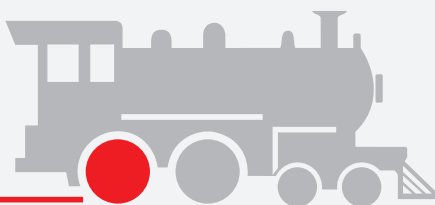


сетевое издание

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

железных дорог



ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ СЕТЕВОЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

В ВЫПУСКЕ

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

РОЗЕНБЕРГ И.Н., ЦВЕТКОВ В.Я.

«КОМБИНАТОРНОЕ РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ»

БОЛБАКОВ Р.Г.

«УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

ОХОТНИКОВ А.Л.

«ЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИТУАЦИЯ»

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ

ДЗЮБА Ю.В.

«ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ
РИСКА В ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЕ»

КОЗЛОВ А.В.

«МНОГОЦЕЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТОМ МЕГАПОЛИСА»

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

ДЫШЛЕНКО С.Г.

«МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ»

№4

Декабрь 2018

сетевое издание

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

железных дорог



ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ СЕТЕВОЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

Выпуск 4 (8)

Декабрь 2018

Стратегия развития железных дорог

Розенберг Игорь Наумович, Цветков Виктор Яковлевич

Комбинаторное решение транспортной задачи

3

Болбаков Роман Геннадьевич

Управление системой информационной безопасности на транспорте

11

Интеллектуальные системы и технологии на транспорте

Охотников Андрей Леонидович

Логическая информационная ситуация

23

Геоинформационные технологии и системы на транспорте

Дзюба Юрий Владимирович

Информационные и геоинформационные методы оценки риска в транспортной сфере

33

Козлов Александр Вячеславович

Многоцелевое управление транспортом мегаполиса

40

Цифровые методы на железнодорожном транспорте

Дышленко Сергей Геннадьевич

Модели построения маршрутов в транспортной сети

48

УДК: 656, 004.89, 656.052

КОМБИНАТОРНОЕ РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ

- Розенберг И.Н.** д.т.н., профессор, Генеральный директор, АО «НИИАС»,
E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Москва, Россия
- Цветков В.Я.** д.т.н., профессор, зам. руководителя Центра, АО «НИИАС»,
E-mail: cvj2@mail.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** В статье исследуется новый тип транспортных задач спроса и предложения. Статья констатирует недостаток классической транспортной задачи, в которой выражаются интересы одной стороны – поставщика товара. В реальных условиях рынка существует спрос и предложение. Классическая транспортная задача отражает только предложение. В работе предложена новая постановка транспортной задачи. Вместо одной матрицы предлагается постановка задачи с двумя матрицами спроса и предложения. Новая постановка транспортной задачи учитывает институциональные интересы поставщика и потребителя. Опорное решение получается на основе матричной операции с двумя матрицами. Оптимальное решение получается методом оптимизации матрицы несоответствия. Статья дает решение транспортной задачи на основе комбинаторных методов, включающих метод локальной оптимизации и метод итеративного уточнения. Новый подход расширяет возможности решения транспортных задач в рыночных условиях.
- Ключевые слова:** транспорт, поставки грузов, транспортная задача, матрица спроса, матрица предложение, комбинаторное решение.

COMBINATORIAL SOLUTION OF THE TRANSPORT PROBLEM

- Rosenberg I.N.** DofSci.(Tech), Professor, General Director, JSC «NIIAS»,
E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Moscow, Russia
- Tsvetkov V.Ya.** D.ofSci.(Tech), Professor, deputy head of Center, JSC "NIIAS",
E-mail: cvj2@mail.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** Paper explores a new type of transportation problems of supply and demand. The article states the lack of a classical transportation problem. The classical transport problem expresses the interests of one side - the supplier of the goods. In real market conditions there is demand and supply. The classic transport problem reflects only the proposal. The article offers a new formulation of the transport problem. Paper suggests instead of a single matrix to use two matrices of supply and demand. The new formulation of the transport problem takes into account the interests of the supplier and the consumer. The reference solution is obtained on the basis of the matrix solution. The optimal solution is obtained by optimizing the mismatch matrix. The article gives a solution to the transportation problem on the basis of combinatorial methods, including the local optimization method and the iterative refinement method. The new approach expands the possibilities of solving transport problems in market conditions.
- Keywords:** transport, delivery of goods, transport problem, demand matrix, supply matrix, combinatorial solution.

Введение.

Транспортной задачей или задачей «Монжа — Канторовича» [1] называют задачу линейного программирования, в которой находят оптимальный план перевозок из пунктов отгрузки в пункты доставки. Транспортная задача является частным случаем задачи линейного программирования [2]. Особенностью транспортной задачи по отношению к большинству задач линейного программирования поиск не векторного, а матричного решения задачи. В транспортной задаче базисное решение ищется в виде элементов матрицы. Исходными данными в классической постановке являются два вектора (ресурсов и потребления) и матрица нагрузок или затрат, определяющая затраты по доставке от поставщика к потребителю. Два вектора задают матрицу, в которой ищется решение. Один вектор выполняет роль столбца матрицы, а другой - роль строки матрицы. Для точности постановки задачи необходимо отметить, что вектора должны иметь разную вариантность. Один вектор должен быть ковариантным, а другой контравариантным. Если суммарный объём предложений не равен объёму спроса, который необходим для пунктов потребления, транспортная задача называется открытой.

Для канонической транспортной задачи используют два типа критериев оптимизации: минимум затрат на перевозку и минимум времени на перевозку. Задача называется транспортной, но ее применение выходит за рамки транспорта. Названием транспортная задача охватывают широкий круг задач с общей математической моделью [3, 4]. Эти задачи относятся к области линейного программирования [5, 6]. Различные специальные методы решения транспортной задачи позволяют для конкретных случаев упростить её решение. Классическую транспортную задачу можно решить симплекс-методом [7, 8], но при учете особенностей её можно решить иначе. Общим недостатком постановки и решения транспортной задачи в ее многочисленных вариантах является то, что она не является рыночной, так как учитывает интересы только одного участника рынка. Часто транспортная задача представляет интересы одного участника рынка и характеризует предложение. На рынке существует спрос, который является дополнительным фактором. Фактор спроса в решении транспортных задач не учитывается.

Классическая постановка транспортной задачи.

Условия постановки классической транспортной задачи следующие:

- имеется m - поставщиков продукции (вектор ресурсов),
- имеется n - потребителей продукции (вектор потребления),
- заданы коэффициенты затрат c_{ij} , т.е. затраты стоимости единицы перевозки от i -го поставщика к j -му потребителю (матрица затрат).

В результате решения необходимо определить x_{ij} - объем перевозки от i -го поставщика к j -му потребителю (искомое решение). Кроме того, необходимо найти план объема перевозок для каждой пары поставщик-потребитель, чтобы по возможности:

1. мощности всех поставщиков были реализованы,
2. спросы всех поставщиков были бы удовлетворены,
3. суммарные затраты на перевозку были бы минимальны

Особенностями постановки классической транспортной задачи являются: система ограничений задана в виде равенств (каноническая форма); коэффициенты при переменных системы 0 или 1; каждая переменная входит в систему ограничений два раза. Два последних

условиях дают возможность логические выражения и дизъюнктивную нормальную форму для принципиальной проверки на возможность решения задачи. Однако этот подход математической логики пока не практикуется при анализе решения. Система ограничений имеет вид

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = M_j \quad (j=1, \dots, m) \quad (1)$$

m - число поставщиков

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = N_i \quad (i=1, \dots, n) \quad (2)$$

n - число потребителей

Линейная функция

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \Rightarrow \min \quad (3)$$

На множестве ограничений (1, 2) найти решение X при котором линейная функция F (3) имеет минимальное значение. Произвольно допустимое решение X ($x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}, x_{ij}, x_{m1}, x_{mn}$) называют распределением поставок. Оно задается заполнением таблицы поставок от поставщиков к потребителям. Если суммарная мощность поставщиков равна суммарной потребности потребителей, то такой тип задач называют закрытым, противном случае задачу называют открытой. Решение транспортной задачи включает два этапа. Первый этап заключается в нахождении первоначального базисного решения. Второй этап включает корректировку и оптимизацию базисного решения.

Один из распространенных способов нахождения первоначального базисного решения является метод «Северо-западного угла». Он заключается в последовательном заполнении таблицы распределения поставок, начиная с верхнего левого угла. «Северо-западным» он называется по тому, что заполнение начинается с верхней левой клетки матрицы. В результате его применения получается схема матрицы, аналогичная той, что получается при использовании метода Гаусса для решения системы линейных уравнений.

Базисное решение находят также методами: «наименьшего элемента», двойного предпочтения и методом аппроксимации Фогеля. Метод потенциалов. Распространенным является метод минимального элемента. Его суть заключается в сведении к минимуму побочных перераспределений грузов между потребителями. Его алгоритм включает три шага:

1. Из таблицы стоимостей выбирают наименьшую стоимость и в клетку, которая ей соответствует, вписывают большее из чисел.

2. Проверяются строки поставщиков на наличие строки с израсходованными запасами и столбцы потребителей на наличие столбца, потребности которого полностью удовлетворены. Такие столбцы и строки далее не рассматриваются.

3. Если не все потребители удовлетворены и не все поставщики израсходовали товары, возврат к п. 1, в противном случае задача решена

После нахождения базисного решения плана перевозок, нужно применить один из алгоритмов его улучшения и приближения к оптимальному плану.

Транспортная задача с учетом интересов и конкуренции

В реальной практике транспортная задача решается с учетом опыта доставки между

потребителем и поставщиком. В реальности и на рынке перевозок существуют интересы поставщиков и интересы потребителей. Интересы поставщиков отражены графом предложений (рис.1) и матрицей поставщиков (рис.2) поставщиков. Условно матрица поставщиков обозначена как матрица B .

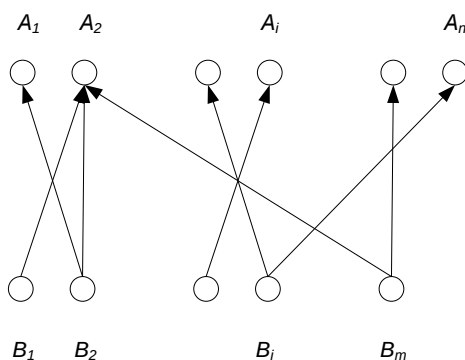


Рисунок 1. Граф предложений

	$A1$	$A2$				An
$B1$		t				
$B2$	t	t	t			
			t	t	t	
		t	t		t	t
			t			t
Bm	t	t		t	t	

Рисунок 2. Матрица поставщика B

Граф предложений (рис.1) показывает, что отношения между поставщиками не являются комплементарными. Между ними существует конкуренция и борьба за своего потребителя. В матрице B предложения обозначены символом t – tender. Наличие символа t в строке матрицы качественно отражает интерес поставщика в поставке продукта, определяемого количественно величиной t .

Аналогичная ситуация существует для потребителя. Интересы потребителя отражает граф спроса (рис.3.) и матрица потребителя (рис.4).

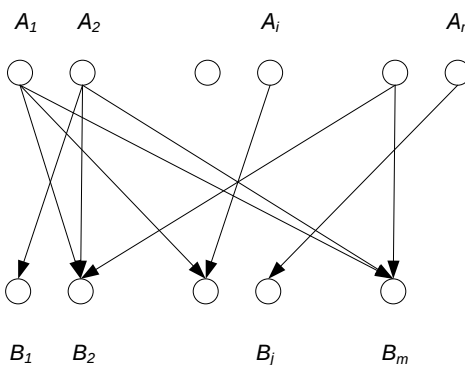


Рисунок 3. Граф спроса.

	$A1$	$A2$				An
$B1$	r	r				r
$B2$		r	r			
			r	r	r	
		r	r	r	r	
	r	r		r		r
Bm				r	r	

Рисунок 4. Матрица потребителя А

Условно матрица потребителей обозначена как матрица A . Граф спроса (рис.3) показывает, что между потребителями, как и между поставщиками, существует конкуренция и борьба за своего поставщика.

В матрице A предложения обозначены символом r – request. Наличие символа r в строке матрицы качественно отражает интерес потребителя к данному поставщику, который количественно выражает интерес в получении продукта, определяемого количественно величиной r . Величины r и t имеют противоположные знаки. Это обусловлено противоположными направлениями векторов на рис.1 и рис.3.

Следует отметить, что данная постановка задачи приводит не к одной, а двум матрицам. Эти матрицы отражают не только разные интересы поставщика и потребителя, но внутреннюю конкуренцию между поставщиками и потребителями.

Матрицы A и B , в отличие от математической постановки задачи, формируются на основе реальных ежегодных планов поставок или планов потребления продукции. По существу они повторяют план предыдущего года с внесением в него корректировок. Поэтому их можно использовать в качестве реального опорного плана. Матричное решение получается путем наложения векторных схем или сложения матриц A и B с элементами имеющими противоположные знаки. В идеальном случае, в сбалансированной системе потребления и поставок. Это и будет оптимальным решением.

$$A+B=0 \quad (4)$$

В реальности

$$A+B=N \quad (5)$$

Где N определяется как матрица несоответствия (рис.5)

	$A1$	$A2$				An
$B1$	r	0	0	0	0	r
$B2$	t	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	r	r	0
	r	r	t	r	0	0
Bm	t	t	0	0	0	0

Рисунок 5. Матрица несоответствия N

Элементами матрицы несоответствия будут r и t , а также Δr и Δt . Величины r и t , говорят о полном несоответствии по данному направлению (связи поставщик потребитель), а величины Δr и Δt говорят о наличии частичного несоответствия между данным направлением поставки. То есть имеет место избыток товара со стороны поставщика t или недостаток в товаре r со стороны потребителя. Задача сводится к минимизации матрицы путем взаимного поглощения ее элементов

$$A+B=\text{Min}(N) \quad (6)$$

Эта задача решается методами комбинаторной математики.

Комбинаторные методы решения.

Транспортная задача по теории сложности вычислений входит в класс сложности P . В теории алгоритмов классом P (англ. *polynomial*) называют множество задач, для которых существуют «быстрые» алгоритмы, время работы которых полиномиально зависит от размера входных данных. Класс P включён в более широкие классы сложности алгоритмов. Многие из этих алгоритмов связаны с перебором. Поэтому вполне логично искать методы, которые входят в это же класс, но отличаются постановкой задачи. В этот же класс входят комбинаторные задачи.

Задачи комбинаторного типа включают широкий круг задач дискретной оптимизации. Эти задачи осуществляют поиск экстремума с помощью конечного числа дискретных комбинаций (сочетаний, перестановок, последовательностей и прочее.). Минимизация матрицы может рассматриваться как задача о ранце либо как задача целочисленного программирования. Задача максимизации о ранце, которая формулируется следующим образом.

Имеется n грузов веса c_j ($j = 1, n$) и ценности c_j . Требуется выбрать грузы суммарного веса не более b_1 максимальной суммарной ценности. Обозначим $x_j = 1$, если j -й груз выбран, и $x_j = 0$ в противном случае. В нашем случае задача состоит в минимизации линейной формы

$$f(x) = \sum_{j=1}^n (c_j x_j)$$

при линейном ограничении

$$\sum_{j=1}^n (c_j x_j) \leq b, \quad x_j = \{0, 1\}$$

Для решения задачи о ранце в основном предлагаются алгоритмы, основанные на методе динамического программирования [9].

Обобщением задачи о ранце является задача целочисленного линейного программирования. По существу это и есть решение транспортной задачи. В исходной постановке требуется максимизировать форму, а в нашем случае требуется минимизировать форму.

$$f(x) = \sum_{j=1}^n (c_j x_j) \quad (j = 1, n)$$

При ограничениях

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij} x_j) \leq b,$$

Где $i=1, m; j=1, n; x_j=\{0,1\}$

Алгоритмы решения целочисленной задачи линейного программирования используют главным образом идею дополнительных секущих плоскостей, предложенной Гомори [10, 11]. Машинные эксперименты, проведенные с этими алгоритмами [12], показали, что они дают хорошие результаты в основном для задач небольшой размерности. Однако даже среди этих задач встречаются такие, для которых алгоритмы секущих плоскостей либо не дают решения за реальное время, либо требуют объема вычислений того же порядка, что и полный перебор.

В задачах комбинаторного типа выделяют две группы методов: методы локальной оптимизации и методы пошагового получения решений. Пошаговое получение решений включает итеративные, инкрементные и спиральные алгоритмы [13]. В [14] описано исследование по применению метода случайного поиска для решения задачи целочисленного программирования при дополнительном условии, что все коэффициенты a_{ij} , c_j , b неотрицательны.

Обсуждение

В современной практике существует не только управление дискретными объектами, но и управление непрерывными потоками. Ряд задач оптимального управления потоками может быть эффективно решен на основе применения метода под общим названием «Динамическая транспортная задача с задержками» (ДТЗЗ). Данный подход представляет собой развитие задачи линейного программирования в динамическую область. Под «динамикой» понимают учет фактора времени при формировании структуры задачи. В частности учитывают такие факторы: продолжительности доставки, распределения объемов производства и потребления во времени, изменение запасов продукта в конечных и промежуточных пунктах с течением времени и прочее.

Примерами динамических задач может служить расчет планов подвода порожняка в соответствии с ритмом погрузки, планов согласованного подвода грузов к морским портам, подвоза сырья к крупным потребителям, подвода маршрутов с энергоносителями к ТЭЦ и т.п.

Дальнейшее развитие ДТЗЗ позволило сформировать стохастическую постановку динамической транспортной задачи с задержками с учетом случайного разброса времени доставки и времени потребления [4]

Заключение.

