решения многоэтапных транспортных задач логистики. *Актуальные научные исследования в современном мире*. 2018. Выпуск 7(39), ч. 1. С. 100–110.

References (transliterated)

1. Karakikes I, Nathanail E. Simulation Techniques for Evaluating Smart Logistics Solutions for Sustainable Urban Distribution. *RelStat 2016: 16th Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, 19-22 oct. 2016*. Riga: University of Thessaly Publ., 2016, pp. 569–578.
2. Persson F., Erlandsson D., Larsson A., Johansson M. Solving location problems with simulation modelling - a case from the construction industry. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference*. Linköping: Linköping University Publ., 2013, pp. 336–337.
3. Qudoods A., Javaid S., Khalid M.M. A New Method for Finding an Optimal Solution for Transportation Problems. *International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSSE)*. 2012, vol. 4, no. 7, pp. 1271–1274.
4. Karkula M. Selected aspects of simulation modelling of internal transport processes performed at logistics facilities. *AGH University of Science and Technology*. 2014, vol. 30, no. 2, pp. 43–56.
5. Sainathuni B., Parikh P.J., Zhang X, Kong N. The warehouse-inventory-transportation problem for supply chains. *European Journal of Operational Research*. 20 feb. 2014, pp. 690–700.
6. Osorio C., Selvam K.K. Solving large-scale urban transportation problems by combining the use of multiple traffic simulation models.

7. Bander A.S., Morovati V., Basirzadeh H. A Super Non-dominated Point for Multi-objective Transportation Problem. *Applications and Applied Mathematics: An International Journal (AAM)*. 2015, vol. 10, no. 1, pp. 544 – 551.
8. Kundu P. Some Transportation Problems Under Uncertain Environments. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. 2015, pp. 225–365.
9. Burduk A., Musial K. Optimization of Chosen Transport Task by Using Generic Algorithms. *Computer Information Systems and Industrial Management (CISIM): 15th IFIP International Conference*. Wrocław: Wrocław University of Technology, 2016, pp. 197–205.
10. Ahmed M.M., Khan A.R., Uddin M.S., Ahmed F. A New Approach to Solve Transportation Problems. *Open Journal of Optimization*. 2016, vol. 5, pp. 22–30.
11. Anukokilaa P., Radhakrishnan B., Rajeshwaria M. Multi-objective Transportation Problem by using Goal Programming Approach. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 2017, vol. 117, no. 11, pp. 393–403.
12. Kaur L., Rakshit M., Singh S. A New Approach to Solve Multi-objective Transportation Problem. *Applications and Applied Mathematics: An International Journal (AAM)*. 2018, vol. 13, no. 1, pp. 150–159.
13. Gambarov L. Parametricheskaja dekompozicija mnogoetapnykh transportnykh modelei [Parametric decomposition of the multi-phase transport models]. *Вісник економіки і промисловості* [The bulletin of transport and industry economics]. 2014, issue 45, pp. 239–244.
14. Gambarov L. Sistemnyi podkhod v vychislitelnykh procedurakh resheniia mnogoetapnykh transportnykh zadach logistiki [System approach in computational procedures of solving multistatal transport logistic problems]. *Актуальне научне дослідження в сучасному світі* [Actual scientific research in the modern world]. 2018, issue. 7(39), part. 1, pp. 100–110.

Поступила (received) 19.09.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гамбаров Леонід Арамович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0009-5527>; e-mail: gambarov@ukr.net

Пашнев Андрій Анатолійович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9150-6108>; e-mail: pashniev@email.ua

Смолін Павло Олександрович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1290-9698>; e-mail: spa@kpi.kharkov.ua

Хацько Наталія Євгенівна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри програмної інженерії та інформаційних технологій управління; м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2543-0280>; e-mail: n.khatzko@gmail.com.

Гамбаров Леонид Арамович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры программной инженерии и информационных технологий управления; г. Харьков, Украина; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0009-5527>; e-mail: gambarov@ukr.net

Пашнев Андрей Анатольевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры программной инженерии и информационных технологий управления; г. Харьков, Украина; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9150-6108>; e-mail: pashniev@email.ua

Смолин Павел Александрович – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший преподаватель кафедры программной инженерии и информационных технологий управления; г. Харьков, Украина; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1290-9698>; e-mail: spa@kpi.kharkov.ua

Хацько Наталья Евгеньевна – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры программной инженерии и информационных технологий управления, г. Харьков, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2543-0280>; e-mail: n.khatzko@gmail.com.

