

УДК 681.3

doi: 10.26102/2310-6018/2018.23.4.029

А.Н.Швиндт

**СТРУКТУРА ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ЧИСЛЕННЫХ
МЕТОДОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ОПТИМИЗАЦИИ
КАЧЕСТВЕННОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТЕВЫХ
ОБЪЕКТОВ В МНОГОАСПЕКТНОЙ СРЕДЕ
ИНФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА**

*Министерство образования и науки РФ,
Москва, Россия*

Дана характеристика процесса функционирования сетевых объектов в многоаспектной среде информационного мониторинга. Рассмотрены основные аспекты оценивания качества функционирования в условиях цифровизации. Показана необходимость разработки объектно-ориентированных методов математического моделирования и численной оптимизации исследуемого процесса. Обоснован двухуровневый характер упорядоченности элементов многоаспектной среды информационного мониторинга и возможность их представления в виде нумерационных множеств. Приведены основные классы преобразований нумерационных множеств. Оценена зависимость большинства преобразований от экспертных оценок при взаимодействии объединения сетевых объектов с управляющим центром и потребителями результатов функционирования. Предложены виды математического моделирования и методы их реализации, которые соответствуют преобразованиям нумерационных множеств: структурное, статистическое, экспертно-агрегационное, экспертно-классификационное, экспертно-оптимизационное. При этом экспертно-оптимизационное моделирование направлено на последовательную редукцию вариантов качественного функционирования сетевых объектов с использованием численных методов рандомизированного поиска и экспертного оценивания.

Ключевые слова: сетевые объекты, качественное функционирование, информационный мониторинг, нумерационное множество, моделирование, численная оптимизация, экспертное оценивание.

В качестве сетевых объектов будем рассматриваются распространенные в технических и социально-экономических системах автономные элементы с однородным характером функционирования, объединяемые в организационное целое для выполнения заданных целей. Одной из устанавливаемых целей для объединения элементов, является обеспечение качественного функционирования сетевых объектов. При этом совокупность сетевых объектов характеризуется нумерационным множеством $i = \overline{1, I}$.

Проводимая в последнее время активная цифровизация технических и социально-экономических систем обеспечивает формирование многоаспектной среды информационного мониторинга. Для сетевых

объектов характерна цифровая трансформация следующих видов мониторингового оценивания:

- административное оценивание соответствия режима качественного функционирования объектов и его результатов нормативным требованиям;
- количественное оценивание факторов x_{ijl} , характеризующих режим качественного функционирования объектов, где $l = \overline{1, L}$ – нумерационное множество направлений функционирования; $j_l = \overline{1, J_l}$ – нумерационное множество факторов;
- количественное оценивание удовлетворенности потребителей результатами функционирования объектов y_{in_1} , где $n_1 = \overline{1, N_1}$ – нумерационное множество показателей, определяющих потребительскую оценку качественного функционирования;
- вопросно-ответное оценивание удовлетворенности потребителей качеством процесса функционирования объектов y_{in_2mg} , где $m = \overline{1, M}$ – нумерационное множество направлений оценивания; $n_{2m} = \overline{1, N_{2m}}$ – нумерационное множество вопросов по m -му направлению; $g_{n_{2m}} = \overline{1, G_{n_{2m}}}$ – нумерационное множество ответов.

Цифровая трансформация данных перечисленных видов мониторингового оценивания охватывает все аспекты, характеризующие режим качественного функционирования сетевых объектов:

- результативно-нормативный – соответствие результатов функционирования сетевого объекта нормативным требованиям;
- процессуально-нормативный – соответствие факторов, характеризующих режим функционирования, нормативным требованиям;
- результативно-потребительский – соответствие результатов функционирования сетевого объекта запросам потребителей;
- процессуально-потребительский – соответствие процесса функционирования сетевого объекта потребностям, возможностям и интересам потребителей.

Таким образом, совокупность цифровых ресурсов образует многоаспектную среду информационного мониторинга.

Схема функционирования сетевых объектов в многоаспектной среде информационного мониторинга приведена на рис.1. На ней сетевые объекты взаимодействуют с управляющим центром системы и потребителями результатов функционирования $r_i, i = \overline{1, I}$. центр оценивает достигнутый уровень факторов и показателей качественного

функционирования и определяет целевое ресурсное обеспечение $V_i, i = \overline{1, I}$, для создания условий выполнения нормативных требований [1]. При этом принимается вариант решения, включающий наиболее значимые факторы, определяющие наибольший рост показателей качественного функционирования. Для достижения условий качественного функционирования, связанных с выбранными факторами, осуществляется распределение ресурсного обеспечения V_i .