Учет интересов не только поставщика, но и потребителя приводит к необходимости постановки транспортной задачи нового типа. В этой задаче вместо одной матрицы используют две матрицы, независимо отражающие интересы поставщика и потребителя. Эти матрицы формируются на основе сложившихся институциональных отношений между поставщиками и потребителями. Они отражают не только текущую выгоду, но и надежность поставок, что в обычной постановке транспортной задачи игнорируется. Эти матрицы служат основой получения опорного решения. Дальнейшая оптимизация получается путем обработки результирующей матрицы, причем результирующая матрица может быть дополнена новыми поставщиками и новыми потребителями. В качестве решения результирующей матрицы можно использовать метод решения «Динамической транспортной задачи с задержками» или комбинаторные методы.

Список литературы

1. Rachev S. T. The Monge–Kantorovich mass transference problem and its stochastic applications //Theory of Probability & Its Applications. – 1985. – V. 29. – №. 4. – p. 647-676.
2. Гольштейн Е. Г., Давид Б. Ю. Задачи линейного программирования транспортного типа. – М.: Наука, 1969.
3. Миловидов С. П., Козлов П. А. Динамическая транспортная задача с задержками в сетевой постановке //Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1982. – №. 1. – С. 211-212.
4. Бородинова И. А., Сараев Л. А. Стохастическая транспортная задача //Вестник Самарского государственного университета. – 2010. – №. 81. – с.16-23.
5. Dantzig G. Linear programming and extensions. – Princeton university press, 2016.
6. Gass S. I. Linear programming //Encyclopedia of Statistical Sciences. – 2004. – V. 6.
7. Nelder J. A., Mead R. A simplex method for function minimization //The computer journal. – 1965. – V. 7. – №. 4. – p.308-313.
8. Цветков В.Я. Математические методы анализа в экономике. - М.: МАКС Пресс, 2001, - 56 с.
9. Беллман Р., Дрейфус С, Прикладные задачи динамического программирования. «Наука», 1965
10. Gomory R. E. An Algorithm for integer solutions to linear programs. Recent Advances Math. Programm. McGraw-Hill Book, 1963
11. Gilmore P. C., Gomory R. E. Multi-Stage Cutting Stock Problems of two and more dimensions. Opns. Res., v. 13, No. 1,1965
12. Теплицкий Э. Д., Финкельштейн Ю. Ю. Машинный эксперимент по решению задач целочисленного линейного программирования. // Экономико-математические методы, т. IV, № 2. 1968
13. Цветков, В.Я., Мордвинов В.А. Подход к систематизации алгоритмов // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 7, №4(26). - С. 388-397.
14. Пятецкий-Шапиро А. Б. и др. Об одном итеративном методе решения задач целочисленного программирования. Докл. АН СССР, т. 160, т. 169, № 6, 1966.

УДК: 004.056.53, 656.25

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

- Болбаков Р.Г.** к.т.н., доцент, Институт информационных технологий, Московский технологический университет (МИРЭА), E-mail: antaros05@ya.ru, Москва, Россия.
- Аннотация.** В статье исследуются методы выбора стратегий управления системой информационной безопасности в сфере транспорта. Используется когнитивный подход к анализу влияния факторов информационной безопасности, применением когнитивных карты. В работе описаны различные стратегии управления, которые выявляются в ходе анализа когнитивных карт. Их назначение - обеспечить различный уровень безопасности ресурсов системы безопасности в зависимости от приоритетов защиты, наличия ресурсов, уровня риска. Предложен ресурсный метод оценки жизненного цикла системы безопасности. Описаны модели жизненных циклов, которые можно применять при организации системы безопасности.
- Ключевые слова:** транспорт, информационная безопасность, жизненный цикл, когнитивная карта, ресурсы защиты, управление безопасностью

CONTROL OF INFORMATION SECURITY SYSTEM IN TRANSPORT

- Bolbakov R.G.** Ph.D., Associate Professor, Institute of Information Technology, Moscow Technologies University (MIREA), E-mail: antaros05@ya.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** Paper explores methods for choosing strategies for managing information security systems in the field of transport. A cognitive approach to analyzing the influence of information security factors is used. This approach is implemented using a cognitive map. The paper describes various management strategies that are identified during the analysis of cognitive maps. The purpose of strategies is to ensure a different level of security of security resources. The level is determined depending on the priorities of protection, the availability of resources, the amount of risk. The article offers a resource method for assessing the life cycle of a security system. The paper describes life cycle models that can be applied to a security system.
- Keywords:** transport, information security, life cycle, cognitive map, protection resources, security management

Введение.

Управление системой информационной безопасности на железнодорожном транспорте имеет большое значение. Это отражено в ГОСТ Р 55980-2014 «Управление рисками на железнодорожном транспорте. Классификация опасных событий». Основу безопасности составляет жизненный цикл системы безопасности. В свою очередь жизненный цикл системы информационной безопасности зависит от интенсивности внешних воздействий. Управление жизненным циклом (ЖЦ) [1] системы безопасности реализуют разными методами. Это обусловлено выбором и использованием разных моделей жизненного цикла [2]. Следует отметить, что модель жизненного цикла системы безопасности близка к модели жизненного цикла вычислительного алгоритма. Поэтому модели жизненного цикла алгоритма применимы для моделирования жизненного цикла системы безопасности. В дополнении к детерминированным моделям на практике, при наличии слабо структурированной информации, применяют когнитивные методы. Одним из таких методов является метод когнитивных карт (КК) [3, 4]. Если число вершин графа, описывающего когнитивную карту, невелико, он становится эффективным средством анализа. Следует отметить, что система информационной безопасности всегда защищает другую систему, информационную или техническую, или коммуникационную. Поэтому, говоря о защищаемых ресурсах, следует иметь ресурсы не только системы безопасности, но и ресурсы защищаемой ей системы.

Когнитивные карты как инструмент управления безопасностью.

Когнитивная карта представляет собой визуальную модель, представленную в виде графа, и позволяющую описывать экспертное восприятие какого-либо сложного объекта, сложной ситуации, сложной проблемы или сложной системы [5, 6]. Термин сложность связан в данном случае со слабой структурированностью, информационной неопределенностью, необозримостью информации большого объема, не воспринимаемостью большого количества связей. Когнитивная карта предназначена для построения структуры причинных связей в сложной информационной совокупности, между составляющими проблемы и т. п.

Когнитивная карта в упрощенной форме представляет структурную схему причинно-следственных связей частей системы или факторов информационной ситуации. В этой схеме сущности изображаются виде отдельных вершин, соединённых ориентированными дугами [7]. Дуга отображает причинно – следственную связь. Этим определяется недостаток такой модели. Значимость факторов в схеме и причинно-следственную связь задает эксперт. Естественно, у разных экспертов когнитивные карты могут различаться, что нарушает один из важных научных принципов – сопоставимость.

Факторы могут влиять друг на друга и такое влияние называют положительным, когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к увеличению (уменьшению) другого фактора. Влияние называют отрицательным, когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к уменьшению (увеличению) другого фактора. Влияние может иметь переменный знак в зависимости от дополнительных условий.

Когнитивная карта как визуальная модель отображает лишь факт наличия влияний факторов друг на друга. В ней не отражается ни детальный характер этих влияний, ни динамика изменения влияний в зависимости от изменения ситуации, ни временные изменения самих факторов. Поэтому для ее аналитического описания удобно использовать предикативное описание, что пока не практикуется.

Когнитивные карты как средство визуальной поддержки эффективно использовать в ситуационных комнатах, которые широко применяют на железнодорожном транспорте.

Когнитивная карта дает возможность экспертам по безопасности оценить решению таких вопросов:

- 1) Какие принципы и стратегию положить в основу планирования защиты системы информационной безопасности;
- 2) Пониманию того, что основой безопасности является жизненный цикл системы
- 3) Жизненный цикл системы безопасности имеет специфическое отличие от жизненных циклов технических и информационных систем по характеру воздействия и стохастичности воздействия внешних факторов.

Последнее обусловлено тем, что: во-первых, угрозы постоянно модифицируются, что принципиально учесть невозможно; во-вторых, интенсивность воздействия угроз на систему носит стохастический, а не детерминированный характер; в-третьих, базовые первичные установки обеспечения безопасности меняются со временем. Это приводит к необходимости эвристической и интерактивной подстройки параметров системы [8].

Моделирование факторов информационной безопасности.

Управление системой защиты необходимо с учетом влияния различных факторов безопасности [9, 10]. Такое влияние иллюстрируется когнитивными картами, отображающими экспертную структуру причинно-следственных связей между концептами. Такая КК позволяет оценивать последствия, происходящие при воздействии на концепты [11]. Рассмотрим когнитивную карту, отображающую область информационной безопасности (рис. 1).

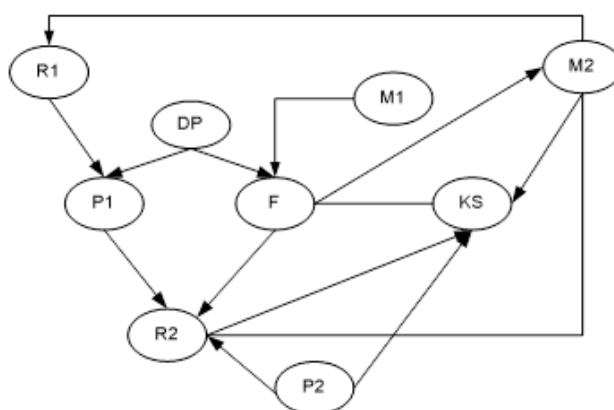


Рисунок 1. Когнитивная карта влияния факторов ИБ

На рисунке вершины графа имеют следующую интерпретацию: *DP* – потенциал нарушителя; *R1* – рейтинг уязвимости компонента системы безопасности, составленный на основе оценок частоты использования уязвимости нарушителем и трудностей и обнаружения уязвимости; *M1* – мотивация действий нарушителя; *P1* – возможность осуществления угрозы (атаки) нарушителем; *F* – интенсивность атаки, производимой нарушителем; *KS* – вектор критериев уровня безопасности. В качестве критериев рассматриваются основные свойства безопасности: конфиденциальность (К), целостность (С), доступность (I) к ресурсам; *R2* – последствия рисков, которые несет организация при осуществлении атаки; *M2* – защитные механизмы, которые реализуются в программно-аппаратных средствах защиты (СЗ), тот или иной набор СЗ образует вариант комплексной системы защиты (КСЗ); *P2* – ценность информационных ресурсов, которые используются в работе защищаемой системы.

Отношения на когнитивной карте имеют следующее значение. Если потенциал нарушителя, оцениваемый его возможностями, превосходит рейтинг уязвимостей $DP > R(X)$, то атака *A*, в

принципе, возможна. Данные отношения могут принимать значения «да\нет», т.е. возможна\невозможна. Чтобы оценить степень возможности, надо рассмотреть потенциал нарушителя, т.е. его степень профессионализма, знания о системе, используемые средства и т.п.

Эти факторы напрямую влияют на силу атаки ($\langle DP, \text{«увеличивает»}, F \rangle$) (здесь и далее влияние измеряется экспертной нормированной шкалой от 0 до 1). На силу атаки огромное влияние имеет также мотивация нарушителя MN . Если она велика, то, и, не имея собственных возможностей, он может нанять профессионала, поэтому имеет место связь $\langle M2, \text{«увеличивает»}, F \rangle$.

Влияние концепта $P2$ (ценность/ущерб) на систему представленных в КК понятий сказывается следующим образом:

- а) ценностью определяется требуемый уровень безопасности KS информационной системы ($\langle P2, \text{«увеличивает»}, KS \rangle$),
- б) от величины оценки ущерба зависит показатель риска $R1(\langle P2, \text{«увеличивает»}, R \rangle)$,
- в) потенциальный ущерб следует соизмерять со стоимостью системы защиты, по крайней мере, для коммерческих предприятий ($\langle P2, \text{«определяет»}, M2 \rangle$).

Механизмы защиты $M2$, с одной стороны, обеспечивают безопасность и выбираются в соответствии с уровнем критериев KS ($\langle M2, \text{«определяет»}, KS \rangle$), а с другой - противостоят силе атаки $F(IA)$. А это значит, что силу атаки, в силу транзитивности, можно структурировать измерительными шкалами критериев безопасности и имеет место отношение $\langle F(A), \text{«определяет»}, KS \rangle$.

Величина рисков предприятия R при нарушении уровня KS зависит от трех причин:

- а) возможности осуществимости атаки $P(A)$ ($\langle P(A), \text{«да/нет»}, R \rangle$),
- б) величины оценки ущерба ($\langle Pr(U), \text{«увеличивает»}, R \rangle$),
- в) интенсивность атаки ($\langle F(A), \text{«(O - 1)»}, R \rangle$).

В свою очередь, показатель риска R оказывает влияние на выбор $C3$: чем выше величина риска, тем более стойкие механизмы и $C3$ надо выбирать и наоборот ($\langle R, \text{«определяет»}, M2 \rangle$). Управление рисками реализуется двусторонней связью $\langle KS, \text{«определяются»}, R \rangle$.

Семантика связи заключается в том, чтобы после выбора $M2$, обеспечивающих требуемый уровень KS , произвести оценку будущего риска при данном наборе защитных средств (это можно сделать благодаря связи $\langle M2, \text{«увеличивает»}, R(X) \rangle$, которая говорит о том, что средства защиты выбранного набора изменяют величину исходного риска) и сделать вывод о его приемлемости. Если риск неприемлем, берется другой набор $M2$ и производится сближение оценок и по рискам R , и по уровню безопасности KS .

Кроме того, на КК выделяются несколько контуров, которые отражают различные парадигмы в организации защиты ИС. Каждый контур образован двунаправленными отношениями. Это означает, что происходит взаимовлияние факторов и, стало быть, выбор той или иной вершины в качестве цели определит направление стрелок и выбор генеральной стратегии политики безопасности предприятия.

Контур 1. Образован вершинами $F(A)$, KS , $M2$. Если целью выбрана вершина $F(A)$, т.е. выбор защитных средств происходит только исходя из стандартных угроз, то будет осуществляться способ управления в соответствии с базовыми (минимальными) требованиями [13], когда мероприятия по оценке рисков не производятся, а уровень безопасности оценивается постфактум.

Если целью выбирается вершина KS то даже для базового набора угроз производится более тонкий подход с определением такого уровня безопасности, который был бы «идеален» исходя

из ценности ресурсов ИС предпочтений руководителя, нормативных требований и оценок угроз.

Контур 2. Вершины $F(A)$, R , $M2$. Отражает политику, требующую разработки повышенных требований к безопасности, основанную на управлении рисками [4].

Контур 3. Вершины KS , R , $M2$. Отражает идею управления, исходя из оптимального баланса остаточных рисков и уровня безопасности.

Стратегии принятия решений на основе когнитивных карт

Основные стратегии, реализуемые в том или ином контуре управления КК, называют генеральными. Они отражают приоритеты политики безопасности организации. Ниже рассматриваются некоторые из генеральных стратегий, хотя их перечень может быть расширен.

1. Стратегия наибольшей безопасности. Пусть $\{KS^u\}$ – целевой вектор безопасности. Компоненты вектора определяется исходя из интересов бизнеса, нормативных документов и оценок угроз. Стратегия ориентирована на выбор вариантов КСЗ на основе обеспечения по максимуму вектора $\{KS_u\}$. Тогда можно ожидать, что величина ущерба U от нарушений безопасности будет достаточно низкой, но стоимость такой системы – немалой: $KS_u \Rightarrow St^{max} \Rightarrow U^m$.

Стратегия приемлемого риска и приемлемой стоимости – когда уровень безопасности определяется из уровней ущерба U^* и риска R^* , который организация готова допустить при нарушении безопасности

$$St < U^* \Rightarrow KS' \Rightarrow R < R^*.$$

Стратегия пороговой стоимости $St^{порог}$ – выбор вариантов КСЗ, когда приоритетом организации является экономия, тогда надо быть готовым к невысокому уровню безопасности и значительному ущербу:

$$St \leq St^{порог} \Rightarrow KS^{min} \Rightarrow U^{max}.$$

Стратегия приемлемой стоимости – когда выбираются такие защитные средства, чтобы их стоимость St не превосходила возможного ущерба U^* . Очевидно, что уровень безопасности получим в пределах от минимально до максимально возможных:

$$St < U^* \Rightarrow KS'.$$

Алгоритм каждой стратегии (рис. 2) содержит блок, в котором определяется вектор $\{KS_u\}$. Однако для первой стратегии этот уровень является целевым – подбираются такие СЗ, которые обеспечат безопасность на этом уровне. Для других стратегий уровень $\{KS_u\}$ служит ориентиром, чтобы показать, насколько уровень безопасности, полученный в рамках данной стратегии, будет далек от «идеального», хотя «идеальность» понимается в субъективном смысле.

Процедура стратегии наибольшей безопасности (рис. 2). Цикл проектирования двухфазный. *Первая фаза.* Выбираются различные наборы механизмов защиты, обеспечивающие свойства K , C , D в заданной окрестности уровня $\{KS_u\}$.

Тем самым формируется множество SM вариантов системы защиты на механизмах КСЗ(М2). Это множество вариантов ранжируется методом «идеальной» точки. Проводится тестирование лучшего варианта ранжировки (пусть это будет вариант SM^*) на тех угрозах,

которые были выбраны экспертами в качестве актуальных для данной ИС. В результате определяется оценка $\{KS^{**}\}$, которую могут дать выбранные защитные механизмы.

Сравниваются оценки $\{KS_{IJ}\}$ и $\{KS^{**}\}$. Если оценки сравнимы в пределах ε^- , переходим ко второй фазе алгоритма, если нет - в качестве тестируемого варианта SM^* подбирается другой вариант. Если все варианты из множества SM исчерпаны - следует пересмотреть параметры стратегии и сформировать новое множество вариантов.

