

Кулак М. И., профессор; Трусевич Н. Э., ассистент;
Ничипорович С. А., первый заместитель министра информации

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

The basic algorithm scheme of imitating modelling systems of organisational management is considered. Research of linear organisational structures is resulted, that the structure of objects of management influences greatly on the effectiveness of management system and, in particular, renders infringement of balance of management objects and parts of system according to span of control. Change of structure of an administrative cycle renders appreciably smaller influence on efficiency of the scheme of management.

Определение качества функционирования большой системы, выбор оптимальной структуры и алгоритмов ее поведения, построение системы в соответствии с поставленной перед ней целью — основная проблема при проектировании современных систем, к которым по праву можно отнести и полиграфическую промышленность. Поэтому моделирование можно рассматривать как один из методов, используемых при проектировании и исследовании таких систем.

Как известно, под математическим моделированием понимается процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта [1]. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и от задач исследования объекта, а также от требуемой достоверности и точности решения этой задачи.

В случае если результаты, полученные при воспроизведении на имитационной модели процесса функционирования системы, являются реализациями случайных величин и функций, для нахождения характеристик процесса требуется его многократное воспроизведение с последующей статистической обработкой информации. В качестве метода машинной реализации имитационной модели целесообразно использовать метод статистического моделирования.

Метод имитационного моделирования позволяет решать задачи анализа больших систем, включая получение оценок: вариантов структуры системы; эффективности различных алгоритмов управления системой; влияния изменения различных параметров системы.

Необходимо также отметить, что методы математического моделирования на ЭВМ в теории организационного управления вообще и в теории организационного управления в ИПК в частности практически не применялись. Имеющиеся работы посвящены решению конкретных задач организационного управления промышленными объектами (см. монографию [2] и приведенную в ней библиографию). По общему анализу эффективности организационных схем управления выполнены единичные работы для простейших видов организационных схем [3, 4].

Предлагаемый алгоритм основан на использовании метода Монте-Карло для имитационного моделирования реализации основного управленческого цикла с помощью конкретной схемы из множества известных организационных структур. Данный метод решения задач базируется на использовании случайных величин. При этом осуществляется случайное блуждание по иерархической древовидной структуре, которая, собственно, и имитирует схему организационного управления. Начальная точка блуждания находится в вершине дерева, конечная точка, представляющая объект управления, выбирается случайным образом. Помимо этого, организованы случайные блуждания на каждом структурном уровне, имитирующие очередь на обслуживание

выбранного узла структуры. Для организации случайного блуждания используется равномерно распределенная последовательность случайных чисел [5].

Программа для ЭВМ написана на алгоритмическом языке Паскаль. Принципиальная схема алгоритма приведена на рис. 1. Как видно из рис. 1, она включает в себя модули: установления структуры объектов управления; построения структуры системы управления; графического отображения схемы структуры управления на мониторе; блок собственно имитационного моделирования реализации управленческого цикла; модуль вывода результатов моделирования.

Модуль установления структуры объектов управления позволяет сформировать систему объектов управления для конкретного количества групп функциональных процессов и процессов в группах.

Модуль построения структуры системы управления на основе заданной нормы управляемости осуществляет проектирование всей иерархии уровней системы управления, начиная с первого. Построение продолжается до тех пор, пока все объекты управления, сформированные с помощью первого модуля программы, не будут охвачены системой управления.

Модуль графического отображения схемы структуры управления на мониторе предоставляет возможность визуально продемонстрировать полученные структуры системы и объектов управления, а также частично процесс имитационного моделирования реализации управленческого цикла. Группы функциональных процессов, объекты управления, звенья разных уровней системы управления, участвующие в решении управленческой задачи, выделяются соответствующим цветом.

Блок имитационного моделирования реализации управленческого цикла позволяет проанализировать полученную организационную структуру системы управления. В данном блоке происходит вычисление среднего времени решения управленческой задачи и других характеристик на основе расчета затрат времени для каждого этапа управленческого цикла по методу Монте-Карло.

