

УДК 332.1

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР РЕГИОНАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ

В.М. Глущенко, В.С. Елизаров

МОСКОВСКИЙ ГОРОДСКОЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ

В статье рассматривается методический подход к разработке математических моделей организационных структур органов управления исполнительной власти.

Ключевые слова: математическая модель, организационная структура, органы управления исполнительной власти, оптимизация.

Опыт показывает, что задача создания рациональных (оптимальных) организационных структур (ОС) и их подразделений может быть решена путем построения их математической модели. Такая задача вызывает необходимость представления ОС в виде, пригодном для их последующих преобразований с целью получения требуемых свойств.

В зависимости от источника информации, используемого при построении математической модели, различают теоретические (аналитические) и статистические (эмпирические) модели.

Анализ научных трудов [1–4] позволил определить источники информации для построения как теоретических, так и статистических моделей (рис. 1).

Статистические (эмпирические) модели получают в результате обработки экспериментальных данных об исследуемом объекте. Структура статистической модели может выбираться достаточно произвольно. Соответствие модели объекту ограничивается лишь количественным фактором. Статистические модели имеют относительно простую структуру. Чаще всего они представляются в виде многочленов, которые наиболее удобно и просто реализуются в практических вычислениях:

$$Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 + \dots + a_k X^k, \quad (1)$$

где: Y – значение параметра (например, численность одного из структурных подразделений) организации;

CREATION OF MATHEMATICAL MODELS ORGANIZATIONAL STRUK-TUR OF REGIONAL EXECUTIVE AUTHORITIES

V.M. GLUSHCHENKO, V.S. YELIZAROV

In article methodical approach of development of mathematical models of organizational structures of governing bodies of executive power is considered.

KEYWORDS: mathematical model, organizational structure, governing bodies of executive power, optimization.

X – значение влияющего фактора; $a_0 \dots a_k$ – значения коэффициентов многочлена; k – значение показателя степени многочлена.

Область применения таких моделей ограничивается ближайшей окрестностью рабочих точек, значения которых используются для построения модели.

Сущность построения статистической модели заключается в следующем. Имеется совокупность значений величины (Y_1, Y_2, \dots, Y_n) , которая характеризует некоторое явление или процесс (например, численность персонала департаментов, управлений, отделов). Этим значениям поставлены в соответствие значения другой величины (x_1, x_2, \dots, x_n) , от которой предположительно зависит первая величина.

Дискретные значения величины Y заменяются некоторой функцией $\tilde{Y} = f(x)$, которая при соответствующих значениях x принимает значения, близкие к Y . Такая замена, как известно, именуется аппроксимацией. Близость значений $\tilde{Y} = f(x_i)$ и Y_i оценивается показателем качества аппроксимации. Этот показатель всегда зависит от разности $(Y_i - \tilde{Y}_i)$. Характер минимизации этой разности определяется методом обработки информации.

Так, обеспечение минимума приведенного ниже выражения соответствует методу наименьших квадратов:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \tilde{Y}_i)^2}{n - 1}, \quad (2)$$



Рис. 1.

Источники информации для построения математических моделей [3]

где: D – дисперсия – показатель качества аппроксимации; Y_i – реальное значение величины; \tilde{Y}_i – математическое ожидание величины; i – номер величины; n – объем выборки.

При использовании этого метода является математическим ожиданием Y . Величина $\sigma = \sqrt{D}$ называется средним квадратическим отклонением, объем выборки (n) представляет собой количество взаимосвязанных пар чисел (Y, x) .

Минимизация данного выражения соответствует методу наименьших абсолютных отклонений:

$$A = \sum_{i=1}^n |Y_i - \tilde{Y}_i|, \quad (3)$$

где: A – показатель качества аппроксимации, представляющий собой сумму модулей отклонения величины Y от ее математического ожидания \tilde{Y} .