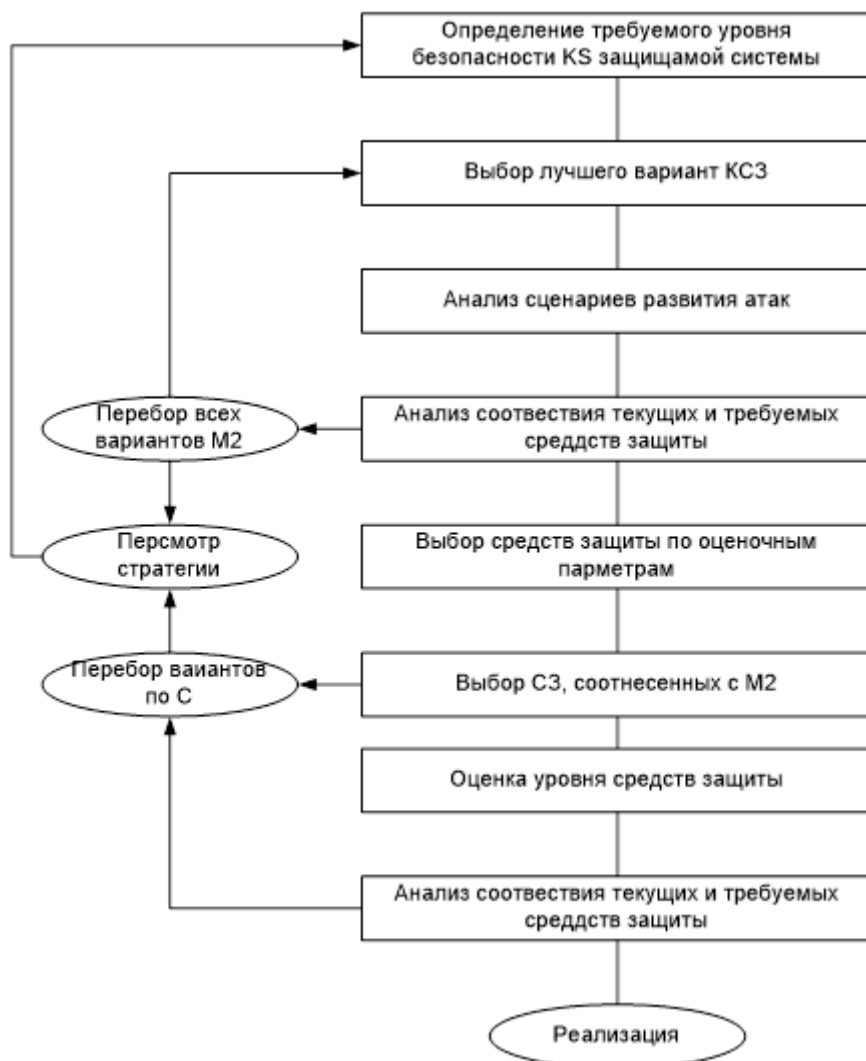


Рисунок 2. Алгоритм противодействия максимальной безопасности

Вторая фаза. Средства защиты (C3) представляют собой реализацию механизмов в виде программно-аппаратных средств, поэтому здесь производится подбор C3 для варианта SM^* в соответствии с критериями $\{KPZ\}$: стоимости C3, их эксплуатационных характеристик, функциональных издержек. Таким образом, получаем вариант системы защиты $KC3(C3)$ как набор программно-технических средств.

Реализация механизмов в виде программно-аппаратных средств влечет уменьшение стойкости средства, поэтому вычисляется уровень безопасности $\{KS^{***}\}$, который обеспечить выбранные C3. После чего опять происходит сравнение оценок $\{KS_{IJ}\}$ и $\{KS^{***}\}$. Если оценки сравнимы, можно приступить к реализации варианта. Если нет - перейти к другому варианту по C3. Если же перебраны все варианты - следует пересмотреть параметры стратегии.

Процедура стратегии приемлемого риска и приемлемой стоимости (рис.3) Заключается в выборе такого варианта КСЗ(СЗ), для которого подбор параметров уровня безопасности $\{KS^*\}$, рисков R^* и стоимости является оптимальным, т.е. риск не больше приемлемого значения $R^* \leq R^{примл}$, стоимость не больше ожидаемого ущерба $St \leq U^*$, уровень безопасности в разумных пределах относительно целевого $|KS_u - KS^*| \leq \varepsilon^-$. Алгоритм работает в итерационном режиме, если данных пороговых значений варианта найти не удастся, необходимо пересмотреть параметры стратегии.

Отношения графа имеют следующий смысл. Начнем с факторов, относящихся к угрозам.

Если потенциал нарушителя, оцениваемый его возможностями, превосходит рейтинг уязвимостей $DP > R(X)$, то атака A , в принципе, возможна. Но данные отношения могут принимать значения «да\нет», т.е. возможна\невозможна. Чтобы оценить степень возможности, надо рассмотреть и другие факторы. В частности, потенциал нарушителя, т.е. его степень профессионализма, знания о системе, используемые средства и т.п. напрямую влияют на силу атаки ($<DP, \text{«увеличивает»}, F(A)>$) (здесь и далее влияние измеряется экспертной нормированной шкалой от 0 до 1). На силу атаки огромное влияние имеет также мотивация нарушителя MN . Если она велика, то, и, не имея собственных возможностей, он может нанять профессионала, поэтому имеет место связь $<MN, \text{«увеличивает»}, F(A)>$.



Рисунок 3. Алгоритм стратегии приемлемого риска.

Управление жизненным циклом системы безопасности

Модель «Жизненного цикла» (ЖЦ) используют в различных научных направлениях: политике, проектировании, биологии, информатике, экономике, военном деле, строительстве, производстве и т.д. Модель жизненного цикла отражает последовательность временных периодов, на каждом из которых система безопасности по-разному функционирует и требует разной поддержки. Поддержка и управление жизненным циклом в первую очередь определяют эффективности системы информационной безопасности (СИБ). Связь эффективности СИБ с

жизненным циклом определяет важность моделирования жизненного цикла для организации безопасности. Существуют качественно разные модели ЖЦ. Жизненный цикл проекта [13] отличается от жизненного цикла сложной технической системы. Жизненный цикл информационной системы отличается от жизненного цикла алгоритма. Моделирование жизненного цикла системы связано с применением разных критериев: критерий длительности жизненного цикла, причинно-следственная связь между внешней угрозой и состоянием системы, модели проектирования жизненного цикла, модель модернизации жизненного цикла. Для многих, в первую очередь программных систем и информационных систем, существует возможность модернизации жизненного цикла.

Существует несколько типовых моделей жизненного цикла. Трапецевидная модель жизненного цикла основана на его упрощенной модели в виде трапеции. В реальной ситуации жизненный цикл не походит на идеальную трапецию, но такая модель включает последовательность этапов которые отражают создание проектирование эксплуатацию и деградацию состояния системы безопасности. На рис. 4 показан трапецевидный жизненный цикл и его характеристики.

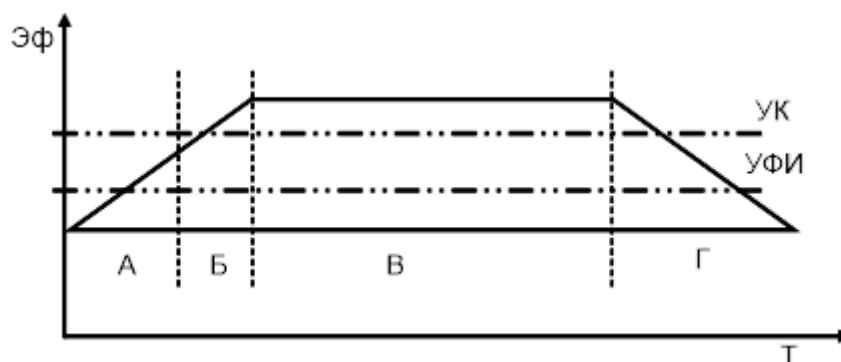


Рисунок 4. Трапецевидная модель жизненного цикла системы [3]

Временные периоды жизненного цикла обозначены условно: А, Б, В, Г. Период А - этап проектирования и создания системы. Период Б - этап роста или опытной эксплуатации системы. Период В - этап эксплуатации. Период Г - этап деградации. По горизонтальной оси отложено Т - время. По вертикальной оси отложена Эф - эффективность применения системы безопасности. УК - уровень конкурентоспособности или эффективного противостояния внешним угрозам. УФИ - это уровень физического износа. Он определяет период времени, в течении которого СИБ способна противостоять внешним угрозам УК в зависимости от состояния внешней среды и ресурсной поддержки может меняться. Он может подниматься при росте защищенности СИБ и может падать при росте внешних угроз.

В теории управления качеством применяют более детализированную модель жизненного цикла. Жизненный цикл влияет на качество и служит основой качества [14]. Детальный подход, связанный с понятием качества, позволяет разбить жизненный цикл на более мелкие интервалы. В соответствии с ИСО 9004 жизненный цикл продукции. В ИСО 9004 он называется "петля качества" [5, 6] (qualityloops) разделен на 11 этапов. Эта модель включает этап проектирования.

Проектные модели жизненного цикла [15] применяют для проектирования и разработке информационных систем, систем безопасности и программного обеспечения. При

проектировании таких систем также существует свой жизненный цикл, который определяет и жизненный цикл при эксплуатации.

Основные методы проектирования жизненного цикла это: каскадный [16], итеративный [17] спиральный [2, 18] и инкрементный [2]. Часто эти методы объединяют и делают комбинированное моделирование жизненного цикла [19].

Для системы информационной безопасности выделяют следующие этапы жизненного цикла: формирование требований к СИБ, проектирование, эксплуатация и сопровождение СИБ, модернизация СИБ, замена СИБ на новую.

Под управлением ЖЦ системы ИБ понимается комплексное решение задач по его модернизации. Оно включает: Определение приоритетов в организации защиты. Определение целевых векторов критериев безопасности. Декомпозиция целевых векторов по компонентам модели ИС. Формирование проектной модели защиты, модернизация проектной модели защиты, мониторинг системы безопасности.

Общей тенденцией для разных систем, включая системы безопасности, является использование ресурсов. Эффективность использования ресурса защиты определяет эффективность функционирования СИБ. Можно рассмотреть ресурсы системы как критерий оценки и управления ее ЖЦ. Ограниченный объем ресурсов уменьшает период жизненного цикла СИБ. Наличие резерва и выработка новых ресурсов расширяет ЖЦ СИБ.

Уравнение, описывающее такой диссипации действия системы при расходе ресурсов, называется логистическим уравнением. Это уравнение, также известное, как уравнение Ферхюльста, изначально применялось при рассмотрении модели роста [20]. Обозначим через P количество средств защиты или результативность СИБ. Параметр t обозначает время. Такая модель сводится к дифференциальному уравнению:

$$\frac{dP}{dt} = rP \left(1 - \frac{P}{K} \right) \quad (1)$$

В этой записи параметр r характеризует скорость расхода ресурсов, а K — ресурсность СИБ, то есть, максимально возможную ёмкость используемых ресурсов. Исходя из названия коэффициентов, часто различают две стратегии организации безопасности. Стратегия r предполагает интенсивную деятельность по организации безопасности и короткий жизненный цикл СИБ с данным набором ресурсов. Стратегия K предполагает медленное потребление ресурсов и длительный жизненный цикл СИБ. Точным решением уравнения (1) является S-образная кривая, (логистическая кривая):

$$P(t) = \frac{K P_0 e^{rt}}{K + P_0 (e^{rt} - 1)}$$

Для которой существует предел

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = K.$$

Уравнение (1) не приемлемо для технических систем и систем безопасности. В биологических системах, которые изначально описывает (1), популяция начинается или нулевого ресурса. Для технических систем и СИБ существует нижний предел ресурсов. Это количество ресурсов, отличное от нуля, ниже которого система не функционирует. Верхний

предел обусловлен ограниченными возможностями системы переработки ресурсов и самим ограничением ресурсов. Поэтому для СИБ уравнение моделирующее процесс функционирования системы на основе потребления ресурсов имеет вид (2).

Здесь y – величина, связанная с потреблением ресурсов, k_1 – нижняя граница ресурсов, k_2 – верхняя граница ресурсов, α – постоянная величина, характеризующая интенсивность потребления ресурсов.

$$\frac{dy}{dt} = \alpha(y - k_1)(k_2 - y) \quad (2)$$

В рамках модели (2) можно задавать пределы ресурсов и, зная скорость их потребления, получить решение для динамической модели (2). Можно упростить решение логистического уравнения до простого вида, которое используют в однопараметрической модели Раша [21].

$$P(t) = \frac{P_0 e^{t-a}}{1 + P_0 e^{t-a}} \quad (3)$$

Такая кривая известна в математике и относится к классу сигмоид (sigmoid). Сигмоида — гладкая монотонная нелинейная S-образная возрастающая функция, которая применяется для отражения процесса накопления и предела процесса. Величина a задает сдвиг от начала координат вправо.

Центральная часть логистической кривой определяется разностью между a - b . Она задает формальный жизненный цикл (рис.5) системы после ее развития до начала деградации.

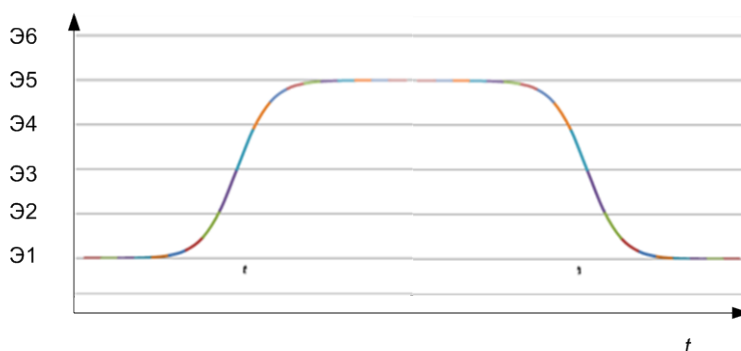


Рисунок 5. Трапецевидная модель ЖЦ, полученная по логистическому уравнению [22, 23].

На рис. 5 символ Э означает уровень требуемой эффективности защиты. Он аналогичен уровню эффективности на рис. 4. При самом низком уровне эффективности защиты Э1 система функционирует практически с самого начала создания. Уровни Э2-Э4 требуют развития системы для достижения нужной эффективности. При уровне Э5-Э6 система неконкурентоспособна и бесполезна, так как не обеспечивает нужной эффективности защиты.

Данный метод оценки жизненного цикла СИБ является формально аналитическим. Механизм его формализации поясняется наличием двух качественно разных переменных в выражении (3). В первой части развития системы функционирует переменная t . Во второй части жизненного цикла функционирует антагонистическая ей $-t$. Эту модель можно назвать «ресурсно-логистической» [23]. Он позволяет проводить абсолютные (для отдельного класса систем) и сравнительные (для систем разного класса) оценки жизненного цикла системы. Он может служить средством анализа и прогнозирования при разработке сложных систем и других

систем, потребляющих ресурсы. Для применения модели необходимо определить верхний и нижний пределы ресурсов, оценить скорость их потребления и задать лаги a - b . Принципиально модель является асимметричной. В выражении (2) величина α характеризует скорость потребления ресурса.

Заключение. Представленные в модели могут быть положены в основу функционирования системы поддержки решений при управлении безопасностью систем на железнодорожном транспорте. Система информационной безопасности требует наличия двух принципиально различных функциональных частей: системы поддержки принятия решений при проектировании комплексных средств защиты и системы мониторинга ее эксплуатации. Кроме того, любое управленческое решение обязательно должно приниматься на основе сбора и анализа данных, характеризующих обстановку. Это дает возможность управлять жизненным циклом СИБ, удовлетворяя требованиям стандарта безопасности [24].

Список литературы

1. Муравьева Я.И. Жизненный цикл проекта // Экономика и социум. – 2016. № 3 (22). – с. 22–25.
2. Цветков В.Я., Мордвинов В.А. Подход к систематизации алгоритмов // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 7, №4(26). – С. 388-397.
3. Авдеева З.К., Коврига С.В. Формирование стратегии развития социально-экономических объектов на основе когнитивных карт. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 184с
4. Коврига С.В. Верификация конкретных моделей на основе когнитивных карт /Труды Международной конференции. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2009)(17–19 ноября 2009 г., Москва). – М.: ИПУ РАН, 2009. – с.47-53.
5. Tolman E. C. Cognitive maps in rats and men //Psychological review. – 1948. – V. 55. – №. 4. – p.189.
6. Цветков В.Я. Сельманова Н.Н. Когнитивная карта как инструмент оценки недвижимости // Науки о земле. – 2018. - №1. – с.70-80
7. Болбаков Р.Г., Жигалов А.А., Мордвинов В.А., Цветков В.Я. Когнитивное моделирование. Монография - М.: МАКС Пресс, 2015. - 76с.
8. Цветков В.Я., Булгаков С.В. Эвристический анализ как инструмент информационной безопасности // Современные наукоёмкие технологии. №1. - 2010. - с. 53–54
9. ГОСТ Р ИСО\МЭК 17799-2005. Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью.
10. Цветков В.Я. Технологии и системы информационной безопасности. – М.: Минпромнауки, ВНИИЦ, 2001. – 88 с.
12. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО-РЕС, 1995
13. Розенберг И.Н., Булгаков С.В. Проектная модель информационной безопасности ГИС // Вестник Московского государственного областного педагогического университета. – 2010. - № 2. – с. 110–113
14. Костогрызов А. И., Степанов П. В. Инновационное управление качеством и рисками в жизненном цикле систем. – М. : Изд-во ВПК, 2008.
15. Aurich J. C., Fuchs C., Wagenknecht C. Life cycle oriented design of technical Product-Service Systems //Journal of Cleaner Production. – 2006. – Т. 14. – №. 17. – С. 1480–1494.