Управленческий цикл состоит из следующих этапов:

1. Планирования.
2. Организации.
3. Регулирования.
4. Контроля.



Рис. 1. Принципиальная схема алгоритма имитационного моделирования систем организационного управления

Этап 1 — планирование — включает 5 операций: постановку задачи; определение сил и средств для решения задачи; определение системы и последовательности мер и действий по решению задач; назначение исполнителей мер и действий; расчет сроков реализации задачи.

Этап 2 — организация — содержит 4 операции: оформление управленческого решения и плана его реализации (в виде приказа или распоряжения); постановку и разъяснение конкретных задач исполнителям; выделение ресурсов; организацию взаимодействия исполнителей.

Этап 3 — регулирование — включает 4 операции: реализацию плана решения задачи; оперативное изменение плана; корректировку действий; координацию во времени.

Этап 4 — контроль — охватывает 3 операции: установление фактического состояния вопроса; оценку выполнения плана решения задачи; разработку рекомендаций по устранению недочетов.

Моделирование управленческого цикла начинается с подготовительной стадии. Первоначально на этой стадии случайным образом выбирается группа объектов управления. Далее в выбранной группе также случайным образом назначается номер объекта управления, на который будет направлено управленческое воздействие.

Кроме того, для дальнейшего моделирования управленческого цикла определяются все звенья разных уровней системы управления, участвующие в решении управленческой задачи для выбранного объекта.

Суть стадии моделирования реализации управленческого цикла заключается в расчете затрат времени для каждого этапа цикла по методу Монте-Карло. Расчет затрат времени ведется в условных единицах времени — баллах. При рассмотрении реальных, а не модельных задач управления баллам можно придать конкретные, вытекающие из принятой технологии управления, значения.

Стадия реализации управленческого цикла включает:

1. Определение задержки реализации управленческого цикла за счет очереди на обслуживание. Операция выполняется для всех уровней управления, включая самый нижний (исполнительный), звенья которого осуществляют непосредственное управление объектом.

1.1. Назначение случайным образом звена, с которым в данный момент времени работает вышестоящий уровень управления. Если это звено определено как ранее участвующее в решении управленческой задачи для выбранного объекта, то время ожидания в очереди будет равно нулю.

1.2. Расчет времени ожидания очереди на решение задачи. Для одного звена в очереди учитывается время на выполнение 5-ти операций этапа планирования и 4-х операций этапа организации. При этом время выполнения операции разыгрывается случайным образом.

2. Собственно реализацию управленческого цикла.

2.1. Реализацию этапа планирования звеном верхнего уровня.

2.1.1. Назначение случайным образом баллов по каждой операции этапа.

2.1.2. Определение суммарного времени на выполнение этапа.

2.2. Реализацию этапа организации.

2.2.1. Назначение случайным образом баллов по каждой операции этапа.

2.2.2. Определение суммарного времени работы звена верхнего уровня.

2.2.3. Определение суммарного времени работы звена нижнего уровня на операциях 2–4 второго этапа управленческого цикла.

2.3. Реализацию этапа регулирования. Первая и третья операции осуществляются только звеном, непосредственно исполняющим управленческое решение, остальные операции реализуются совместно с вышестоящим звеном.

2.3.1. Назначение случайным образом баллов по каждой операции этапа.

2.3.2. Определение суммарного времени работы звена с учетом очереди на выполнение.

2.4. Реализацию этапа контроля.

2.4.1. Назначение случайным образом баллов по каждой операции этапа.

2.4.2. Добавление баллов звеньям на всех уровнях управления.

Модуль вывода результатов моделирования в текстовом режиме на мониторе отображает полученные данные. Выводятся следующие характеристики: среднее время решения управленческой задачи; среднее удельное время участия звена соответствующего уровня в решении управленческой задачи; распределение времени решения управленческой задачи по уровням управления; распределение удельного времени по уровням управления. Также может осуществляться запись результатов во внешний файл для дальнейшей работы с полученными данными, к примеру для их обработки в программе научной графики Origin.