Gambarov Leonid Aramovich – doctor of technical sciences, professor, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», professor of the department of software engineering and management information technologies; Kharkov, Ukraine; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0009-5527>; e-mail: gambarov@ukr.net

Pashnev Andrey Anatolyevich – candidate of technical sciences, senior researcher, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», associate professor of the department of software engineering and management information technologies; Kharkov, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9150-6108>; e-mail: pashniev@email.ua

Smolin Pavel Aleksandrovich – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», senior lecturer of the department of software engineering and management information technologies; Kharkov, Ukraine; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1290-9698>; e-mail: spa@kpi.kharkov.ua

Khatsko Nataly Eugenyvna – candidate of technical sciences, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», associate professor of the department of software engineering and management information technologies; Kharkov, Ukraine; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2543-0280>; e-mail: n.khatsko@gmail.com.

УДК 004.9

DOI: 10.20998/2079-0023.2019.02.04

С. В. ОРЕХОВ, Н. К. СТРАТИЄНКО, Г. В. МАЛИГОН

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПОБУДОВИ ІТ КОМАНДИ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ КОРПОРАТИВНОЇ КУЛЬТУРИ ТА ТИПУ ОСОБИСТОСТІ

Проведено аналіз сучасних підходів щодо використання поняття корпоративної культури в роботі відділів управління людськими ресурсами на підприємстві зокрема ІТ компанії. Цей аналіз показує, що існує мінімум три основні напрямки використання корпоративної культури згідно її визначенню. Але досі корпоративна культура не була використана як частина методики формування ІТ команди. Представлено новий підхід до формування ІТ команди на основі оцінки типу корпоративної культури організації та типології особистості співробітника. Ідея методу полягає в тому, щоб виділити на першому етапі групу однодумців шляхом визначення оцінки корпоративної культури. Потім із цієї групи вже відокремити ІТ команду згідно типу особистості, який відповідає потрібній кваліфікації або позиції в самій ІТ команді. В таку команду входять програмісти, ВЕБ дизайнери, аналітики, тестувальники, архітектори та технічні письменники. Для реалізації підходу проведено огляд досвіду використання інструментів OSAI та типології Майерс-Бриггс. В результаті спроектовано програмне забезпечення. Програмне забезпечення дозволяє повністю виконати запропонований алгоритм використання анкетування на основі виявлення як рис корпоративної культури організації, так і типу особистості окремого співробітника ІТ компанії. Тестування даного програмного забезпечення проведено на основі даних реальної ІТ компанії та її внутрішньої задачі щодо формування ІТ команди проекту. Доцільність використання оцінки корпоративної культури підтверджується тим фактом, що ІТ команда не є постійною одиницею. Вона завжди змінюється в залежності від потреб в розробці того чи іншого програмного продукту. Вона змінюється в залежності від потреби у виконанні того чи іншого ІТ проекту. Але завдяки оцінці корпоративної культури є змога оперативно досліджувати зміни в особистій поведінці окремих співробітників та окремих ІТ команд з метою покращення якості їх роботи в межах ІТ проектів, що постійно також змінюються.

Ключові слова: ІТ команда, корпоративна культура, метод OSAI, метод MBTI.

С. В. ОРЕХОВ, Н. К. СТРАТИЕНКО, Г. В. МАЛИГОН

РАЗРАБОТКА ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ИТ КОМАНДЫ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ И ТИПА ЛИЧНОСТИ

Проведено анализ современных подходов к использованию понятия корпоративная культура в работе отделов управления человеческими ресурсами на предприятии в частности в ИТ компании. Этот анализ показывает, что существует три основных направления использования корпоративной культуры согласно ее определению. Но до сих пор корпоративная культура не была использована как часть методики формирования ИТ команды. Представлен новый подход к формированию ИТ команды на основе оценки типа корпоративной культуры организации и типологии личности сотрудника. Идея метода состоит в том, чтобы выделить на первом этапе группу единомышленников путем оценки корпоративной культуры. Затем из этой группы выделить уже ИТ команду согласно типу личности, который соответствует нужной квалификации или позиции в самой команде. Для реализации подход был проведен обзор опыта использования инструмента OSAI и типологии Майерс-Бриггс. По результатам спроектировано программное обеспечение. Программное обеспечение полностью реализует предложенный алгоритм использования анкетирования на основе выявления как черт корпоративной культуры организации, так и типа личности отдельного сотрудника ИТ компании. Тестирование данного программного обеспечения проведено на основе данных реальной ИТ компании и ее внутренней задачи по формированию ИТ команды проекта. Целесообразность использования оценки корпоративной культуры подтверждается тем фактом, что ИТ команда не является постоянной единицей. Она всегда меняется в зависимости от потребностей в разработке того или иного программного продукта. Она меняется в зависимости от потребности в выполнении того или иного ИТ проекта. Но благодаря оценке корпоративной культуры появляется возможность оперативно исследовать изменения в личном поведении отдельных сотрудников и отдельных ИТ команд с целью улучшения качества их работы в пределах ИТ проектов, которые постоянно также меняются.

Ключевые слова: ИТ команда, корпоративная культура, метод OSAI, метод MBTI.

© С. В. Орехов, Н. К. Стратієнко, Г. В. Малигон, 2019