16. Wen Y. M., Lu B. L. A cascade method for reducing training time and the number of support vectors //Advances in Neural Networks–ISNN 2004. – Springer Berlin Heidelberg, 2004. – p. 480–486
17. Anderson B. D. O. et al. Caution in iterative modeling and control design //Adaptive systems in control and signal processing. Workshop. – 1998. –p. 13–19.
18. de Souza E. F. The Spiral Model. – 2010. homepages.dcc.ufmg.br
19. Madachy R., Boehm B., Lane J. A. Spiral lifecycle increment modeling for new hybrid processes //Software Process Change. – Springer Berlin Heidelberg, 2006. – p. 167–177.
20. Verhulst, P. F., (1838). Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement. Correspondance mathématique et physique 10:113-121
21. Летова Л. В., Маслак А. А., Осипов С. А. Семейство моделей Раша для объективного измерения латентных переменных //Информатизация образования и науки. – 2013. – №. 4. – С. 131-141.
22. V. Ya. Tsvetkov, Resource Method of Information System Life Cycle Estimation // European Journal of Technology and Design . - 2014. - Vol.(4), № 2, pp.86-91.
23. Елсуков П.Ю., Цветков В.Я. Логистическая модель жизненного цикла сложной системы // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. - 2018. № 1. - С. 71–78.
24. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006. «Информационные технологии. Методы защиты. Системы менеджмента защиты информации. Требования». М.: Стандартинформ, 2008.

УДК: 625.1: 656.22

ЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИТУАЦИЯ

- Охотников А.Л.** Заместитель руководителя по инновационному развитию, Центр стратегического анализа и развития, АО «НИИАС»,
E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** Статья описывает новую управленческую модель как логическую информационную ситуацию (ИС). Дано описание логического управления как нового вида ситуационного управления: раскрывается содержание ситуационного управления по Д.А. Поспелову. Показана связь ситуационного управления с информационным управлением. Статья раскрывает содержание ИС как механизма управления. Логическая информационная ситуация является развитием общей модели ИС. Показано, что логическая ИС связывает автоматизированное и интеллектуальное управление. Приведен пример описания и использования логической информационной ситуации.
- Ключевые слова:** транспорт, управление, логическое управление, математическая логика, логическая информационная ситуация.

LOGICAL INFORMATION SITUATION

- Okhotnikov A.L.** deputy head of Strategic analysis and development Center, JSC "NIIAS",
E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** The article describes a new management model logical information situation. The article describes logical control as a new type of situational management: the content of situational management at Pospelov. The connection of situational management with information management is shown. The article reveals the content of the information situation as a management mechanism. Logical information is the development of the model information of the situation. It is shown that the logical information situation connects the automated and intelligent control. An example of description and use of logical information situation is given.
- Keywords:** transport, management, logical control, mathematical logic, logical information situation.

Введение

Возрастание сложности управления транспортом влечет рост сложности управленческих ситуаций. Рост сложности управленческих ситуаций влечет увеличение времени анализа ситуаций в традиционных технологиях. Существенное возрастание сложности управленческих ситуаций приводит к появлению когнитивных факторов необозримости и не воспринимаемости ситуации. Это, в свою очередь, приводит к необходимости применения интеллектуальных транспортных систем (далее – ИТС) [1, 2]. Кроме того, проблема «больших данных» [3-5] требует радикальных решений, к числу которых относится ИТС. Следует отметить тенденцию

роста интенсивности информационных потоков, которые создают нагрузку на управление, и на человека, который занимается этим процессом. Одним из направлений управления транспортом в сложных ситуациях является интеллектуальный подход [6]. Интеллектуальный подход включает применение правил, которые основаны на использовании логических описаний [7] конкретной информационной ситуации. Модель информационной ситуации [8-11] служит одним из методов принятия решений как в автоматизированном управлении транспортом, так и в интеллектуальном. Она выделяет существенные ключевые факторы, необходимые для управления и исключает малозначимые. Различие состоит в том, что при автоматизированном управлении модель информационной ситуации имеет вид параметрического описания ситуации [12, 13]. При интеллектуальном управлении модель информационной ситуации представляет собой совокупность правил.

Модель информационной ситуации представляет собой логическое описание реальной ситуации. Управление транспортом связано с реальными ситуациями, в которых находятся объекты управления, которые могут быть подвижными или стационарными. Ситуационное управление [14] использует семиотические и технологические управленческие модели, адаптированные к конкретным условиям и конкретной ситуации. Можно ввести новое понятие – логическая информационная ситуация (далее - ЛИС), которая служит основой интеллектуального управления. Эта модель позволяет формировать правила, воспринимаемые интеллектуальной системой. При этом могут быть две категории логических информационных ситуаций: сквозная и распределенная. Сквозная ЛИС является аналогом сквозного алгоритма или алгоритма первого рода [15]. Распределенная ЛИС требует решения задачи второго рода [16]. Для этого необходимо применение интеллектуальных методов типа искусственная нейронная сеть.

Принципы логического управления.

Использование логического описания и логической информационной ситуации дает основание говорить о логическом управлении. Логика в управлении применялась всегда. Логическое управление можно рассматривать как вид управления, использующий логические правила для обработки информации на компьютере или в интеллектуальной системе для снятия нагрузки с человека. В управлении транспортом логическая информационная ситуация является управленческой информационной ситуацией [11, 17].

Принципы логического управления строятся в первую очередь на основе применения методов математической логики [18, 19]. В свою очередь, математическая логика включает четыре основных раздела: 1. Теория множеств; 2. Теория моделей; 3. Теории рекурсии; 4. Пропозициональная логика. Для логического управления наиболее приемлемыми являются методы пропозициональной логики [20].

Процесс управления упрощенно можно рассматривать как выбор управленческих решений из некоторого набора допустимых управляющих воздействий [22, 23]. В теоретическом ситуационном управлении не идет речь о принятии решений при непредвиденных обстоятельствах [21]. В нем, как правило, [14, 20] описано стереотипное управление связанной с параметрами ситуации. Характерным для технологии искусственного интеллекта является использование модели текущей ситуации. Текущей ситуацией ТС [24, 25] называют вектор состояния X объекта управления и вектор возмущений внешней среды F . В этом случае

$$ТС = \langle X, F \rangle. \quad (1)$$

Вводится понятие полной ситуации S:

$$S = \langle TC, G \rangle, \quad (2)$$

где TC –текущая ситуация, G –цель управления. В свою очередь, цель управления G может быть представлена в виде целевой ситуации G_g , к которой должна быть приведена имеющаяся текущая ситуация. Тогда

$$S = \langle TC, G_g \rangle. \quad (3)$$

Авторы вводят предположение, ограничивающее применение метода. Они предполагают, что текущая ситуация TC принадлежит некоторому классу Q' , а целевая (заданная) ситуация G_g –классу Q'' , ищется такое управление (вектор управляющих воздействий U), которое принадлежит множеству допустимых управлений Ω_U и обеспечивает требуемое преобразование одного класса ситуаций в другой:

$$C \in Q' \xrightarrow{U \in \Omega_U} G_g \in Q''. \quad (4)$$

Таким образом, ситуационное управление выступает как отображение:

$$(Q', Q'') \rightarrow U \in \Omega_U, \quad (5)$$

сопоставляющее паре «текущая ситуация – целевая ситуация» требуемый результат – управление U.

При таком ситуационном управлении используют модели информационных ситуаций. Одну называют «текущей моделью ситуации», другую модель ситуации называют «целевой моделью ситуации». Пропущено слово «информационная». Это было обусловлено тем, что в период формирования ситуационного управления в 70-е годы термин «информационные модели» широко не применялся и обходились без него. В настоящее время, с позиций развития информационных технологий, такие ситуационные модели являются информационными. Мало того, описанная выше методика управления с современных позиций относится не к интеллектуальным методам, а к автоматизированным. Это векторное управление, использующее вектор состояний и векторные критерии управления.

При таком ситуационном управлении (фактически стереотипном [23]) проблема выбора управляющих воздействий сводится к оценке состояния объекта и среды. На основе оценки соотносят состояние текущей ситуации к одному из типовых известных классов и выбору управления из набора известных альтернатив, которое приводит к достижению поставленной цели управления (целевой ситуации) [26].

Очевидно, что в непредвиденных обстоятельствах такой метод ситуационного управления не работает. В таком ситуационном управлении управление ограничено одним набором существующих стереотипов состояний и другим набором стереотипов допустимых действий. Если ситуация является новой и не входит в эти два набора стереотипов, то такой метод ситуационного управления неприемлем.

На этом примере следует подчеркнуть ошибочное использования термина «ситуационное управление». Речь идет не о ситуационном управлении в любой ситуации, а о стереотипном

управлении, которое использует ограниченный набор информационных ситуаций и ограниченный набор управленческих решений. Если обозначить ситуацию логической переменной A , соответствующее ей решение логической переменной B , то при таком ситуационном управлении реализуется механизм

«Если A то B »

Алгоритм такого управленческого процесса, как правило, использует метод перебора и не применяет логические правила. По существу, такое управление является нормативным.

Информационная ситуация как поддержка управления.

Модели информационной ситуации [11] на транспорте позволяют выявлять резервы развития сферы транспортных услуг, повышения качества транспортной работы и прогнозирования будущего транспорта. Модели информационной ситуации [11] на транспорте используют пространственную информацию и в силу этого связаны с геосервисом [27] и бизнес геодезией [28]. Для подчеркивания различия между теоретическим и практическим ситуационным управлением целесообразно введение понятия информационное ситуационное моделирование. Информационное ситуационное моделирование в сфере транспорта не является переносом методов информатики и ситуационного моделирования. Оно требует новой организации информационных и интеллектуальных ресурсов и применения новых технологических и алгоритмических решений.

На практике независимо от работ Поспелова развивались различные виды ситуационного управления, из которых следует отметить информационное управление [29-32] и ситуационный менеджмент [33-35]. Можно выделить три типа управленческих моделей: стационарные, динамические и комбинированные. При управлении подвижными объектами [36] применяют комбинированные управленческие модели. Модель информационной ситуации может быть стационарной, когда описывает среду, в которой движется объект. Модель информационной ситуации может быть динамической, когда описывает подвижный объект. Модель информационной ситуации может быть комбинированной, когда описывает подвижный объект и окружающую среду.

Информационная ситуация может быть оценена как сложная или простая. Сложность может быть дана абсолютной или сравнительной оценкой. В силу многообразия информационных ситуаций на транспорте трудно найти абсолютные характеристики сложности для всех ситуаций. Одна информационная ситуация имеет один набор ключевых показателей, другая другой, третья может включать и те, и другие. Поэтому сложность для информационной ситуации является сравнительной интегральной характеристикой между разными информационными ситуациями. Таким образом, при управлении транспортом необходимо выделять два вида моделей: информационная модель объекта и информационная модель ситуации.

Информационная модель объекта [12, 37] определяется, как и у Поспелова, в виде совокупности параметров, связей и отношений. В модель включаются существенные связи и отношения, а несущественные исключаются. Это общее свойство любых моделей - информационных и не информационных. Используя системное описание [27] можно представить информационную модель объекта ИМО в виде кортежа:

$$\text{ИМО} = F1(Pco, Cint, Cex, Rint, Rex, Int1, Int2, SO) \quad (6)$$

В выражении (6) Cex – внешние связи объекта с другими объектами и со средой, Pco – ключевые параметры объекта, $Cint$ – внутренние связи между частями объекта, Rex – внешние информационные отношения, $Rint$ – внутренние информационные отношения между частями объекта, $Int1$ – информационные взаимодействия объекта с другими объектами и со средой, $Int2$ – информационные воздействия на объект, SO – системность объекта. Объект, который описывает информационная модель, может быть закрытым или открытым. Для закрытого объекта в выражении (6) параметры выделены полужирным. Объект может быть частью другого объекта как подсистема более сложной системы. Объект можно рассматривать как самостоятельную систему, обладающую целостностью и системностью. В последнем случае появляется свойство системности объекта SO .

Основное различие между информационной моделью объекта и моделью информационной ситуации – масштаб действия [28]. Информационный объект включает меньшее число параметров, а в пространстве может быть не локализован.

Информационная ситуация (ИС) – это информационная модель, включающая совокупность ключевых параметров, связей и отношений для объектов и между объектами в данной ситуации. Модель ситуации может быть безобъектной и объектной. В первом случае она описывает только микросреду, в которой объект управления может находиться или находится. В такой модели исключены связи между объектом и микросредой. Во втором случае она включает объект и микросреду, и отношения и связи между ними.

Информационная ситуация имеет больший масштаб, чем модель объекта, поскольку она является микроокружением объекта, а также частью внешней среды.

Информационная ситуация более разнообразна, чем ИМО. У нее предметная ориентация. Например, информационная ситуация взаимодействия объектов, информационная ситуация движения объекта, информационная ситуация состояния объекта. Используя системное описание [38] можно также описать модель информационной транспортной ситуации (ИТСит) в виде:

$$\text{ИТСит} = F2(\text{ИМО}_i, Ps(Pco_i), Co, Ros, IntS), \quad (7)$$

В выражении (7) Ps – параметры ситуации, которые включают некоторые ключевые параметры моделей объектов (Pco_i), ИМО_i , – (выражение 1) информационные модели объектов ($i=1\dots n$), находящихся в данной ситуации, Ros – отношения между объектами, Co – связи между объектами, $IntS$ – информационные взаимодействия в ситуации между объектами. Если ИТСит описывает структуру пути, то она включает еще топологическую модель пути. Это качественное отличие информационной транспортной ситуации от многих моделей информационной ситуации. Количественно в выражение (7) входит значительно больше величин, чем в выражение (6).

Логическая информационная ситуация

Логические информационные ситуации служат основой анализа и действий в реальных ситуациях. Логические информационные ситуации содержат параметры, свойственные обычной информационной ситуации. Но отличие состоит в том, что эти параметры связаны между собой с помощью логических операторов и логических отношений [7]. Логические информационные ситуации включают логические связки, логические информационные единицы [39], логические переменные, логические высказывания, логические формулы, логические функции.

Одной из моделей информационной ситуации, которая служит основой построения информационной логической ситуации, является топологическая модель (рис.1). На рис.1 приведена простая схема движения на одностороннем участке пути по Ярославскому направлению Москва–Фрязево в районе платформы «Детская»

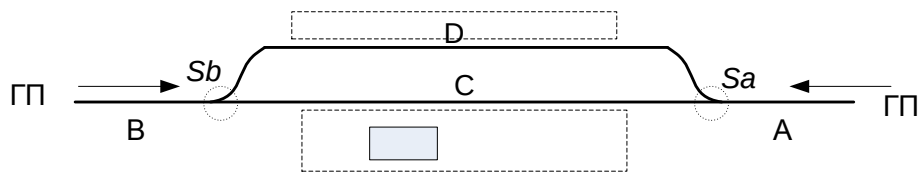


Рисунок 1. Логическая информационная ситуация

На рис.1 выделены стрелки S_b , S_a , главный путь (ГП), обездной путь. На рис.1 показаны ключевые участки пути A , C , B – главный путь и D – обездной путь. Логическая информационная ситуация на рис.1 характеризуется следующими ключевыми параметрами и их логическими значениями.

- Логические переменные нахождения поезда на участке $A=1$, $B=1$, $C=1$, $D=1$ – поезд находится на данном участке пути. Альтернатива $A=0$, $B=0$, $C=0$, $D=0$ – поезда на данном участке пути нет.

- Сигналы от датчиков автоматических стрелок s_b и s_a . Логические значения $s_b=1$ и $s_a=1$ – стрелки прямо. Значения $s_b=0$ и $s_a=0$ – стрелки повернуты от главного пути.

- Сигнал управления $k=1$ движение разрешено, $k=0$ движение запрещено.

- Сигнал аварийной остановки $w=1$ – аварийная остановка, $w=0$ – нет остановки.

- Сигналы от датчиков платформ $c=1$, $d=1$ – платформы свободны, $c=0$, $d=0$ – платформы заняты.

- Сигналы от датчиков участков пути $a=1$, $b=1$ – участки пути свободны, $a=0$, $b=0$ – участки пути заняты.

- Сигнал h – все двери поезда закрыты ($h=1$).

- Сигналы $h_c=1$, $h_d=1$ – все двери на платформах зарыты. Последние операторы подразумевают синхронизацию движения и выхода пассажиров к поезду. До прибытия поезда – двери зарыты. Также эта опция включается при прохождении скоростного поезда мимо платформы без остановки.

Используем логические связки. Логические связки есть операторы простых логических операций в пропозициональной логике. В ней применяют следующие основные логические связки: отрицание, конъюнкция, дизъюнкция, импликация, эквиваленция, неравнозначность. Логические связки используют для вычисления логических значений сложных высказываний по логическим значениям составляющих его простых высказываний. С помощью логических связок и ключевых показателей логической информационной ситуации создают логические формулы. Для построения логических формул используют следующие правила.

1. Всякая пропозициональная переменная есть формула.
2. Если A — формула, то ее отрицание $\neg A$ является формулой.
3. Если A и B — формулы, то выражения из них составленные с помощью логических связок $(A \& B)$, $(A \vee B)$, $(A \rightarrow B)$, $(A \sim B)$, $(A \oplus B)$, а также комбинации из них также являются

формулами.