На первом этапе исследования наиболее целесообразно использовать разработанную имитационную статистическую модель для анализа линейных организационных структур управления, как одних из самых простых по форме.

Пример схемы линейной структуры управления для нормы управляемости $\lambda = 3$ приведен на рис. 2. Основные показатели, характеризующие данную схему: количество уровней $M = 3$; число звеньев $N = 13$; число объектов $Q = 27$.

Линейная структура управления обеспечивает прямое воздействие на объект управления и сосредоточение всех функций управления у руководителя. Положительными сторонами линейной схемы организации управления являются: отсутствие у подчиненных противоречивых или не увязанных между собой распоряжений, полная ответственность руководителя за результаты работы, обеспечение принципа единоначалия, оперативность.

Недостатком этой структуры считается то, что каждый руководитель должен обладать разносторонними знаниями в объеме, необходимом для руководства всеми специализированными подразделениями, находящимися у него в подчинении [6].

Классическая линейная структура является одноуровневой, однако большинство реально используемых линейных структур являются, как правило, иерархическими, что объясняется сложностью объектов управления [6].

Количество объектов управления Q зависит от нормы управляемости λ и числа уровней управления M :

$$Q = \lambda^M. \quad (1)$$

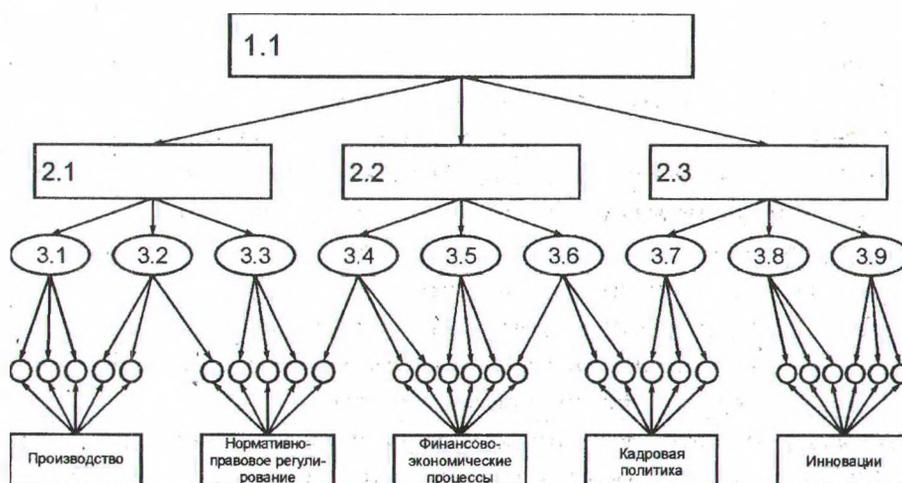


Рис. 2. Схема линейной структуры для нормы управляемости $\lambda = 3$

В формуле (1) предполагается, что норма управляемости λ одинакова на всех уровнях управления.

Число звеньев управления n_m на некотором уровне управления m

$$n_m = \lambda^{m-1}. \quad (2)$$

Общее количество звеньев управления в системе N

$$N = \sum_{m=1}^M n_m = \sum_{m=1}^M \lambda^{m-1}. \quad (3)$$

Системы управления, описываемые формулами (1)–(3), можно считать идеальными. В таких системах все звенья системы управления загружены работой в строгом соответствии со своими нормами управляемости. Схемы систем управления являются симметричными. Естественно, что в реальных системах управления такая идеально простая ситуация встречается крайне редко.

Структуры второго вида, как правило, не являются идеальными в том смысле, что баланс объектов управления и звеньев в соответствии с нормой управляемости на нижнем уровне управления не соблюдается. Структуры данного вида представляют интерес для исследования вопроса о влиянии структуры объектов на систему управления. В этом случае возможны следующие варианты нарушения идеальности схемы управления.

Если имеется дефицит объектов управления, то на верхних уровнях у части звеньев управления может уменьшаться норма управляемости. При этом возможны случаи уменьшения ее вплоть до нуля, что означает выключение этого звена из процесса управления.