Минимум этого выражения соответствует аппроксимации по Чебышеву:

$$T = \max_i |Y_i - \tilde{Y}_i|, \quad (4)$$

где: T – показатель качества аппроксимации, представляющий собой максимальное значение модуля отклонения величины Y от ее математического ожидания \tilde{Y} .

Для определения зависимости величины Y от нескольких факторов используется следующая реализация метода наименьших квадратов:

$$Y_{cp} = \sum_{i=1}^m p_i Y_i, \quad (5)$$

где: Y_{cp} – средневзвешенная оценка численности величины Y ; Y_i – оценка величины Y , полученная с учетом воздействия i -го фактора; p_i – вес i -го фактора; m – количество факторов.

Значения весов соответствующих факторов определяются следующим выражением:

$$p_i = \frac{1}{\sigma_i} \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{\sigma_i}}, \quad (6)$$

где: σ_i – среднее квадратическое отклонение оценки величины Y_i , полученной при воздействии i -го фактора, от реальных значений величины Y .

Из представленного выше выражения (6) следует, что сумма весов факторов равна 1:

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1.$$

Выражение (5) позволяет получить оценку величины Y с учетом совместного воздействия нескольких факторов, а выражение (6) позволяет определить степень влияния каждого из факторов.

Среднее квадратическое отклонение величины Y от ее средневзвешенной оценки Y_{cp} определяется по формуле:

$$\sigma_{cp} = \frac{\sum_{k=1}^n (Y_k - Y_{cp})^2}{n-1}. \quad (7)$$

При определенных условиях (σ_{cp}) может быть меньше наименьшего из средних квадратичных отклонений, полученных под воздействием отдельных факторов:

$$\sigma_{cp} < \sigma_{\min}$$

Выполнение этого условия свидетельствует о том, что факторы, влияние которых исследуется, являются независимыми. Увеличение числа исследуемых факторов может дать выигрыш в точности результатов.

Степень влияния i -го фактора всегда находится в пределах $1 \geq p_i \geq 0$. Равенство этой величины единице $p_i = 1$ ($\sigma_i = 0$) означает, что на исследуемую величину оказывает влияние только i -й фактор. Равенство $p_i = 0$ ($\sigma_i = \infty$) соответственно означает, что гипотеза о влиянии i -го фактора должна быть отвергнута. Для принимаемых и отвергаемых гипотез среднее квадратическое отклонение не могут принимать крайних значений ($\sigma = 0$) или ($\sigma = \infty$). В связи с этим следует учитывать влияние возможно большего количества факторов, если степени их влияния различаются незначительно.

Таким образом, предложенная статистическая модель позволяет получить математические выражения, связывающие значения исследуемой величины со значениями воздействующих факторов, оценить степени их влияния и исключить из рассмотрения незначительные факторы.

Построение теоретических моделей сопряжено с проведением трудоемких исследований, поскольку при этом необходимо выяснить природу процессов в моделируемых объектах и дать их математическое описание в виде соответствующих математических выражений. Они позволяют довольно точно описать

процессы, протекающие в системе, и допускают экстраполяцию в факторном пространстве, в котором невозможно непосредственное наблюдение этих процессов.

Основными исходными данными для разработки теоретической модели организации являются ее задачи и функции. Кроме того, заказчиком задается состав структурных подразделений. Перечень структурообразующих элементов составляется экспертами [2].

Организационная структура (далее – Организация) представляется в виде математического объекта, обладающего функцией, которая связывает между собой информацию о задачах структурных подразделений, их действиях, приводящих к выполнению задач, и нормативах на выполнение этих действий. Таким математическим объектом может быть матрица Z связей «задачи и функции Организации – структурообразующие элементы»:

$$Z = |z_{ij}|.$$

В общем случае матрица связей «задачи и функции Организации – структурообразующие элементы» имеет вид, представленный в табл. 1 [3].

Строки этой матрицы являются задачи и функции Организации, а структурообразующие элементы ее столбцами.