Простые выражения, составленные с помощью логических связок $(A \& B)$, $(A \vee B)$, $(A \rightarrow B)$, $(A \sim B)$, $(A \oplus B)$ называют логическими единицами. Это простейшие формулы. Логические единицы создают базис анализа информационной ситуации. Иерархия логических операций следующая

1. $()$
2. $\neg$,
3. $\&$, $|$, $\downarrow$
4. $\vee$,
5. $\oplus$, $\sim$

Используя условия конкретной логической информационной ситуации, представленной на рис.1 получаем логическую формулу вида для движения к перрону в сторону Москвы (слева направо) с участка В на участок С.

$$B \rightarrow \bar{C}$$

$$F1 = (\bar{w} k h)(B h c s b c) \wedge (\bar{C} \bar{s} a) \quad (8)$$

Получаем логическую формулу вида для движения к перрону в сторону Москвы (слева направо) с участка С.

$$C \rightarrow \bar{A}$$

$$F2 = (\bar{w} k h)(C h c s a) \wedge \bar{A} \quad (9)$$

Получаем логическую формулу вида для движения к перрону в сторону Москвы (слева направо) с участка А.

$$A \rightarrow \bar{D}$$

$$F3 = (\bar{w} k h)(A h d \bar{s} a d) \vee (\bar{D} \bar{s} b) \quad (10)$$

Получаем логическую формулу вида для движения к перрону в сторону Москвы (слева направо) с участка D.

$$D \rightarrow \bar{B}$$

$$F4 = \bar{w} k h((D h d \bar{s} b) c \vee \bar{B}) \quad (11)$$

В круглых скобках выражений (8-11) объединены ситуационно связанные параметры как блоки конъюнкций, что допускается правилами математической логики. Используя методы упрощения математической логики, в частности таблицу истинности) можно вывести свойство данных логических функций

$$F1 \wedge F3 = 1$$

$$F2 \wedge F4 = 1$$

Это означает, что выражения допускают совместное выполнение и не влияют друг на друга. Это означает возможность синхронного движения

$$B \rightarrow \bar{C} \text{ и } A \rightarrow \bar{D}$$

а также

$$C \rightarrow \bar{A} \text{ и } D \rightarrow \bar{B}$$

Таким образом логическая информационная ситуация задает систему правил, которая может быть реализована в виде алгоритма или помещена в базу знаний. В первом случае применяют автоматизированную систему управления транспортом. Во втором применяют интеллектуальную систему.

Заключение.

Особенностью многих методов управления на транспорте и в региональном управлении в том, что они не используют модель информационной ситуации, хотя фактически эту модель используют. Понятие информационной ситуации является развитием идей системного подхода, поскольку модель информационной ситуации может быть рассмотрена как система и иметь системное описание. Особенность ситуационного управления на транспорте в том, что объектами управления являются не только дискретные подвижные объекты, но и непрерывные грузопотоки. Для непрерывных моделей потоков также существуют информационные ситуации, но значительно более сложные, чем для дискретных объектов. Информационное управление на транспорте имеет ряд особенностей:

- применение геопространственных технологий для управления транспортом;
- применение ситуационного моделирования для управления транспортом;
- применение методов геоинформатики для анализа и управления транспортными объектами;
- применение интеллектуальных технологий для управления транспортом.

Управление транспортом требует высокой оперативности управления, включающей анализ ситуации, в которой находится объект управления. Это уже приводит к необходимости использования модели логической информационной ситуации. Модель логической информационной ситуации является новой моделью ситуационного управления. Модель логической информационной ситуации является связующим мостом между автоматизированными методами управления и интеллектуальными методами управления. Она снижает информационную нагрузку на человека и позволяет повысить качество управления, соответственно повысить безопасность управления при принятии решений. Модель логической информационной ситуации позволяет систематизировать управленческие ситуации и переходить от автоматизированного управления к интеллектуальному управлению, которое позволяет решать сложные задачи.

Список литературы

1. Цветков В.Я., Розенберг И.Н. Интеллектуальные транспортные системы - LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany, 2012. - 297 с. ISBN: 978-3-659-15742-4
2. Щенников А.Н. Интеллектуальные транспортные системы как специализированные системы // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.45-53.
3. Чехарин Е.Е. Большие данные: большие проблемы // Перспективы науки и образования. - 2016. - №3. - с.7-11.
4. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Информационные процессы в пространстве «больших данных» // Мир транспорта. - 2017. – Т.15, №6(73). – с.20-30.
5. Данилов К.В., Капустин Н.И. Технологии Big Data в железнодорожной отрасли инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.25-33
6. Лёвин Б. А., Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Развитие интеллектуального управления на транспорте // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 2(6). – с.3-15.
7. Розенберг И.Н., Козлов А.В. Логический анализ схем управления // Славянский форум. - 2018. – 2(20). - с.83-89

8. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), № 12-1, p.2166- 2170.
9. Лотоцкий В.Л. Информационная ситуация и информационная конструкция // Славянский форум. - 2017. -2(16). – с.39-44.
10. Tsvetkov V. Ya. Dichotomic Assessment of Information Situations and Information Superiority // European Researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp. 1901-1909. DOI: 10.13187/er.2014.86.1901
11. Ожерельева Т.А. Информационная ситуация как инструмент управления // Славянский форум, 2016. -4(14). – с.176-181.
12. Охотников А. Л. Информационные модели при управлении транспортом // Наука и технологии железных дорог. - 2017. -2(2). – с.60-75.
13. Павловский А.А., Охотников А. Л. Информационная транспортная ситуация // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 2(6). – с.16-24.
14. Поспелов Д.А. Принципы ситуационного управления. -Известия РАН СССР, Техническая кибернетика. -1971.-№2 .-С. 10-17.
15. Щенников А.Е. Модели прямых алгоритмов // Славянский форум. - 2017. -4(18). – с.103-109.
16. V.Ya. Tsvetkov. Incremental Solution of the Second Kind Problem on the Example of Living System, Biosciences biotechnology research Asia, November 2014. Vol. 11(Spl. Edn.), p. 177-180. doi: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1458>.
17. Цветков В. Я., Охотников А.Л., Информационная управленческая ситуация на транспорте // Государственный советник. – 2018. -№2. – с.27-33
18. Detlovs V., Podnieks K. Introduction to Mathematical Logic University of Latvia. – 2011. (Edition 2014), 2014. - 238p.
19. Hermes H. Introduction to mathematical logic. – Springer Science & Business Media, 2013.
20. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. -М.: Энергия, 1981. –231 с.
21. Цветков В.Я. Развитие технологий управления // Государственный советник. – 2015. №4. – с. 5–10.
22. Дзюба Ю.В. Управление транспортом на основе метода прецедентов // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 3(7). – с.71-80.
23. Цветков В. Я., Дзюба Ю. В. Стереотипное управление // Государственный советник. – 2018. -№2. – с.34-38.
24. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. –М.: Энергия. -1974.-134 с.
25. Поспелов Д.А. Большие системы. Ситуационное управление. –М.: Знание, 1975. -62 с.
26. Васильев В.И. Интеллектуальные системы защиты информации - М.: Машиностроение, 2012, - 171 с.
27. Цветков В.Я. Развитие гео-сервиса // Науки о земле. 2017. -№4. – с 31-42
28. Ознамец В.В., Цветков В.Я. Бизнес геодезия: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 112с. ISBN 978-5-317-05825-8
29. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Прикладные модели информационного управления. М.: ИПУ РАН, 2004. – 129 с.
30. Цветков В. Я. Информационное управление. -LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co //KG, Saarbrücken, Germany. – 2012. – №. 201с.

31. Охотников А.Л. Информационное ситуационное управление на транспорте. Saarbrücken. : Palmarium Academic Publishing, 2018. –143 с. ISBN 978-613-9-82104-4.
32. Замышляев А.М. Информационное управление в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.11-24
33. Carlisle H. M. Situational management: a contingency approach to leadership. – Amacom, 1973.
34. Chapman S. L., Jeffrey D. B. Situational management, standard setting, and self-reward in a behavior modification weight loss program //Journal of consulting and clinical psychology. – 1978. – V. 46. – №. 6. – p. 1588.
35. Mayer J. H., Winter R., Mohr T. Situational management support systems //Business & Information Systems Engineering. – 2012. – V. 4. – №. 6. – p. 331-345.
36. Дзюба Ю. В., Охотников А. Л. Мобильное управление подвижными объектами // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.16-25.
37. Цветков В. Я. Информационные модели объектов, процессов и ситуаций // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2014. – № 5. – С. 4–11
38. Цветков В.Я. Теория систем: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 88 с. ISBN 978-5-317-05718-3
39. Ожерельева Т.А. Логические информационные единицы // Славянский форум, 2015. - 2(8) - с.240-249

УДК: 656.078.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКА В ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЕ

- Дзуба Ю.В.** Руководитель Центра стратегического анализа и развития, АО «НИИАС», E-mail: u.dzuba@vniias.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** В статье анализируются методы оценки рисков в транспортной сфере. Приводится систематизация определений риска. Раскрывается различие между рисками первого и второго типа. Показано различие между рисковым событием и рисковей ситуацией. Вводится новое понятие рисковая информационная ситуация. Показано что для оценки рисков на транспорте необходимо использовать пространственную информацию.
- Ключевые слова:** транспорт, риск, информационный риск, событие, ситуация, информационная ситуация, рисковая ситуация.

INFORMATION AND GEO-INFORMATION METHODS OF RISK ASSESSMENT IN THE TRANSPORT SECTOR

- Dzuba Yu.V.** Head of Strategic analysis and development center, JSC "NIIAS", E-mail: u.dzuba@vniias.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** The article analyzes methods of risk assessment in the transport sector. The article provides a systematization of the definitions of risk. The difference between the risks of the first and second types is shown. The article describes the difference between a risky event and a risk situation. The article introduces a new concept of a risky information situation. The article proves that for the assessment of transport risks it is necessary to use spatial information.
- Keywords:** transport, risk, information risk, event, situation, information situation, risk situation.

Введение.

В любом виде деятельности невозможно защититься от рисков, если отсутствуют модели оценки рисков или эти модели являются неадекватными. Среди множества рисков выделяют информационные риски [1, 2], связанные с информированием и с качеством информации. Поэтому обязательным условием стратегии информационной безопасности является подготовка методов оценки информационных и «неинформационных» рисков, чтобы организация могла оценить реальные риски, с которыми она сталкивается. Это позволяет организовывать информационную безопасность наиболее логичным, эффективным и экономичным способом. В сфере транспорта существует широкий спектр объектов, подлежащих защите. Это многообразие целесообразно обозначить термином «активы», который часто употребляют в сфере информационной безопасности. Можно обозначить термином «активы» сущности, которые представляют ценность и должны быть защищены. Материальные и информационные

активы, подлежащие защите, различают по степени важности, а оценка информационного риска предназначена для учета и отражения угроз. Чаще всего активы, подлежащие защите, оценивают по трем критериям: конфиденциальность (Confidentiality), целостность (Integrity), доступность (Availability) [3]. Целостность информации должна оставаться такой, чтобы поддерживать ключевые функции организации, такие как данные управления и перевозки, информация о здоровье пассажиров, информация о безопасности для конкретных задач. Чем выше целостность, тем ниже риски. Доступность информации должна оставаться такой, чтобы минимизировать влияние сотрудников. Чем выше доступность, тем выше риски.

Материалы и методы. В основу исследования положен системный подход, методы сравнительного анализа, элементы моделирования, структурного анализа и проектирования.

Об отношении понятий рисковое событие и рисковая ситуация.

Необходимо отметить, что существует два типа риска. Первый тип риска связан с сознательными действиями для получения премии за риск [4]. Этот риск может приносить выигрыш, то есть создавать положительный эффект. Например, риск покупки лотерейного билета или венчурные инвестиции. Такой риск необходим для прогресса [5]. Второй тип риска связан с нежелательными последствиями воздействия внешней среды или третьих лиц на объект управления. Этот риск приносит только негативные последствия. Большинство методик исследования риска связаны с исследованием риска второго типа.

С риском связаны понятия «событие» и «рисковое событие» (ГОСТ Р 55980-2014), а также понятие ситуация. Событием называют то, что произошло, случилось, значительное явление, факт. Событием обозначают то, что имеет место, происходит в произвольной точке пространства-времени; значительное явление или иная деятельность как факт общественной или личной жизни; связанное множество исходов эксперимента. События могут быть в любой области, включая область управления рисками. События, которые обуславливают появление риска или возможность риска, называют рисковыми событиями.

Наименования событий, приводящих к потерям, создает перечень простых факторов риска. Частота возникновения рисковых событий служит основой качественной и количественной оценки риска.

Ситуацией называют неповторимость возникновения множества событий, стечения всех жизненных обстоятельств и положений, открывающихся восприятие и деятельность человека, а также поведение объектов. Ситуацией называют также совокупность условий и обстоятельств, создающих те или иные отношения; обстановку, положение и позицию.

Из этих интерпретаций следует, что ситуация является более общим понятием и соответственно более общей моделью по отношению к событию. Ситуация включает событие. Ситуация, как и событие, может описывать риск и возможность его появления. Это дает основание ввести понятие рисковая ситуация. Рисковая ситуация – это такая ситуация, которая обуславливают появление риска или возможность возникновения риска.

Наименования ситуаций, приводящих к потерям, создает перечень сложных факторов риска. То есть ситуация и событие дополняют друг друга.

Информационные и геоинформационные оценки рисков

Понимание риска и применение методологии оценки рисков важно для того, чтобы эффективно создавать системы информационной безопасности и системы управления рисками. Показательно, что ГОСТ Р 55980-2014 в разделе термины и определения не дает определение риска. Поэтому попытаемся сформулировать несколько парадигм определений для риска

второго типа.

Риск – возможность причинить вред или потерю; опасное событие [6].

Риск – попытка измерить и компенсировать известные и неизвестные факторы, которые влияют на достижение целей [5].

Риск – это мера нежелательного воздействия.

Риск – это вероятностная характеристика нежелательного воздействия.

Риск – это событие, которое влечет ущерб или негативную ситуацию.

Википедия дает набор трактовок понятия риск [7]:

Риск – характеристика ситуации, имеющей неопределённость исхода, при обязательном наличии неблагоприятных последствий.

Риск в узком смысле — количественная оценка опасностей, определяется как частота одного события при наступлении другого.

Риск – это неопределённое событие или условие, которое в случае возникновения имеет позитивное или негативное воздействие на репутацию компании, приводит к приобретениям или потерям в денежном выражении.

Риск – это вероятность возможной нежелательной потери чего-либо при плохом стечении обстоятельств.

Риск – это вероятность выхода опасного фактора из под контроля и серьёзность последствий, выражаемая степенью проявления.

Одной из основ оценки рисков в сфере транспорта служит ГОСТ Р 55980-2014 «Управление рисками на железнодорожном транспорте. Классификация опасных событий». В разделе 3. «Классификация опасных событий на железнодорожном транспорте» утверждается, что для описания опасного события необходимо ответить на следующие ключевые вопросы: 1. что и когда произошло?; 2. где произошло?; 3. какие объекты участвовали?

Если сравнить эти вопросы с описанием геоданных, то выясняется тождественность структуры геоданных ответам на эти вопросы. Геоданные [8, 9] включают три компонента: «время» (частичный ответ на первый вопрос), «место» (полный ответ на второй вопрос), «тема» (ответ на первый и третий вопросы). Таким образом, использование геоданных позволяет решать задачи первичной классификации рисков. Следовательно, методы геоинформатики можно использовать для оценки рисков и рискованных ситуаций. Это дает основание ввести понятие геоинформационная оценка рисков. Геоинформационная оценка рисков предполагает оценивание рисков по модели, включающей связанные компоненты «место», «время», «тема». ГОСТ Р 55980-2014 для ответа на ключевые вопросы дает набор стереотипных подсказок. Анализ понятия риск дает основание ввести интерпретацию риска через понятие ситуация.

Риск – это информационная ситуация, которая влечет ущерб или негативные последствия.

Риск – это геоинформационная ситуация, которая влечет ущерб или негативные последствия.

Последние два определения показывают связь информационных и геоинформационных методов оценки рисков. Причем геоинформационное определение полностью соответствует ГОСТ Р 55980-2014. Информационный и геоинформационный подходы требуют оценки ситуации, в которой возможен или существует риск. Они приводят к необходимости применения модели информационной ситуации. Геоинформационная ситуация – это информационная модель пространственной ситуации, описанная с помощью геоданных и в терминах геоинформатики. Можно ввести термин «рисковая информационная ситуация», обобщающий информационную [10] и геоинформационную ситуации [11]. В терминах

информационного [12] и геоинформационного подходов [13, 14]. Рисксовая информационная ситуация – это информационная модель, содержащая параметры, позволяющие проводить оценку риска или вероятность его появления для данной реальной ситуации.

Качественное и количественное измерение риска.

Существует два основных способа, с помощью которых измеряется риск: количественный и качественный.

Количественный метод оценки риска – это процесс измерения риска с использованием количественных мер, формул и нормативных документов, содержащих оценки. При такой оценке риска можно сравнивать количественные оценки, полученные по разным методикам, но в единой системе оценок. При такой оценке риск оценивается независимо для разных ситуаций и событий.

Экономически количественный риск может выражаться как годовой ожидаемый ущерб (ГОУ), который может быть определен по следующей формуле [5]:

$$\text{ГОУ} = \text{ЗА} \times \text{ФВ} \times \text{ЧВ}, \quad (1)$$

В выражении (1) ЗА – *Значение актива* обозначает общую стоимость актива. ФВ – *Фактор воздействия* количественно обозначает процент от стоимости актива при разовом воздействии. При количественной оценке актив может быть оценен как абсолютная стоимость в денежных или натуральных единицах. ЧВ – *Частота воздействия* характеризует повторяемость воздействия в течении года или иного периода выбранного за базу для расчета.

Нормативные документы для количественной оценки рисков составляют на основе статистики инцидентов.

Качественный метод оценки риска – это процесс измерения риска с использованием сравнительных методов, например теории иерархий или теории предпочтений. При такой оценке риска сравнивают две или более рисковые ситуации. При такой оценке риск оценивается зависимо для заданной совокупности ситуаций и событий. Если совокупность ситуаций меняется, то риск требуется оценить заново для каждой новой совокупности рисковых ситуаций.

При качественной сравнительной оценке используют параметры сравнения, например: активы, уязвимости и угрозы. Различие состоит в том, что при качественной оценке актив может быть оценен как относительная стоимость двух или нескольких объектов.

Уязвимость – это то, что может быть использовано для получения доступа или отказа в доступе к активу. Уязвимость – это, как правило, отсутствие защиты или использование того, что может быть средством для получения доступа к активу.