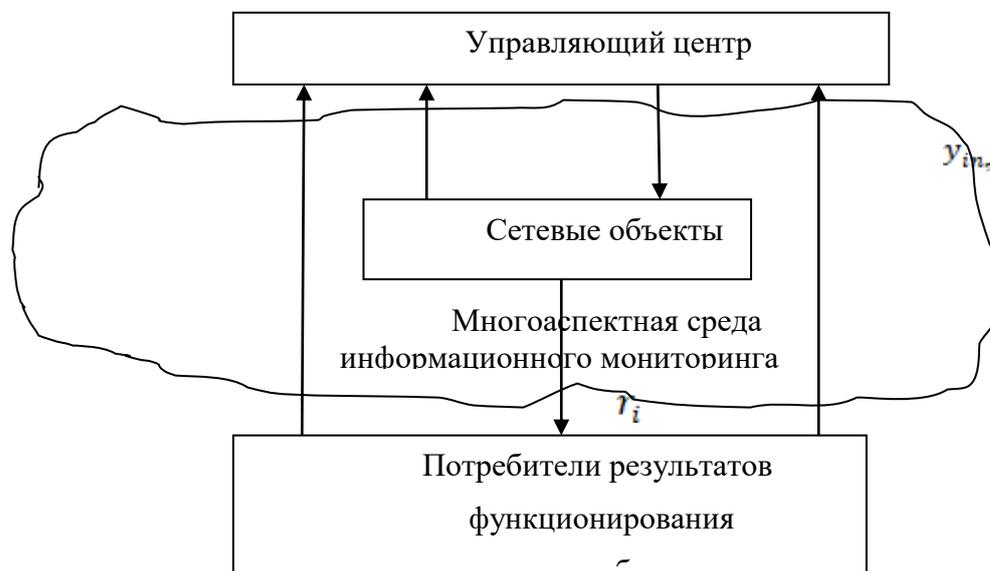


Рисунок 1- Схема функционирования сетевых объектов в многоаспектной среде информационного мониторинга

При объектной ориентации методов математического моделирования и численной оптимизации следует учитывать ряд структурных особенностей многоаспектной среды информационного мониторинга, формируемой на основе цифровой трансформации результатов функционирования сетевых объектов:

- двухуровневый характер упорядоченности элементов среды в соответствии со структурой нумерационных множеств, представляющих функционирование сетевых объектов;
- определяющее значение нумерационного множества первого уровня, характеризующего упорядоченность в соответствии с номерами сетевых объектов;
- зависимость нумерационных множеств второго уровня, характеризующих упорядоченности в соответствии с направлениями количественного оценивания качественного функционирования сетевых объектов, от упорядоченности элементов первого уровня.

Перечисленные особенности влияют на разработку объектно-ориентированных методов математического моделирования и численной оптимизации, позволяющих осуществить следующие преобразования нумерационных множеств первого и второго уровней в условия и ресурсы обеспечивающие требования качественного функционирования сетевых объектов:

- трансформацию количественных оценок второго уровня с учетом упорядоченности элементов первого уровня в статистические выборки;
- трансформацию статистических выборок в зависимости показателей от факторов количественного оценивания функционирования сетевых объектов;
- визуальную трансформацию статистических выборок в соответствии с нумерационными множествами первого и второго уровней;
- агрегирование нумерационных множеств второго уровня на основе моделей интегрального оценивания;
- упорядочение сетевых объектов в нумерационные множества, отражающие их ранговые последовательности в соответствии с интегральными оценками;
- классификационное упорядочение элементов нумерационных множеств первого и второго уровней с учетом ранговых последовательностей сетевых объектов;
- последовательную редукцию элементов нумерационных множеств второго уровня на основе оптимизационных моделей;
- экспертное упорядочение редуцированных множеств второго уровня.

Наряду со структурными особенностями на применение математических методов в виде только формализованных процедур влияет значительная зависимость большинства преобразований от экспертных оценок административных структур управляющего центра, сетевых объектов и потребителей результатов их функционирования при анализе данных многоаспектного информационного мониторинга. Поэтому при исследовании возможностей объектной ориентации методов математического моделирования будем основываться на совмещение экспертных оценок и формализованных выводов в рамках экспертно-формализованных процедур, использующих цифровые и визуальные ресурсы многоаспектной среды информационного мониторинга.

Исходя из этих позиций, рассмотрим те виды математического моделирования и методы их реализации, которые соответствуют перечисленным выше преобразованиям нумерационных множеств.

1. Структурное моделирование.

В данном случае под структурным моделированием будем понимать формализованное описание трансформаций упорядоченности элементов первого и второго уровня в процессе их последовательной редукции оптимального режима качественного функционирования сетевого объекта. В качестве формализованных описаний предлагается использовать две базовые процедуры теории нумераций [2]:

- преобразование совокупности нумерационных множеств в семейство морфизмов;
- нахождение главной вычислимой нумерации семейства морфизмов.

Первая из них необходима для структурирования компонентов многоаспектной среды информационного мониторинга; вторая – при обосновании оптимизационного характера последовательной редукции элементов нумерационных множеств. Такой процесс структурного моделирования будем называть нумерационной структуризацией многоаспектной среды информационного мониторинга.