Элементы матрицы связей z_{ij} определяют трудозатраты j -го структурообразующего элемента на решение i -й задачи или функции. Численные значения этих элементов могут быть определены либо экспертной оценкой, либо рассчитаны с использованием нормативов. Матрицу связей «задачи и функции Организации – структурообразующие элементы» можно считать простейшей теоретической моделью организационной структуры. Эта модель позволяет

ТАБЛИЦА 1.

Матрица связей «задачи и функции Организации – структурообразующие элементы»

№ п/п	Задачи и функции Организации	Структурообразующие элементы						
		1	2	...	j	...	..	g
1	Задача 1	Z_{11}	Z_{12}	...	Z_{1j}	...	...	Z_{1g}
2	Задача 2	Z_{21}	Z_{22}	...	Z_{2j}	...	...	Z_{2g}
...	
i	Задача i	Z_{i1}	...	...	Z_{ij}	...	..	Z_{ig}
...	
...	
m	Задача m	Z_{m1}	Z_{m2}	...	Z_{mj}	...	...	Z_{mg}

определить численность персонала, исходя из общей трудоемкости (на решение всех задач):

$$Z_o = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^g z_{ij}, \quad (8)$$

где: Z_o – общая трудоемкость решения задач, возложенных на Организацию; i – номер задачи; j – номер структурообразующего элемента Организации; m – количество задач; g – количество структурообразующих элементов Организации; z_{ij} – трудозатраты j -го структурообразующего элемента на решение i -й задачи.

Кроме того, может быть определен коэффициент функциональной взаимосвязи между структурообразующими элементами, представленными в матрице связей в виде векторов-столбцов, составляющими которых являются трудозатраты на решение соответствующих задач. Функциональная взаимосвязь рассматривается как мера сходства/различия структурообразующих элементов. Существует достаточно много способов определения отношения сходства/различия объектов, представленных в виде векторов в различных пространствах. Так, для определения функциональной взаимосвязи между структурообразующими элементами в трудах [1, 3, 4] предлагается использовать выражение:

$$K(k,l) = \frac{\sum_{i=1}^m z_{ik} z_{il}}{\sum_{i=1}^m z_{ik}^2 + \sum_{i=1}^m z_{il}^2 - \sum_{i=1}^m z_{ik} z_{il}}, \quad (9)$$

где: $K(k,l)$ – коэффициент функциональной взаимосвязи между структурообразующими элементами; m – количество задач (функций) в исходной матрице; i – номер задачи (функции), номер строки исходной матрицы; $z_{ik} z_{il}$ – трудозатраты k -го и l -го структурообразующих элементов на решение i -й задачи.

Числитель в указанной формуле (9) задает меру сходства сравниваемых векторов, а знаменатель – способ нормировки этого сходства. Так, при равенстве составляющих k -го и l -го векторов

$$\sum_{i=1}^m z_{ik} z_{il} = \sum_{i=1}^m z_{ik}^2 = \sum_{i=1}^m z_{il}^2$$

коэффициент функциональной взаимосвязи получает значение, равное 1. Во всех остальных случаях он будет меньше единицы.

При использовании метода «направляющих косинусов» получаем, что коэффициент функциональной взаимосвязи структурных подразделений численно равен косинусу угла между сравниваемыми векторами трудозатрат этих подразделений:

$$K(k, l) = \frac{\sum_{i=1}^m z_{ik} z_{il}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m z_{ik}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^m z_{il}^2}}, \quad (10)$$

где: $K(k, l)$ – коэффициент функциональной взаимосвязи между структурообразующими элементами; m – количество задач (функций) в исходной матрице; i – номер задачи (функции), номер строки исходной матрицы; $z_{ik} z_{il}$ – трудозатраты k -го и l -го структурообразующих элементов на решение i -й задачи.

Указанное выражение (10) обеспечивает получение максимального коэффициента взаимосвязи, равного единице, не только для векторов, составляющие которых совпадают, но и для векторов с пропорциональными составляющими.