Средства контроля и средства защиты уменьшают уязвимость. Элементы управления также влияют на риск, поскольку они также имеют уязвимости. Для сильных элементов управления, уязвимости мало. Элемент управления может уменьшить или устранить одну уязвимость, но создать другую.

Угрозой является то, что может использовать уязвимость для получения, изменения или отказа доступ к активу. Примеры угроз включают хакеров, чрезвычайные ситуации, плохие технологические процедуры, человеческие ошибки, террористов и т. д. Угрозы связаны с уязвимостями и для каждой уязвимости могут быть множественные угрозы. Кроме того, угрозы можно разбить на категории (ГОСТ Р 55980-2014). Довольно части такое разбиение делают по

оппозиционному признаку: угрозы «человеческие / нечеловеческие», угрозы «преднамеренные / непреднамеренные», угрозы «внутренние / внешние», угроза «квалифицированная / не квалифицированная».

Угрозой является потенциальное воздействие. Например, вирус является нечеловеческим, преднамеренным (он разработан с определенной цели), может быть квалифицированной или неквалифицированной угрозой в зависимости от квалификации разработчика вируса и обычно является внешней угрозой. Недовольные сотрудники также представляют собой угрозу – человеческая угроза, преднамеренная, квалифицированная и внутренняя.

Для качественной оценки риска используют следующее выражение в относительных величинах [5]

$$\text{Относительный риск} = \text{ОЗА} \times \text{Уз} \times \text{Уг}. \quad (2)$$

В выражении (2) ОЗА – относительное значение актива, Уз – уязвимости, Уг – угрозы.

Для сравнительной оценки параметров, входящих в (2) используют параметры, которые широко применяют в теории нечетких множеств [15], например: высокий, средний, низкий, или очень большой, большой, средний, малый, очень малый.

Например, информационная ситуация характеризуется такими параметрами:

$$\text{ОЗА (очень низкое)} \times \text{Уз (высокая)} \times \text{Уг (высокая)} = \text{низкий риск}, \quad (3)$$

или

$$\text{ОЗА (высокое)} \times \text{Уз (средняя)} \times \text{Уг (высокая)} = \text{высокий риск}. \quad (4)$$

Для стереотипных ситуаций по опыту работ может быть составлена таблица, аналогичная выражениям (3), (4). Такие таблицы называют таблицами рисков или матрицами рисков [5].

Методики оценки рисков

Существуют стандартизованные методологии оценки рисков, доступных для пользователей, например: COBRA, OCTAVE, FRAP, SPRINT, SARA, FIRM. Некоторые из них являются общедоступными (например, OCTAVE), в то время как другие ограничены участниками корпорации, которые сотрудничают в их создании и обновлении (например, SPRINT).

COBRA – это консультативная, объективная и двухфункциональная методика анализа рисков [16]. Она была создана в 1991 году компанией C & A Systems Security Ltd. (Великобритания). COBRA была разработана для предоставления организациям средств для проведения самооценки их позиция в области безопасности, которая включает в себя оценки рисков, без необходимости использования внешних консультантов. Она предназначена для внутренней оценки рисков, чтобы помочь предприятиям рассматривать безопасность как деловую проблему, а не как техническую проблему. Она направлена на расчет использования ограниченных ресурсов для оптимизации безопасности.

COBRA следует руководящим принципам, изложенным в ИСО 17799, и представляет собой программу, которая состоит из двух основных блоков: «консультант риска» и «соответствие требованиям ISO». Оба приложения настраиваются под параметры предприятия и используют базы экспертных знаний. Пользователь может создавать опросные листы на основе шаблонов, а затем использовать вопросник для создания набора ответов. Ответы могут быть изменены на более позднем этапе, чтобы рассмотреть влияние изменений. COBRA может создавать отчеты, которые анализируют и обобщают данные, и представить на этой основе рекомендации.

Приложение «Консультант риска» содержит стандартные вопросы для сбора параметров по уязвимости, угрозам, и элементам управления, которые существуют в организации. Эти ответы обеспечивают анализ рисков, включая развитие сценариев и рекомендации для принятия мер [6]. Приложение «Соответствие ISO» поставляется со стандартными вопросами, которые оценивают основные категории, указанные в ISO 17799. Как и в случае с консультантом по вопросам риска, он может предоставить оценку соблюдения организаций стандартов и предложить шаги для принятия мер по организации защиты [17].

OCTAVE представляет собой средство для оценки угрозы, активов и уязвимостей [18]. Система была создана в Институте программного обеспечения (SEI) в Университете Карнеги-Меллона. OCTAVE включает набор критериев, которые могут быть использованы в качестве основы методологии. Критерии указывают, что квалифицированная команда аналитиков, состоящая из людей внутри организации, должна собирать данные по организации, анализировать результаты и действовать по приведенным примерам. Этому процессу способствует использование подсистемы «Каталог Практик», который является аналогом базы с экспертными знаниями COBRA. Технологический процесс оценки рисков включает следующие этапы:

Этап 1 – создание профилей угроз на основе активов.

На этом этапе группа анализа использует знания сотрудников организации для идентификации активов, уязвимостей, угроз и организации текущего контроля рисков.

Этап 2 – определение уязвимостей инфраструктуры.

На этом этапе группа анализа расширяет результаты этапа 1, анализируя связанную с ней ключевую инфраструктуру с идентифицированными ресурсами и поиском уязвимостей.

Этап 3 – разработка стратегии и планов безопасности.

На этом этапе оцениваются риски, связанные с активами, и формируется план действий

Как и во всех методологиях оценки рисков, OCTAVE – это всего лишь одна часть более высокой стратегии безопасности. Таким образом, хотя система и может быть использована для разработки общего плана действий, реализация этого плана и последующие практические шаги не входят в его сферу действия [19].

Заключение.

Оценка риска и риска – ключевой элемент любой стратегии безопасности. Информационные методы оценки рисков являются новым, развивающимся полем информационной безопасности и информационных систем. Анализ показывает целесообразность введения понятий рискованная ситуация и рискованная информационная ситуация. Анализ показывает целесообразность введения качественной оценки рисков в дополнение к количественной оценке. Исследования показывают целесообразность применения геоинформационных методов для оценки рисков на транспорте, так как геоданные содержат информацию о времени, месте и объекте, что является ответом на ключевые вопросы ГОСТ Р 55980-2014 «Управление рисками на железнодорожном транспорте. Классификация опасных событий». Геоинформационный метод оценки рисков позволяет использовать результаты геоинформационного мониторинга [20, 21] для повышения качества оценки риска в пространстве. Расширение методов оценки рисков приводит к более точной и объективной оценке вероятности возникновения рисков и возможности их устранения. Информационные и геоинформационные методы оценки рисков помогают обеспечить безопасность и согласуются с целями транспортных организаций.

Список литературы

1. Вихров Н. М. и др. Анализ информационных рисков // Морской вестник. – 2015. – №. 3. – С. 81-85.
2. Tsvetkov V. Ya. Information Asymmetry as a Risk Factor // European researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp. 1937-1943.
3. <https://www.getsafeonline.org/information-security/information-risk-assessments/> Дата просмотра 12. 04.2018.
4. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. – М. : Дело, 2002.
5. <http://www.giac.org/registration/gsec> Дата просмотра 12. 04.2018.
6. Features”. C & A Systems Security. URL: <http://www.riskworld.net/advantages.htm/> Дата просмотра 12. 04.2018.
7. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Риск/> Дата просмотра 12. 04.2018.
8. Омельченко А. С. Геоданные как инновационный ресурс // Качество, инновации, образование. - 2006. - №1. - с.12- 14/
9. V. P. Savinykh and V. Ya. Tsvetkov. Geodata As a Systemic Information Resource. Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014, Vol. 84, No. 5, pp. 365–368. DOI: 10.1134/S1019331614050049.
10. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), 12-1, p.2166- 2170.
11. Шайтура С.В. Информационная ситуация в геоинформатике// Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №5 (17). – с.103-108.
12. Коваленко Н.И. Информационный подход при построении картины мира // Перспективы науки и образования. - 2015. - №6. - с.7-11/
13. Rozenberg I.N., Tsvetkov V.Ya. The Geoinformation approach // European Journal of Natural History. – 2009. – №5. – p.102 -103
14. Майоров А.А., Матерухин А.В. Геоинформационный подход к задаче разработки инструментальных средств массовой оценки недвижимости // Геодезия и аэрофотосъемка - 2011.- №5. - с. 92-98
15. Розенберг И.Н., Старостина Т.А. Решение задач размещения с нечеткими данными с использованием геоинформационных систем. - М. Научный мир, 2006. - 208с.
16. <http://www.riskworld.net/> Дата просмотра 12. 04.2018.
17. “ISO 17799”. C & A Systems Security. URL: <http://www.riskworld.net/7799.htm> Дата просмотра 12. 04.2018.
18. <http://www.cert.org/octave/omig.html> Дата просмотра 12. 04.2018.
19. Information Security Risk Evaluation“. Carnegie Mellon SEI. 23, June 2003. URL: <http://www.cert.org/octave/> Дата просмотра 12. 04.2018.
20. Цветков В.Я. Геоинформационный мониторинг //Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2005.- №5. - с.151 -155.
21. Охотников А. Л. Геоинформационный мониторинг транспортных объектов // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 3(3). – с.35-47.

УДК: 656.02; 004.8.

МНОГОЦЕЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТОМ МЕГАПОЛИСА

- Козлов А. В.** Зам. директора Физико-технологического института, Московский технологический университет (МИРЭА), E-mail: av-kozlov@mail.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** В статье исследуется управление транспортными потоками мегаполиса с учетом факторов воздействия внешней среды. Обосновано применение многоцелевого управления в условиях множественности факторов воздействия. Доказано, что мегаполис должен быть рассмотрен как сложная пространственная организационно-техническая система. В статье вводится понятие вектор многих целей и вектор локальных целей, отмечена возможность применения метода «Динамическая транспортная задача с задержками». Описаны правила многоцелевого управления для трех качественных ситуаций. Эти ситуации соответствуют векторному управлению, матричному управлению и многомерному управлению.
- Ключевые слова:** транспорт, управление, мегаполис, сложные системы, многоцелевое управление.

COMBINATORIAL SOLUTION OF THE TRANSPORT PROBLEM

- Kozlov A. V.** Deputy Director of the Physico-Technological Institute, Moscow Technological University (MIREA), E-mail: av-kozlov@mail.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** The author explores the management of traffic in a megacity taking into account environmental factors. The article justifies the use of multipurpose management in the conditions of a multiplicity of factors of influence. The article proves that the metropolis should be considered as a complex spatial organizational and technical system. The article introduces the concept of the vector of many goals and the vector of local goals. The possibility of using the method “Dynamic transport problem with delays” is noted. The rules of multipurpose management for the three qualitative situations are described. These situations correspond to vector control, matrix control and multidimensional control.
- Keywords:** transport, management, metropolis, complex systems, multipurpose management.

Введение. Признанной мировой тенденцией является формирование мегаполисов - городов с населением более одного миллиона человек. Темпы численности городского населения превышают темпы роста населения Земли. Глобализация [1] приводит к быстрому росту крупных городов и формированию мегаполисов. Если в 1950 году один город в мире – Нью-Йорк имел численность населения более 10 млн. чел., то в 1975 году подобных городов стало три, а в 2005 их стало 20. По прогнозу [2] к 2025 году 33 города преодолечат этот рубеж. Кроме

мегаполисов как городов существуют агломерации с высокой плотностью и численностью населения, которые также содержат свойства мегаполисов. В 2008 сформировались крупные 459 агломерации, население которых более одного миллиона человек. В этих агломерациях проживает 2/5 всех горожан и 1/5 населения планеты [3]. Мегаполис требует управления, поэтому должен быть рассмотрен с разных аспектов: организационных, кадастровых, экономических, технических, экологических, информационных. В силу этого управления такого объекта должно быть комплексным [4]. Управление транспортом мегаполиса зависит от многих факторов и является специфическим, что требует специального исследования.

Комплексное управление в мегаполисе.

Комплексное управление обуславливает комплексное использование современных научных форм и методов управления. Эти формы управления включают: методы системного анализа, логики, математики [5], и пространственного управления. Пространственное управление требует использования пространственной информации и, в частности, геоданных [6]. Важную роль в управлении мегаполисом играют методы пространственного ситуационного моделирования и управления [7, 8]. Среди факторов оптимизации управления мегаполисом главным становится аналитический фактор. Например, показано, что математические модели позволяют предсказывать изменения [5], к которым приводят управленческие решения. Технологии математического и логического моделирования выявляют тенденции, оценивают риски и формируют решения, позволяющие направить ход событий к желанной цели.

Важным фактором анализа в управлении является выбор показателей оценки качества управления. Фактором оптимизации управленческих действий являются и критерии качества управления. Эти факторы взаимосвязаны. Показатели сигнализируют о состоянии и текущей ситуации. Критерии, получаемые на основе первичной информации, служат инструментом формирования решений и аргументом воздействия на объект управления.

Мегаполис является примером сложной системы [9]. Для сложных систем показатели являются интегрированными и специализированными [10]. Критерии управления для сложных систем могут быть разными. Среди этих критериев выделяют: скалярные, векторные, матричные и многомерные [11, 12]. Векторные формируются как компоненты вектора в пространстве параметров. Векторные методы используют в многоцелевом управлении [11, 12], которое является характерным для мегаполисов. Увеличение размерности компонент управления приводит к матричной и многомерной модели.

Применение адекватной системы критериев возможно только при точном описании информационных ситуаций, происходящих в мегаполисе. Точное описание возможно при правильном выборе показателей ситуации, которые должны учитывать фактическое состояние ситуации и давать возможность оценки динамики ситуации. Связь «показатели – ситуация – критерии – управление» возможна при правильном выборе комплекса методов исследования, отражающего управляемый объект и процессы в нем и механизмы влияния управленческих воздействий [13]. Мегаполис является сложной системой [14], он обладает системными свойствами и управление мегаполисом должно быть системным. В широком смысле системное управление должно выявлять и учитывать элементы самоорганизации.

Управление транспортом мегаполиса. Транспорт мегаполиса образует интегрированную систему повышенной сложности [15]. При его управлении необходимо использовать пространственную информацию [16, 17] и геоинформатику [18]. При его управлении необходимо использовать интеллектуальные методы [11] и интеллектуальные транспортные системы [19- 21].

Современное управление транспортом, особенно в мегаполисе, основано на развитии и применении систем управления транспортом [22] (Transportation Management System - TMS), интеллектуальных транспортных систем (ИТС) (intelligent transport systems) и интеллектуальных логистических систем (ИЛС) (Intelligent Logistics Systems). Основой для анализа и обработки в таких системах является геоинформация, геоинформационные технологии (ГИТ) и геоинформационные системы. Современное управление транспортом ориентировано на интеллектуальные технологии, и методы искусственного интеллекта интенсивно развиваются в геоинформатике.

Термин «системы управления транспортом» не имеет устойчивой аббревиатуры в русском языке, поэтому для его обозначения будем использовать зарубежное обозначение – TMS. Два других термина распространены в российской литературе, также, как и их аббревиатуры.

Системы управления транспортом имеют аналог, который раньше называли АСУ транспорта. Как правило, такие АСУ имели отраслевое и региональное значение, а также использовались на крупных транспортных предприятиях. На небольших предприятиях регулирующую роль выполнял диспетчер. В настоящее время все диспетчера имеют в качестве инструмента поддержки принятия ГИС или навигационную систему с картографической информацией (специализированную ГИС). Следовательно, все современные системы управления транспортом и диспетчерские службы используют геоинформационные технологии. В настоящее время эти технологии интегрированы со спутниковыми технологиями.

Геоинформационные технологии управления транспортными объектами позволяют по-новому решать известные задачи, связанные с управлением транспортными объектами. К таким задачам относятся, например: геоинформационный мониторинг подвижных объектов, поддержка принятия решений с использованием геоданных; оперативный анализ пространственной информации и др. Геоинформационные технологии управления транспортными объектами позволяют решать новые задачи, связанные с управлением транспортными объектами. К ним относятся: построение и применение динамических цифровых моделей; геоинформационное ситуационное моделирование; создание подсистем поддержки и обеспечения транспортных систем; создание координатной среды для управления; создание логистических карт и пр.

Таким образом, общее управление транспортом с большим участием человека осуществляет TMS. Это человеко-машинная система. При высоком уровне сложности управление передают ИТС. В этой системе доминантой является управление *подвижными объектами* [23, 24]. ИТС используют в основном транспортные предприятия и корпорации.

При решении логистических задач применяют ИЛС. В этой системе доминантой является управление *процессами и потоками*. ИЛС используют не только транспортные предприятия, но все организации заинтересованные в получении и передаче грузов и связанные с цепочками поставок. Кроме различия в объекте управления, между ИЛС и ИТС существует различие по целям. В ИТС управление, как правило, одноцелевое, а в ИЛС управление многоцелевое.

Интеллектуальное управление транспортом в мегаполисе является субсидиарным [25- 27]. Общая стратегия управления является единой для всего мегаполиса. но в силу сложности объекта управления и многоаспектности его задач, оперативное и тактическое управление разделяется по субсидиарному принципу и основано на элементах самоорганизации. что в итоге дает синергетический эффект [9].

Особенность многоцелевого управления.

Управление с текущим выбором цели является сложным видом управления, который часто встречается в реальной практике управления мегаполисом. Характерным примером является изменение ситуации в процессе перевозки грузов, когда возникают пробки, что требует изменения маршрута перевозки. Многоцелевое управление использует множество альтернативных критериев и является многокритериальным, что допускает качественно разные подходы выбора текущей цели.

В мегаполисе практикуется субсидиарное управление. Многоцелевым субсидиарным управлением называют управление, при котором имеется несколько возможных путей достижения цели и допускается самостоятельность объекта управления в выборе пути для достижения цели. Выбор пути для достижения цели осуществляют исходя из оперативной информационной ситуации [28, 29].