Первыми исследовались идеальные схемы. При этом норма управляемости варьировалась от 2 до 9. Характерной особенностью поставленной на данной стадии моделирования исследовательской задачи являлось то, что максимальное время на выполнение одной операции на всех этапах управленческого цикла одинаково и равно 10 баллам. При имитации реализации операции фактическое время ее выполнения разыгрывалось по методу Монте-Карло на ЭВМ [5] с помощью генератора случайных чисел из диапазона 1–10.

Важным показателем, часто используемым при синтезе структур систем управления, является трудоемкость управления [2]. Данный показатель характеризует затраты человеко-машинного времени на выполнение функций управления для системы с заданной структурой и алгоритмом управления. В нашем случае трудоемкость W можно определить как произведение

$$W = T \times N. \quad (4)$$

Поскольку среднее время решения управленческой задачи T определяется в относительных единицах — баллах и оно безразмерно, а количество звеньев управления N также величина безразмерная, то и вычисленная по формуле (4) трудоемкость в итоге будет безразмерной.

Зависимость трудоемкости решения управленческой задачи от нормы управляемости приведена на рис. 3. Зависимость (рис. 3) имеет локальный минимум при $\lambda = 3$. Данная схема и схема с $\lambda = 4$ относятся к трехуровневым ($M = 3$). Следовательно, среди таких схем относительно более эффективной является схема с нормой управляемости $\lambda = 3$, как схема, имеющая меньшее число звеньев управления ($N = 13$).

С точки зрения обеспечения точности вычислений наиболее важным является вопрос о сходимости процедуры Монте-Карло. Сходимость решения управленческой задачи в зависимости от количества циклов Монте-Карло для $\lambda = 2$ иллюстрирует рис. 4. На данном рисунке видно, что уже после $N_{M-K} = 6\,000$ циклов Монте-Карло точность вычислений стабилизировалась на уровне 0,05%. Для надежности во всех случаях вычисления проводились с $N_{M-K} = 10\,000$.

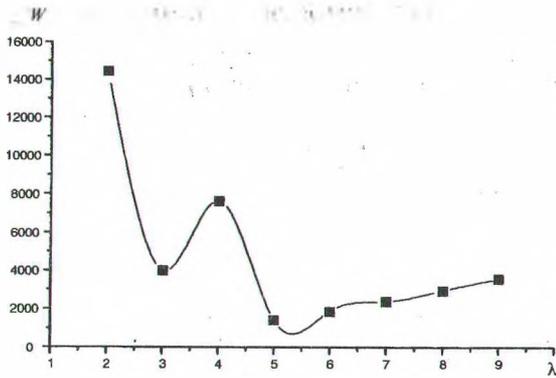


Рис. 3. Зависимость трудоемкости решения управленческой задачи от нормы управляемости

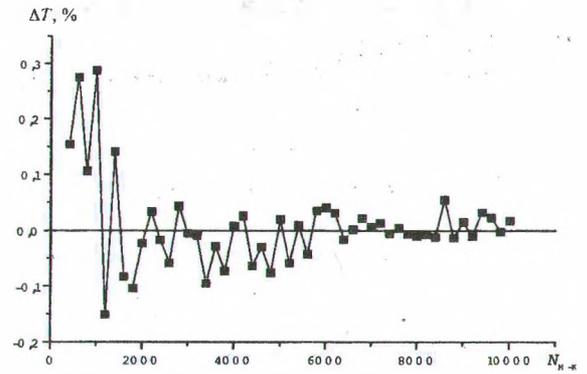


Рис. 4. Сходимость задачи в зависимости от количества циклов Монте-Карло для $\lambda = 2$

При анализе влияния на схему управления структуры управленческого цикла во второй исследовательской задаче полагалось, что максимальное время каждого этапа цикла одинаково и равно 50 баллам. Максимальное время на выполнение одной операции каждого этапа управленческого цикла, за исключением первого этапа, в этих условиях было больше 10 баллов.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что изменение соотношения затрат времени на реализацию этапов и операций управленческого цикла не изменяет функциональный вид полученных зависимостей, связывающих основные характеристики линейных систем управления.