Полученные коэффициенты взаимосвязи между структурообразующими элементами позволяют в пределах норм управляемости провести объединение близко связанных структурообразующих элементов Организации. Было установлено, что коэффициенты функциональной взаимосвязи между отделами в управлениях Правительства Москвы были не ниже 0,75, а между управлениями – не выше 0,2. Это является достаточно высоким показателем рациональности распределения задач между структурными подразделениями органа управления [1].

В соответствии с принятыми критериями полученные ОС будут считаться рациональными. Действительно, численность персонала, полученная на основе годового ресурса времени единицы персонала и нормативов на выполнение работ, будет минимальной, и количество уровней управления, рассчитанное на основе норм управляемости, также минимально, и суточная нагрузка на исполнителя будет соответствовать 8 часам. Для проектирования структур органов управления этого вполне достаточно.

Для проектирования же организационных структур других подразделений, решающих не управленческие задачи, необходимо более детально рассмотреть подход с применением метода структуризации задач и функций. Он заключается в выполнении ряда мероприятий, связанных с определением конкретных результатов по каждому виду служебной деятельности.

Каждая задача разделяется на процедуры. Трудоемкость решения задачи в этом случае определяется как сумма трудоемкости составляющих ее процедур:

$$Z_i = \sum_{k=1}^{n_i} \sum_{j=1}^g p_{ikj}, \quad (11)$$

где: i – номер задачи; k – номер процедуры в i -й задаче; n_i – количество процедур в i -й задаче; j – номер структурообразующего элемента; g – количество структурообразующих элементов; p_{ikj} – трудоемкость решения k -й процедуры i -й задачи j -м структурообразующим элементом.

Общее количество процедур, обеспечивающих решение всего перечня задач, определяется выражением:

$$N = \sum_{i=1}^m n_i, \quad (12)$$

где: m – количество задач; i – номер задачи; n_i – количество процедур, реализующих i -ю задачу.

После этого составляются сетевые модели выполнения задач, а процедуры закрепляются за исполнителями. Для этого структурообразующие элементы детализируются до единиц персонала.

Полученные в результате структуризации задач процедуры принято характеризовать уровнем их сложности, уровнем совместимости и трудоемкостью. Сложность принято оценивать по трехбалльной шкале: низкая, средняя, высокая. Совместимость процедур зависит от однородности соответствующих им операций. Процедуры определяются как одинаковые, однотипные, разнотипные. Для определения количества процедур, которое может выполнить исполнитель в заданный промежуток времени, предлагается использовать выражение [3]:

$$\sum_{i=1}^N \left(\sqrt{\frac{K_{1Pi} K_{2Pi}}{K_{1Pi}}} \right) p_i < T_p, \quad (13)$$

где: N – количество процедур; K_{1Pi} – уровень сложности процедуры ($K_{1Pi} = 1...3$); K_{1Pi} – уровень квалификации исполнителя (максимальный уровень сложности процедур, которые он выполняет профессионально); K_{2Pi} – уровень совместимости процедур ($K_{2Pi} = 1...3$); p_i – трудоемкость процедуры; T_p – ресурс рабочего времени исполнителя.

Такой подход обеспечивает возможность осуществлять различные варианты распределения процедур между исполнителями в соответствии с их квалификацией. Сравнение вариантов распределения позволяет оценивать загрузку каждого исполнителя по времени и добиваться равномерности загрузки всех исполнителей.

Структуризация позволяет каждую задачу выстроить во времени по исполнителям и точнее определить для каждого исполнителя процедуры и сроки. Для каждой процедуры устанавливаются сроки ее выполнения (календарные даты начала t_{ni} и конца выполнения процедуры t_{ki}).