Выбор пути для достижения цели, исходя из оперативной ситуации, означает изменение критерия оптимальности доставки в течение перевозки. Изменение критерия оптимальности означает смену приоритетов в первоначальном наборе альтернативных критериев. Тот критерий, который был наиболее важным, теряет свой приоритет и уступает место другому критерию.

В настоящее время задачи оптимального управления транспортными потоками мегаполиса решаются на основе метода под названием «Динамическая транспортная задача с задержками» (ДТЗЗ) [30, 31]. ДТЗЗ впервые была разработана д.т.н., лауреатом государственной премии П.А. Козловым. Данный подход представляет собой развитие задачи линейного программирования в динамической области. Под «динамикой» в этой задаче понимают учет фактора времени при условии решения задачи. Однако сложность решения задачи иногда исключает ее применение в практических условиях. Поэтому предлагаемый в работе подход использует ту же идею, но в более простой линейной форме.

Например, при перевозке груза могут существовать следующие допустимые критерии экстремальности: минимальное расстояние доставки; минимальное время доставки; минимальная стоимость доставки; максимальная прибыль за счет промежуточных операций доставки; минимизация затрат на убытки из-за отсутствия груза; минимизация риска перевозки особо ценного груза; первоочередное обслуживание особо важных клиентов и т.д.

Поясним некоторые критерии. Минимальная стоимость доставки соответствует ситуации в городских условиях, при которой множество факторов, сдерживающих движение замедляют перевозку и повышают затраты на износ и простой транспорта. Критерий минимизация затрат на убытки из-за отсутствия груза соответствует информационной ситуации, когда на одном из складов истекают запасы и возможны убытки из-за отсутствия товаров на складе и не поступлению в торговые точки.

Информационные ситуации, обуславливающие изменение важность критериев экстремальности, являются основой применения многоцелевого управления. Перечисленные критерии не исключают возникновение новых ситуаций, которые требуют многоцелевого управления.

Внешняя среда всегда оказывает воздействия на транспортное средство. Воздействие внешней среды можно разграничить по двум альтернативным критериям: существенное по выбору пути или несущественное по выбору пути.

Существенным по выбору пути называют такое воздействие внешней среды, которое требует изменения маршрута и приводит к изменению локальной цели управления.

Несущественным по выбору пути называют такое воздействие на объект, которое не требует изменения маршрута.

Кроме того, изменение локальной цели может быть обусловлено изменением состояния объекта управления (ИСОУ).

При многоцелевом управлении используют понятия вектором многих целей и вектором локальной цели. Вектор многих целей (ВМЦ) – это фактор (векторный) стратегического управления, компонентами которого являются разные критерии и каждый из них имеет свой приоритет. Вектор локальной цели (ВЛЦ) – это вектор, компонентами которого являются ключевые показатели текущей информационной ситуации. Эти вектора в зависимости от текущей ситуации перемещения могут быть комплементарны или не комплементарны. При этом степень комплементарности может быть различна.

Виды многоцелевого управления. Виды многоцелевого управления включают три группы: векторные, матричные, многомерные.

Векторное многоцелевое управление означает, что существует множество условий выбора цели (C_i) и множество целей (T_i), между которыми существует однозначное соответствие. Такая ситуация означает тому, что каждому компоненту вектора условий (C_i) однозначно соответствует компонента вектора целей (T_i). Вектор целей включает и выбор пути для достижения цели. Эта группа многоцелевого управления описывается с помощью импликации $Pr1$ выбора целей.

$$Pr1: C_i \rightarrow T_i, \quad (1)$$

В выражении (1) оба вектора являются векторами-столбцами, а $i=1, n$; n - число целей. Такой вид управления называют нормативным, поскольку он реализует группу правил «если А то В». В логике это соответствует импликации. Этот вид управления наиболее простой. В предикативной форме векторное управление имеет вид

$$\forall x C(x) \exists Pr1 \{ C(x)_i \rightarrow T(x)_i \}, \quad (2)$$

В этом виде управления цель и путь связаны. В выражении (2) x – означает путь достижения цели.

Матричное многоцелевое управление описывает информационную ситуацию, когда существует три фактора: множество условий выбора пути (C_i) и множество путей (T), множество факторов изменения условий выбора локальных целей (W_k).

Такая ситуация приводит к тому, что вектору условий (C_i) и множеству факторов изменения условий (W_k) соответствует матрица путей достижения целей (T_{ik}). Матрица формируется как результат векторного произведения вектора столбца C_i на вектор строки W_k

$$[T_{ik}] = | C_i > < W_k |, \quad (3)$$

Векторное произведение некоммутативно и перемножение векторов в обратном порядке понижает ранг произведения и приводит к получению скалярной величины, то есть

$$\Phi = < C_i | W_i >, \quad (4)$$

В выражении (3) в левой части стоит матрица. В выражении (4) в левой части стоит скаляр. Матричное многоцелевое управление описывается с помощью другого правила выбора целей *Pr2*.

$$Pr2: (C_i) \wedge (W_k) \rightarrow (T_{ik}), \quad (5).$$

Эта группа правил выбора представляет многопараметрическую матрицу. Примерами многопараметрического многоцелевого управления по нескольким факторам является доставка груза транспортными средствами с учетом многих факторов. В процессе доставки значение этих факторов меняются. То есть, эти факторы в процессе перемещения груза не являются стационарными. Это типичная ситуация для мегаполиса, и такое управление является стереотипным.

Если в параметр изменения условий (W_k) ввести время, то от времени будет зависеть матрица путей достижения целей (T_{ik}). В этом случае от стационарной задачи переходим к нестационарной задаче. Параметр изменения условий (W_k) можно рассматривать как параметр изменения комплементарности и причину перехода к субсидиарному управлению.

При этом критерии выбора пути могут приобретать характер конъюнктивных факторов. Например, при медленном движении транспортного средства и или высокой температуре окружающей среды - возрастает риск перегрева двигателя. Перегрев двигателя может привести к простоям и к дополнительным затратам на ремонт и т.д. Эти факторы также могут привести к изменению локальных целей, включая вынужденную остановку.

Отсюда при перевозке грузов в условиях мегаполиса необходимо учитывать все факторы в комплексе, что возможно только при использовании коррелятивного анализа. Учет коррелятивных факторов, в том числе и латентного характера, позволяет учитывать динамику критериев оптимальности и выбирать правильную локальную цель при изменении оперативной или текущей ситуации. Такая возможность приводит к тому, что компоненты вектора цели, которые, при изменении состояния объекта или изменении внешней среды могут влиять друг на друга и становиться нестационарными.

Рассматривая управление с выбором цели, следует отметить, что управление, согласно правилам *Pr1* требует решения задач первого рода. Управление, согласно правилам *Pr2* требует решения задач первого рода (стационарная ситуация) и второго рода (нестационарная ситуация) [10, 11]. Задачами первого рода или прямыми, называют задачи, алгоритм которых задает один путь решения. Задачами второго рода называют задачи, путь решения которых неизвестен и определяется итеративно.

Развитием матричного многоцелевого управления является многомерное многоцелевое управление. Многомерное многоцелевое управление означает, что существует множество условий выбора пути (C_i) и множество путей (T), множество групп J факторов изменения условий выбора локальных целей (WJ_k). Величина J задает размерность управления. При $J=1$ имеем матричное управление, при $J=2$ имеем куб, при $J>2$ имеем гиперкуб.

Такая ситуация приводит к тому, что вектору условий выбора пути (C_i) и множеству факторов изменения условий выбора локальных целей (W_k) соответствует многомерный куб локальных целей ($T_{ikl(j)}$). Многомерный куб локальных целей или формируется как тензор или является результатом многомерного векторного произведения. Эта группа многоцелевого управления описывается с помощью правил выбора целей *Pr3*.

$$Pr3 \quad (C_i) \wedge (W1_k) \wedge (W2_i) \rightarrow (T_{ikl}), \quad (6)$$

В выражении (6) для простоты приведен пример трехмерного куба. Одно измерение задает C и два измерения задают $W1, W2$.

В результате три группы параметров влияют на управление и изменение локально цели. Внутри каждой группы параметры альтернативные, но в разных группах они дополняют друг друга и увеличивают размерность анализа и принятия решений.

Заключение.

Современные мегаполисы являются пространственными сложными организационно-технической системой, механизмы которых требуют дальнейшего анализа и исследования. Приоритетные направления развития мегаполиса включают тринадцать подсистем [2], среди которых транспорт занимает важнейшее место. Актуальной является проблема выбора показателей развития мегаполиса. Управление мегаполисом требует привлечения системного управления и интеллектуальных методов управления, особенно в сфере управления транспортом. Управление мегаполисом требует применения информационной модели мегаполиса. Эта модель задает стратегические параметры управления, однако из-за сложности ситуации в реальных условиях возникают локальные цели управления как результат отклика на воздействие внешней среды. Реализация локальных целей возможна при совместном использовании прямого и субсидиарного управления. Такое сочетание создает основу для управления транспортом мегаполиса как самоорганизующейся системы.

Список литературы

1. Цветков В.Я. Глобализация и информатизация // Информационные технологии. - 2005. - №2. - с.2-4.
2. Еремеев С. Г. Мегаполис как пространственная структура национальной инновационной системы. / дисс. на соиск. уч. ст. д. э. н. Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (региональная экономика; управление инновациями и инвестиционной деятельностью). - М.: Всероссийская государственная налоговая академия Министерства финансов Российской Федерации, 2009. - 314с.
3. География мирового развития. Вып. 1.- М.: Институт географии РАН. 2009. - 44с
4. Кужелев П.Д. Комплексное управление мегаполисом // Государственный советник. – 2015. - №3. – с14-18.
5. Малинецкий Г. Системный анализ и математическое моделирование развития мегаполиса // Управление мегаполисом. – 2009. – С. 18-29.
6. V. P. Savinykh and V. Ya. Tsvetkov. Geodata As a Systemic Information Resource. Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014, Vol. 84, No. 5, pp. 365–368. DOI: 10.1134/S1019331614050049
7. Розенберг И. Н. Ситуационное управление в сфере транспорта // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №2 (10). – с.42-48.
8. Цветков В. Я. Ситуационное моделирование в геоинформатике // Информационные технологии. – 2014. - №6. – с.64-69.
9. Лебедева М., Сергеев В. Мегаполис как актор мировой политики // Космополис. Зима. – 2004. – Т. 2005. – №. 4. – С. 10
10. Кужелев П.Д. Интеграция данных транспортных потоков мегаполиса // Славянский форум, 2015. - 3(9) - с.153-159

11. Кужелев П.Д. Интеллектуальное многоцелевое управление // Государственный советник. – 2014. - №4. – с65-68
12. Tsvetkov V. Ya. Multipurpose Management// European Journal of Economic Studies 2012, Vol.(2), № 2. - p.140-143.
13. Бутрин А. Критерии управления взаимосвязанными потоковыми процессами //Логистика. – 2001. – №. 4. – С. 29-31.
14. Попов А. И. Мегаполис как объект управления. – М. РАГС, 1998.
15. Глущенко В. М., Сивков К.В. Оценка эффективности управления мегаполисом (методологические вопросы обоснования системы критериев) //Управление мегаполисом. – 2010. – №. 2. - с.43-49
16. Бахарева Н.А. Пространственная информация в региональном и муниципальном управлении // Государственный советник. – 2013. - №4. – с39-42.
17. Розенберг И.Н. Пространственное управление в сфере транспорта // Славянский форум, 2015. - 2(8) - с.268-274
18. Кужелев П.Д. Геоинформационные технологии в управлении транспортом // Перспективы науки и образования- 2014. - №4. – с.157-161
19. Цветков В.Я., Розенберг И.Н. Интеллектуальные транспортные системы – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co.KG, Saarbrücken, Germany 2012 - 297 с. ISBN: 978-3-659-15742-4
20. Коваленко Н.И. Извлечение знаний для интеллектуальных транспортных систем // Перспективы науки и образования- 2014. - №5. – с.45-52.
21. Щенников А.Н. Интеллектуальные транспортные системы как специализированные системы // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.45-53.
22. Hayden S. R., McMullen G. G. Total transportation management system : пат. 7219067 США. – 2007
23. Tsvetkov V. Ya. Information Management of Mobile Object // European Journal of Economic Studies, 2012, Vol.(1), №1. - p.40-44
24. Дзюба Ю. В., Охотников А. Л. Мобильное управление подвижными объектами // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.16-25.
25. Цветков В.Я. Применение принципа субсидиарности в информационной экономике // Финансовый бизнес. -2012. - №6. – с.40-43.
- 26.Сергеева О.Ю. Кибер-физические системы как технологии субсидиарного управления // Nanotechnologies in Construction . 2018, Vol. 10 Issue 3, p94-106.
27. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Критерии выбора субсидиарного управления // Государственный советник. – 2017. - №1. – с.10-15
28. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), 12-1, p.2166- 2170.
29. Ожерельева Т.А. Информационная ситуация как инструмент управления // Славянский форум, 2016. -4(14). – с.176-181
30. Блюмин С. Л., Козлов П. А., Миловидов С. П. Динамическая транспортная задача с задержками //Автоматика и телемеханика. – 1984. – №. 5. – С. 158-161.
31. Миловидов С. П., Козлов П. А. Динамическая транспортная задача с задержками в сетевой постановке //Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1982. – №. 1. – С. 211-212.

УДК:656

МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Дышленко С.Г. к.т.н., зав. сектором Прикладных систем Отдела математического обеспечения, ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН,
E-mail: dishlenko@yandex.ru, Москва, Россия

Аннотация. В статье приведен анализ организации маршрутов в транспортных сетях. Рассмотрены топологические модели сетей. Рассмотрены базовые модели, применяемые при формировании маршрутов. Показано, что реальная транспортная сеть является оверлейной. Введено понятие транзакции как элементарного акта перемещения в сети. Доказано, что реальная транспортная сеть включает физическую сеть, информационную сеть, логическую сеть и транзакционную сеть. Показана необходимость использования пространственной информации при маршрутизации.

Keywords: транспортная сеть, оверлейная сеть, маршрутизация, физическая сеть, транзакция, логическая сеть

MODEL OF BUILDING ROUTES IN THE TRANSPORTATION NETWORK

Dyshlenko S.G. Ph.D., Head of Sector "Applied Systems", Department of Mathematical Support", NIISI RAS, E-mail: dishlenko@yandex.ru, Moscow Russia

Annotation. The article analyzes the organization of routes in transport networks. Topological models of networks are considered. The basic models used in the formation of routes are considered. It is shown that the real transport network is an overlay. The concept of transaction as an elementary act of movement in the network is introduced. The article proves that the real transport network includes a physical network, an information network, a logical network and a transactional network. The necessity of using spatial information for routing is shown.

Keywords: transport network, overlay network, routing, physical network, transaction, logical network

Введение

Возрастание сложности транспортных сетей (ТС) [1,2] и интенсификация транспортных потоков [3] требуют разработки новых методов анализа, моделирования и повышения надежности маршрутов в сети [4,5]. Данные требования предписаны и для осуществления единой транспортной политики [6,7]. Расширенное применение интеллектуальных транспортных систем и транспортных киберфизических систем, а также технологии цифровая железная дорога требуют разработки и применения методов маршрутизации [8], ориентированных на компьютерный анализ и компьютерное формирование маршрутов. Основным подходом при формировании маршрутов является использование топологического подхода [9]. Напомним, что согласно Бурбаки [10] определение топологии связано со структурой и топологическим пространством. Говорят, что множество E наделено

топологической структурой каждый раз, когда каждому его элементу тем или иным способом отнесено семейство подмножеств из E , называемых *окрестностями* этого элемента, если только эти окрестности удовлетворяют некоторым условиям (*аксиомам* топологических структур). Выбор налагаемых на окрестности аксиом, очевидно, до некоторой степени произволен, и исторически он был предметом продолжительных поисков [10, гл. I]. Множество, наделенное топологической структурой, называют *топологическим пространством*, а элементы этого множества — *точками*. Ветвь математики, изучающая топологические структуры, носит название *топологии*. *Транспортные сети являются топологическими структурами*. В настоящее время накоплен большой опыт применения топологических моделей и топологического моделирования. В тоже время простые топологические модели не в состоянии описать сложную транспортную сеть с ее функциями и особенностями управления [11].

Функционирование больших транспортных сетей характеризуется наличием случайных факторов. Перемещение в транспортной сети является дискретным между узлами сети. Чем больше расстояние между узлами, тем больше возможность повысить скорость перевозки. Переход от дискретного перемещения к перемещению потоков возможен при маршрутизации внутри топологической структуры. Это возможно при объединении нескольких небольших дуг (или звеньев сети) между узлами в единую большую топологическую дугу [12]. Таким образом, для оптимизации перемещения по сети необходимо применять маршрутизацию.

Маршрутизация (англ. Routing) в упрощенном понимании — процесс определения маршрута следования объектов или передачи данных в сетях [13]. Маршрутизация в сложной сети это также процесс определения наилучшего маршрута, по которому объекты или пакеты данных могут достигнуть адресата [12]. Отсюда следует, что оптимальная маршрутизация заключается в выборе оптимального маршрута из множества возможных на основе характеристик дуг и параметров оптимизации маршрута. Маршруты могут задаваться априори (статические маршруты), либо вычисляться (динамические маршруты) с помощью алгоритмов маршрутизации, базируясь на информации о состоянии в сети. Основными факторами динамики сети является изменение ситуации на отдельных звеньях сети. Для повышения качества перевозки грузов необходимо разрабатывать новые модели, позволяющие проводить оперативный компьютерный и интеллектуальный анализ маршрутов в сети и выбор оптимальных маршрутов на этой основе.

Топологические модели маршрута

Топологическая модель потоков в сети и топологическая модель физической сети суть разные модели. Модель физической сети - это совокупность железнодорожных путей и инфраструктуры, по которым могут осуществляться перевозки с учетом их пропускной способности. Модель физической сети - это пространственный объект.