Рассмотренное во второй задаче изменение структуры управленческого цикла не привело к устранению существенного недостатка рассматриваемых схем управления, заключающегося в невысокой загрузке звеньев на самом нижнем исполнительном уровне управления. Поэтому в третьей исследовательской задаче максимальное время, выделяемое на выполнение каждой операции 3 этапа управленческого цикла, было увеличено до 100 баллов. Максимальное время, выделяемое на выполнение операций на последующих этапах, составляло 10 баллов.

В качестве четвертой исследовательской задачи рассматривались схемы, у которых нарушен баланс объектов управления и звеньев в соответствии с нормой управляемости. Как отмечалось выше, схемы данного вида представляют интерес для исследования вопроса о влиянии структуры объектов на систему управления. На первой стадии исследований количество объектов управления принималось равным 25. Каждая операция управленческого цикла имела норматив времени 10 баллов.

На второй стадии исследований количество объектов управления принималось равным 64. Каждая операция управленческого цикла по-прежнему имела норматив времени 10 баллов.

Зависимость трудоемкости от нормы управляемости приведена на рис. 5. Анализируя полученную зависимость, необходимо отметить принципиальное изменение ее функционального вида по сравнению с рис. 3.

На рис. 5 видно, что зависимость трудоемкости от нормы управляемости не имеет оптимума в области рациональных значений нормы управляемости. Она монотонно уменьшается при увеличении нормы управляемости и достигает наименьшего значения, когда норма управляемости и количество объектов управления сравниваются, т. е. при $\lambda = Q$.

В заключение можно отметить, что необходимость имитационного математического моделирования организационных структур управления диктуется следующими обстоятельствами. В принципе можно было бы сразу, используя фактические данные, полученные в результате хронометрирования и расчета трудоемкости решения конкретных

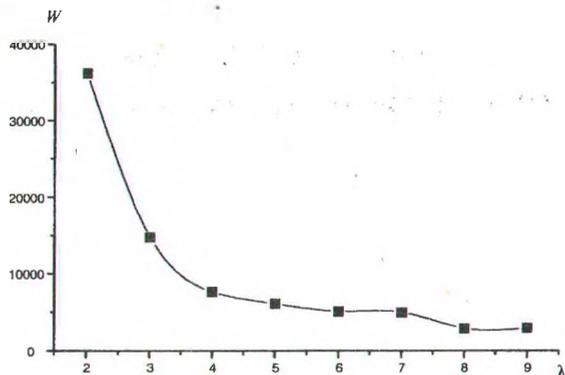


Рис. 5. Зависимость трудоемкости от нормы управляемости

управленческих задач в полиграфической промышленности, определить эффективность применяемых на различных уровнях управления организационных схем. В этом случае проверка адекватности этих схем представлениям теории управления либо затруднена, либо практически невозможна.

Вместе с тем в теории управления существует довольно развитая система структурных представлений, которые получены главным образом логическим путем, поскольку их непосредственное установление на уровне отрасли или даже предприятия очень трудоемко или рискованно в связи с возможностью потери управляемости объектом управления. Исходя из этого, имитационное математическое моделирование организационных структур управления на ЭВМ, помимо практической значимости, представляется перспективным методом для проведения научных исследований в области теории управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. — М.: Высшая школа, 1998. — 319 с.
2. Цвиркун А. Д. Основы синтеза структуры сложных систем. — М.: Наука, 1982. — 200 с.
3. Страшак А. Методы синтеза структуры управления большими системами // Методы оптимизации управления в больших системах. — София: Болгарская академия наук, 1968.
4. Pearson J. D. Decomposition, coordination and multilevel systems // IEEE Trans. Syst. Sci. Cybernet. — 1966. — Vol. 2.
5. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. — М.: Наука, 1967. — 368 с.
6. Исследование систем управления / Н. И. Архипова, В. В. Кульба, С. А. Косяченко, Ф. Ю. Чанхиева. — М.: Изд-во ПРИОР, 2002. — 384 с.