Предлагается трудозатратами на выполнение i -ой процедуры в единицу времени считать величину q_i :

$$q_i = \begin{cases} \frac{p_i}{t_{ki} - t_{ni}} - n p_i t_{ni} < t < t_{ki} \\ 0 - \text{в остальных случаях} \end{cases}, \quad (14)$$

где: p_i – трудоемкость выполнения i -й процедуры; i – номер процедуры; t_{ni} , t_{ki} – время начала выполнения и время завершения i -й процедуры; t – текущее время.

При этом имеется в виду, что процедура выполняется одним исполнителем. Общая численность персонала при этом определяется выражением:

$$S = \sum_{k=1}^g s_k, \quad (15)$$

где: k – номер структурообразующего элемента; s_k – численность k -го структурообразующего элемента; g – количество структурообразующих элементов.

Связь выполняемой процедуры с конкретным исполнителем и текущим временем предлагается определять значение q_{lkt} – трудозатраты на выполнение l -й процедуры k -м исполнителем в момент времени t .

Величина q_{lkt} представляет собой трехмерный информационный массив – «процедуры-исполнители-время»:

$$Q = |q_{lkt}|, \quad (16)$$

где: q_{lkt} – элементы массива Q – трудозатраты на выполнение l -й процедуры k -м исполнителем в момент времени t ; l – номер процедуры; k – номер исполнителя; t – текущее время.

Если зафиксировать номер исполнителя, то величина $Q_k(t)$ будет представлять собой трудозатраты k -го исполнителя как функцию времени (например, в течение года):

$$Q_k(t) = \sum_{l=1}^N q_{lkt}, \quad (17)$$

где: q_{lkt} – трудозатраты на выполнение l -й процедуры k -м исполнителем в момент времени t ; l – номер процедуры; N – общее количество процедур, реализующих задачи Организации; k – номер исполнителя; t – текущее время.

Структуризация задач и функций детализирует двумерную матрицу связей «задачи и функции Организации – структурообразующие элементы» до процедур, реализующих задачи единиц персонала, выполняющих эти процедуры, и добавляет матрице третье измерение – время. Учет этого фактора в матричной модели ОС позволяет на любой заданный момент времени определить для каждого исполнителя, какую задачу и какую процедуру из этой задачи он выполняет и какие трудозатраты для этого необходимы.

Математическое ожидание трудозатрат можно определить по следующей формуле:

$$m_k = \frac{1}{T_{z.p.}} \sum_{t=1}^{T_{z.p.}} Q_k(t). \quad (18)$$

Среднее квадратическое отклонение от математического ожидания трудозатрат определяется по формуле:

$$\sigma_k = \frac{1}{T_{z.p.} - 1} \sum_{t=1}^{T_{z.p.}} (Q_k(t) - m_k)^2, \quad (19)$$

где: $T_{z.p.}$ – количество фактических рабочих дней в году у исполнителя.

В идеальном случае $m_k = 8$ часам, $\sigma_k = 0$. Значение σ_k характеризует качество структуризации задач и функций и закрепления процедур за исполнителями при проектировании ОС. Если считать, что задачи и функции будут выполнены в полном объеме и с должным качеством при предоставлении персоналу необходимого для этого времени, то выражение (19) можно считать показателем качества организационной структуры, а критерием ее оптимальности – величину $\min \sigma_k$.

Таким образом, показателем качества ОС является величина, характеризующая отклонение планируемой среднесуточной загрузки исполнителя от норматива, а критерием ее оптимальности – минимум указанной величины.

Минимальное значение величины σ_k ($\min \sigma_k$) для проектируемой ОС зависит от выбранного варианта закрепления процедур за исполнителями. Путем сравнения нескольких вариантов закрепления может быть найдено приемлемое значение критерия $\min \sigma_k$. В научных исследованиях хорошим считается результат, когда $\sigma_k < 0,2 m_k$, а недопустимым – при $\sigma_k > 0,5 m_k$ [1, 3].