Топологическая модель потоков или перевозок – это динамическая модель материальных потоков, которые также сопровождаются информационными потоками. Информационные потоки выполняют две функции: информирующую и управленческую. Информирование заключается в информировании центрального органа управления о состоянии движения и о нарушениях графика движения. Эти информационные потоки направлены снизу-вверх. Управляющая функция состоит в посылке директив, меняющих состояние потоков или корректирующих эти потоки. Модель потоков может быть рассмотрена как сложная технологическая система [14], одной из компонент которых является топологическая модель потока. Маршрут перевозки - это характеристика одного или нескольких потоков, и он может

меняться внутри физической сети. Можно говорить о логической модели сети как сети, в которой возможно перемещение материальных потоков. Можно говорить о транзакционной модели сети, которая образована реальными транзакциями [15] материальных потоков. Таким образом транспортная сеть представляет собой оверлейную сеть как совокупность связанных друг с другом разных сетей: коммуникационной, физической, логической, транзакционной.

Маршрут из точки А в точку В представляет собой ориентированный граф [16] в логической или транзакционной сети, имеющий множество вершин $V = \{V_i\}$, множество дуг $R = \{R_{ij}\}$, и множество транзакций $Tr = \{TR_{ij}\}$, где i, j — номера вершин. Вершины во временной интерпретации могут создавать задержки при прохождении маршрута. Маршрут имеет одну начальную вершину и одну конечную вершину. Множество транзакций представляет собой цепь Маркова [17].

Вершины в топологической модели любой сети и в транспортной сети называют также узлами. Поэтому необходимо различать понятия топологический узел в транспортной сети и железнодорожный узел в реальной системе РЖД. В топологической модели вершина или узел могут иметь один вход или один выход, могут иметь множество входов и выходов.

Железнодорожным узлом называют пункт пересечения или примыкания минимум трёх железнодорожных линий [18], ряд связанных соединительными ходами станций, работающих по единой технологии (во взаимодействии). Границей узла являются входные сигналы предузловых (раздельных) пунктов. Каждый раздельный пункт имеет чётко установленные границы, отделяющие его от прилегающих перегонов. Железнодорожный узел в больших населённых пунктах образует собой комплекс транспортных устройств и объединяет различные виды транспорта, выполняющие операции по обслуживанию местных, транзитных и городских перевозок. В транспортный узел помимо железных дорог могут входить городской транспорт, морской, речной порты, автомобильные дороги, промышленный транспорт, аэропорты, трубопроводный транспорт.

Топологический узел может содержать меньше или больше дуг, чем транспортный узел. Поэтому он может служить полным описанием железнодорожного узла. Дуга может обозначать однопутный или двухпутный путь. Дуга, соединяющая два топологических узла, определяет транзакцию в материальном потоке. Дуги могут быть простыми и составными. Соответственно, транзакции могут происходить на простой дуге и на составной дуге. На рис.1 приведен фрагмент транспортной сети для анализа возможных видов моделирования маршрутов.

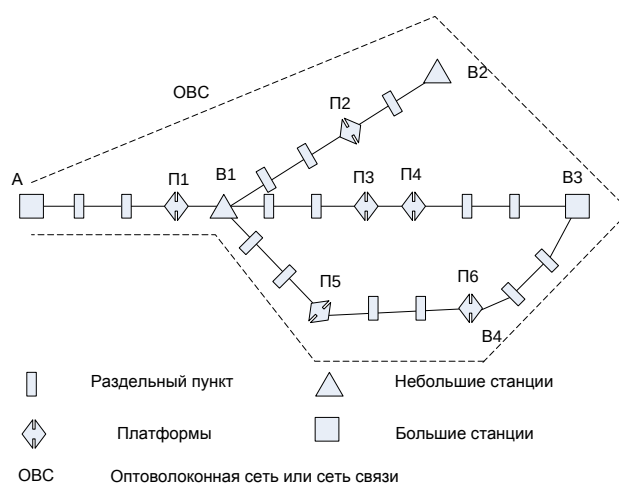


Рисунок 1. Фрагмент транспортной сети

На рис.1 смоделирован фрагмент пригородного сообщения. Буквами «В» обозначены

конечные пункты движения пригородных поездов (маршрутов). Буквами «П» обозначены остановочные платформы, на которых возможны остановки или проезд без остановки. Транспортная сеть имеет различные системы поддержки, например, сети связи. Они служат для информирования и для передачи управляющих директив. Как видно на рис.1 транспортная сеть является гетерогенной, то есть имеет узлы разных типов. Узлы делят сеть на участки. Движение по транспортной сети осуществляется путем транзакций между узлами. Это дает основание строить дискретные модели потоков, связанные с узлами сети и дугами.

В теории коммуникации применяют базовые модели маршрутизации потоков по компьютерным сетям, которые могут быть использованы для построения и анализа маршрутов в транспортной сети. Эти базовые модели могут быть использованы для автоматизированной маршрутизации транспортной сети. Критерием различия между моделями является выполнение и направление действия транзакций. Типы моделей маршрутизации в транспортной сети могут быть следующими:

Модель unicast [19] – модель маршрута с одноадресной транзакцией, допускается физическая транзакция между двумя определенными узлами сети. Она приведена на рис.2.

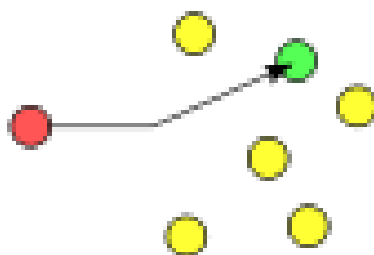


Рисунок 2. Модель unicast

Например, в транспортной сети модель unicast может связывать два пункта сети (А-В2), минуя другие без остановки. Такая модель маршрута показана на рис.3.

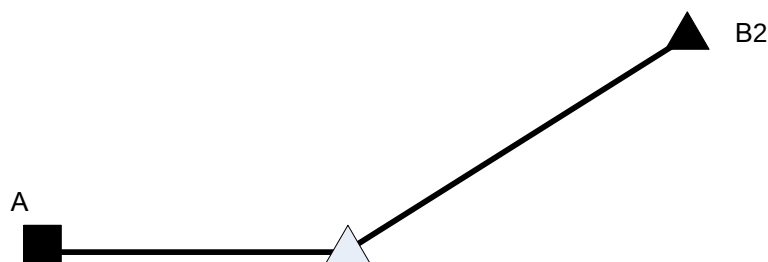


Рисунок 3. Модель unicast на примере транспортной сети на Рисунке 1.

Одноадресная транзакция является доминирующей на главных путях, соединяющих станции или другие раздельные пункты. В транспортной сети эта модель соответствует движению без остановки между узлами сети. Эти узлы могут быть соседними, а могут быть и не соседними, например, движение без остановки из узла А в узел В2. (рис.3).

Модель broadcast [20] – модель, в которой допускается коммуникационная транзакция (сообщение) всем узлам сети. Такая модель используется для передачи сообщений по ОВС (рис.4).

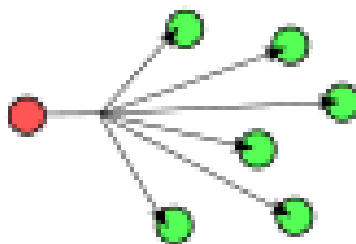


Рисунок 4. Модель broadcast

Модель multicast [21] - модель, в которой допускается многоадресная транзакция между исходным узлом и группой узлов, которые выразили заинтересованность в получении транзакции (рис.5). Такая модель применяется при разгрузке груза или сырья (уголь) на нескольких станциях.

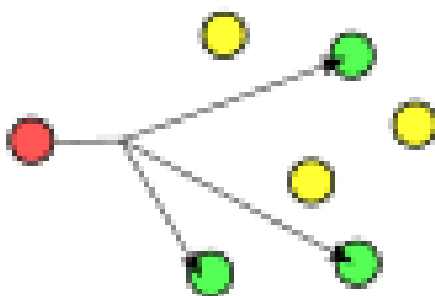


Рисунок 5. Модель multicast

Модель anycast [22] - модель, в которой допускается физическая транзакция любому из группы узлов, обычно ближайшему к источнику (рис.6). такая модель работает в аварийных ситуациях при оказании помощи.

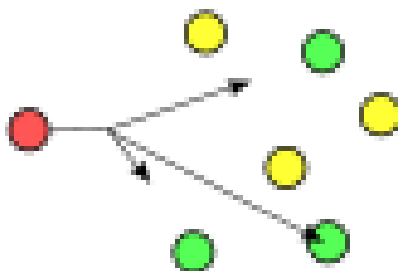


Рисунок 6. Модель anycast

Модель geocast - модель, в которой допускается физическая транзакция не на конкретный узел, а в географическую область (рис.7) со своими узлами и с последующим перераспределением транзакций внутри области. Такая модель используется в сильно гетерогенной сети с высоким уровнем неопределенности. Экономическая целесообразность такой маршрутизации обусловлена тем, что ситуация в регионе динамична и изменчива. По достижению груза в регион на месте принимается решение - каким маршрутом или видом транспорта доставить груз в пункт назначения.



Рисунок 7. Модель geocast

Модели маршрутизации необходимы при анализе и проектировании маршрутов с помощью автоматизированной системы управления и особенно с помощью интеллектуальной системы управления [23]. Эти модели представляют собой информационные единицы базы знаний интеллектуальной системы.

Основой анализа и принятия решений при выборе маршрута с помощью интеллектуальной системы является топологическая модель перевозки или перемещения материальных потоков. Топологическая модель сети TN , описывающая перевозку грузов представляет собой помеченный граф.

$$TN = (V, R, s, t), \quad (1)$$

Выражение (1) содержит V — множество вершин и R — множество дуг и метки s и t , которые характеризуют допустимые перевозки грузов. Манипулируя метками можно менять маршруты и потоки внутри одной физической сети.

Особую важность имеет эффективная маршрутизация перевозки грузов в условиях динамических изменений в сети. В связи с этим особое значение приобретают подходы по внедрению и поддержке решений быстрой смены маршрутов.

Традиционная архитектура анализа транспортной сети [4, 5] требует больших ресурсов для обеспечения потребностей по передаче растущих объемов трафика для большого числа узлов.

Основная идея управления маршрутизацией ТС состоит в том, чтобы, не изменяя существующей топологии физической сети, изменить логическую последовательность транзакций, найти оптимальную последовательность транзакций и запустить эту последовательность. Это достигается за счет того, что транспортная сеть является оверлейной сетью.

Гибкое управление перевозками основано на отказе от единственной жесткой схемы маршрутов. Это возможно за счет учета текущей информационной ситуации [24] и внесение изменений в логическую и транзакционную сети. Внедрение гибкого управления упрощает перевозки при наличии динамики сети [25]. Такая маршрутизация называется ситуационной.

Под ситуационной маршрутизацией транспортной сети будем понимать поиск оптимальных маршрутов в условиях изменяющейся информационной ситуации сети. Оптимизация всегда осуществляется по критерию. Многие методы оптимизации используют критерии: минимального времени доставки или минимальных затрат на перевозку [26].

В реальных условиях перевозка осуществляется в пространстве и поэтому при оптимизации необходимо использовать пространственную информацию и методы геоинформатики. Поэтому дополнительным методом маршрутизации для пространственных сетей являются

геоинформационные системы [27].

С технических позиций транспортные системы являются геотехническими системами [28]. Для пространственного управления [29] необходима пространственная информация и геоданные.

Таким образом, для анализа транспортных сетей необходимо применять методы геоинформатики, отсюда возрастает роль геоинформатики как средства формирования маршрутов в транспортных сетях.

Методы геоинформатики дополняются специальными методиками. Такими как многоцелое управление [30, 31] и управление подвижными объектами. Применение многопараметрических сложных математических моделей для управления транспортом невозможно из-за отсутствия оперативной необходимой информации. Недостаток соответствующей теоретической базы требует применения ГИС как программный инструмент оптимизации транспортных сетей. Решение прикладных задач с помощью ГИС связано с отбором полезной информации из огромных информационных массивов, накопление которых идет непрерывно. Эти задачи решает ГИС «Панорама» [27].

Заключение

Традиционное представление сети в виде одного графа не отражает содержание транспортной сети. Транспортная сеть включает несколько топологических моделей, которые связаны между собой и образуют единый комплекс. Наиболее важные сети – это физическая сеть, информационная сеть, логическая сеть и транзакционная сеть. Физическую сеть образуют железные дороги. Информационная сеть - это коммуникационная сеть, которая решает задачи информирования и управления. Логическая сеть – это сеть возможных перемещений и возможных маршрутов в условиях меняющейся обстановки. Логическая сеть служит основой анализа непротиворечивости и выбора оптимальных маршрутов.

Транзакционная сеть – это сеть реально перемещающихся материальных потоков внутри логической сети. Логическая и транзакционная сети налагаются на физическую сеть и функционируют внутри нее. В условиях возрастания сложности сети и необходимости применения интеллектуальных транспортных систем целесообразна разработка базовых топологических моделей для разных ситуаций, которые позволяют проводить компьютерный анализ и моделирование при выборе оптимальных маршрутов.

Также следует отметить важную роль информационной ситуации как информационной модели, которая служит основой анализа и принятия решений. Модель информационной ситуации позволяет выделять из всей сети рабочую область, наиболее важную для оценки состояния материального потока и принятия решения на этой основе. Топологические модели и оверлейная модель транспортной сети повышают оперативность и надежность анализа и контроля за перевозкой грузов. Эти модели могут быть встроены в интеллектуальные транспортные системы.

Список литературы

1. Евин И. А. и др. Введение в теорию сложных сетей //Компьютерные исследования и моделирование. – 2010. – Т. 2. – №. 2. – С. 121-141.
2. Ландэ Д. В., Снарский А. А., Безсуднов И. В. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – №. 7. – С. 98-99.
3. Леонтьев Р. Г. Интенсификация регионального транспортного комплекса. – Академия наук СССР, Дальневосточное отделение, Вычислительный центр, 1988.
4. Егунов М. М., Шувалов В. П. Анализ структурной надёжности транспортной сети //Вестник СибГУТИ. – 2012. – №. 1. – С. 54-60.
5. Холодов Я. А. и др. Моделирование транспортных потоков -актуальные проблемы и перспективы их решения //ТРУДЫ МФТИ. – 2010. – Т. 2. – №. 4. – С. 152.
6. Леонтьев Р. Г. Формирование единой региональной транспортной системы: программно-целевой подход. – Наука, 1987.
7. Розенберг И.Н. О единой транспортной политике // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.22-26.
8. Дышленко С. Г. Ситуационный анализ в транспортной сети // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.26-33
9. Болбаков Р.Г, Маркелов В.М., Цветков В.Я. Топологическое моделирование на геоданных // Перспективы науки и образования- 2014. - №2. – с.34-39
10. Бурбаки Н. Общая топология. Основные структуры. – М.: Рипол Классик, 2013
11. Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Генерализация транспортных сетей на основе редукционного подхода // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.3-10.
12. Перепелкин Д.А. Математическое и программное обеспечение адаптивной маршрутизации и балансировки потоков данных в программно-конфигурируемых сетях с обеспечением качества сетевых сервисов. / Дис. д.т.н. специальность: 05.13.11– Рязань, РГРУ - 2018 -443с.
13. В. Олифер, Н. Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — Питер, 2013. — 944 с.
14. Буравцев А.В. Сложные технологические системы // Славянский форум. - 2017. -4(18). – с.14-19
15. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Информационные транзакционные затраты // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. - №12. –с.160-161
16. Цветков В.Я., Буравцев А.В. Ориентированные графы в сложных организационно-технических фискальных системах. // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. - №3 (20). – с.33-40.
17. Кемени Д. Д., Дж. Лори Снел. Конечные цепи Маркова: Пер. с англ. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970.
18. Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Конарев. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. — 559 с.
19. Ebrahimi M. et al. HAMUM-A novel routing protocol for unicast and multicast traffic in MPSoCs //Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP), 2010 18th Euromicro International Conference on. – IEEE, 2010. – p. 525-532.

20. Heyman D. P., Lakshman T. V. Source models for VBR broadcast-video traffic //IEEE/ACM Transactions on Networking (TON). – 1996. – V. 4. – №. 1. – p. 40-48.
21. Ravindran K., Sankhla M. Multicast Models and Routing Algorithms for High Speed Multi-Service Networks //Distributed Computing Systems, 1992., Proceedings of the 12th International Conference on. – IEEE, 1992. – С. 194-201.
22. Wang X. Analysis and design of a k-Anycast communication model in IPv6 //Computer Communications. – 2008. – V. 31. – №. 10. – p. 2071-2077.
23. Цветков В.Я., Розенберг И.Н. Интеллектуальные транспортные системы – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co. KG, Saarbrücken, Germany 2012 - 297 с. ISBN: 978-3-659-15742-4
24. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), 12-1, p.2166- 2170.
25. Цветков В.Я., Алпатов А. Н. Управление распределенными транспортными потоками // Государственный советник. – 2014. - №3. – с55-60.
26. Боженюк А.В., Герасименко Е.М., Розенберг И.Н. Определение потока минимальной стоимости в нечетком динамическом графе//Известия ЮФУ. Технические науки. -2013. -№ 5 (142). -С. 149-154.
27. Дышленко С.Г. Применение ГИС «Панорама» для решения задач в сфере транспорта // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.51-62.
28. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Железная дорога как геотехническая система //Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - с. 52.
29. Розенберг И.Н. Пространственное управление в сфере транспорта // Славянский форум, 2015. - 2(8) - с. 268-274.
30. Tsvetkov V. Ya. Multipurpose Management// European Journal of Economic Studies 2012, Vol.(2), № 2 p.140-143.
31. Хоменюк В. В. Элементы теории многоцелевой оптимизации. – М.: Наука, 1983.