Минимизация величины σ_k при условии $m_k = 8$ часам может быть достигнута за счет корректировки численности персонала, совершенствования его подготовки, применения средств автоматизации и механизации процессов деятельности. Необходимо учитывать, что нормативы на выполнение процедур являются результатами усреднения данных хронометрирования и представляют собой математические ожидания времени выполнения этих процедур. Это означает, что реальное время выполнения работы конкретным исполнителем в зависимости от его подготовки и условий деятельности может отклоняться от норматива как в большую, так и в меньшую сторону. Поэтому нормативы целесообразно представлять в виде распределений их значений.

Изложенные выражения определяют конечные результаты выполнения компьютерной программы, реализующей теоретическую модель организационных структур. Программная реализация теоретической модели требует решения вопроса о составе этой модели.

Данные о персонале Организации, процедурах, реализующих ее задачи и функции, о нормативах на выполнение процедур образуют блок информационного обеспечения математической модели. В связи с тем,

что деятельность организации включает мероприятия по подготовке отчетности, то структура их баз данных должна соответствовать формам учета.

Структура базы данных процедур, реализующих задачи и функции, должна включать следующие данные: номер процедуры; наименование процедуры; номер задачи, которую реализует данная процедура; номера процедур (список), результаты выполнения которых использует данная процедура; плановые сроки выполнения процедуры (начало, конец); фактические сроки выполнения процедуры (начало, конец); номер норматива, используемого процедурой. Перечень данных, входящих в структуры базы данных процедур, может уточняться по мере необходимости.

Для реализации динамики теоретической модели в ней должен быть предусмотрен блок временной имитации. Этот блок в соответствии с текущим временем вызывает необходимую процедуру и определяет время и результат ее выполнения в зависимости от внешних условий. Для учета влияния внешних факторов в теоретической модели необходимо предусмотреть блок имитации внешних воздействий.

Блок анализа результатов определяет количество положительных и отрицательных итогов выполнения процедур. Это позволит проводить оценку эффективности деятельности и последующую оценку Организации по критерию «эффективность - стоимость».

Таким образом, представленная имитационная модель Организации базируется на методе структуризации задач. При этом задачи подразделений детализируются до уровня процедур, которые закрепляются за конкретными исполнителями. Метод оценки количества процедур различной сложности, которое может выполнить исполнитель в заданный период времени, позволяет распределять процедуры между исполнителями с учетом их квалификации и равномерности загрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Глущенко В.М.** Управление системой безопасности мегаполиса: теория и практика. М.: Московский городской университет управления Правительства Москвы, 2007.
2. **Глущенко В.М., Елизаров В.С. и др.** Формирование теоретических основ и методологии (методов) обоснования численности работников в социально-экономической сфере города в рамках работ по оптимизации численности, состава и структуры органов управления правительства Москвы. Итоговый отчет о НИР «Норматив». МГУУ Правительства Москвы, 2004.
3. **Глущенко В.М., Елизаров В.С. и др.** Кадровая стратегия Москвы: теория и методы обоснования структур исполнительной власти. Монография. М.: Московский городской университет управления Правительства Москвы, 2011.
4. **Елизаров В.С., Ужва Т.В.** Методология обоснования стратегии кадровой политики предпринимательства. Сборник материалов международной научно-практической конференции «Международное и межрегиональное сотрудничество в сфере подготовки кадров для рыночной экономики: опыт, проблемы и перспективы». М., 2004.

Глущенко Василий Максимович,

д.э.н., д.воен.н., профессор, президент МГУУ Правительства Москвы,

☎ 107045, г. Москва, ул. Сретенка, д. 28;
тел.: +7 (495) 957-75-62, e-mail: info@mguu.ru

Елизаров Валентин Степанович,

д.воен.н., профессор кафедры информационных технологий в управлении МГУУ Правительства Москвы,

☎ 107045, г. Москва, ул. Сретенка, д. 28;
тел.: +7 (495) 957-75-62, e-mail: info@mguu.ru