2. Статистическое моделирование.

Структуризация компонентов многоаспектной среды информационного мониторинга позволяет сформировать статистические выборки количественных оценок функционирования сетевых объектов, упорядоченные нумерацией элементов первого уровня $i = \overline{1, I}$;

$$x_{ij}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}; \hat{y}_i^1, i = \overline{1, I}; \hat{y}_{im}^2, i = \overline{1, I}, m = \overline{1, M}. \quad (1)$$

Таким образом, объем этих статистических выборок равен I . Для трансформации статистических выборок в зависимости показателей $y^1, y_m^2, m = \overline{1, M}$ и факторов $x_{ij}, j = \overline{1, J}$ количественного оценивания качества функционирования сетевых объектов:

$$y^1 = y^1(x_j), y_m^2 = \varphi_m^2, m = \overline{1, M} \quad (2)$$

с предварительной оценкой числовых характеристик выборок (математическое оценивание, среднеквадратичное отклонение, медиана) предлагается использовать стандартные программные комплексы. Рассмотрим возможности использования для этих целей пакета STATISTICA [3]. Этот программный комплекс показал эффективность в

решении задач управления качеством и включает все необходимые методы статистического моделирования:

- разведочный визуальный анализ;
- первичную обработку данных и вычисление элементарных статистик;
- проверку статистических гипотез;
- корреляционный анализ, включая ранговую корреляцию;
- регрессионное моделирование на основе полиномиальных моделей;
- нейросетевое моделирование.

В нашем случае особенно важно, что при необходимости трансформации статистических выборок в зависимости показателей и факторов количественного оценивания функционирования сетевых объектов приемлемыми являются и регрессионное, и нейросетевое моделирование. Однако дальнейшее использование моделей при последовательной редукции вариантов на основе численной оптимизации не требует аналитического вида зависимости оптимизируемой функции от переменных, что обеспечивается при регрессионном моделировании. Достаточно иметь возможность определять значения оптимизируемой функции при фиксированных значениях переменной. В этом случае предпочтительным является нейросетевое моделирование, которое, кроме того, учитывает эмерджентность моделируемых процессов в обеспечении качественного функционирования сетевых объектов.

3. Экспертно-агрегационное моделирование.

Экспертно-агрегационное моделирование направлено на агрегирование многомерных количественных данных, характеризующих условия и показатели качественного функционирования сетевых объектов, с использованием формализованного описания в виде моделей интегрального оценивания и экспертных оценок при выборе структуры и параметров этих моделей [4,5].

В [6] обобщены результаты исследований по формированию моделей интегрального оценивания данных информационного мониторинга. Рассмотрено 9 базовых моделей и проанализированы их достоинства и недостатки при агрегировании количественных оценок (1). Предлагается для задачи формирования условий качественного функционирования сетевых объектов использовать модель аддитивной свертки

$$x = \sum_{j=1}^J \alpha_j \hat{x}_j, \quad (3)$$

где \hat{x}_j – нормированные значения количественных оценок

$$\hat{x}_j = \frac{x_j - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}},$$

x_j^{\min}, x_j^{\max} – соответственно минимальное и максимальное значение x_j в выборке (1);

α_j – весовые коэффициенты

$$0 \leq \alpha_j \leq 1, j = \overline{1, J}, \sum_{j=1}^J \alpha_j = 1.$$

Достоинством этой оценки является ее ассоциативность, позволяющая отыскивать значения коэффициентов α_j с помощью экспертного сравнительного анализа и различных форм упорядочения. Недостатком (3) как и других типов свертки является требование масштабирования значений x_j в некоторый общий интервал $[0, A]$.

Для выбора параметров аддитивной модели (3) предлагается максимально использовать экспертные оценки на основе:

- наглядно-образных механизмов интуиции [7] при анализе визуального ресурса многоаспектной среды информационного мониторинга в виде круговой диаграммы, на которой отражены значения факторов (показателей) i -го объекта и медианные значения по статистическим выборкам (1);
- механизмов сравнительного анализа и логического упорядочения при формировании отношений предпочтения элементов нумерационных множеств второго порядка.

4. Экспертно-классификационное моделирование

Этот вид моделирования необходим как возможность выполнить последовательную редукцию нумерационных множеств: на первом этапе для класса сетевых объектов, а затем – для i -го сетевого объекта. Основу экспертно-классификационного моделирования составляют ранговые последовательности сетевых объектов, упорядоченные по величинам интегральных оценок показателей качественного функционирования, и экспертные оценки различных визуальных трансформаций. Таким образом

под экспертно-классификационным моделированием будем понимать разделение сетевых объектов по определенным группам на основании их сходства и различия, но в отличие от математических методов классификации и кластеризации будем использовать не формальные меры близости или коэффициенты ранговой корреляции, а экспертные оценки визуальных трансформаций преобразованных нумерационных множеств.

Используем две визуальные трансформации. Первая основана на агрегации нумерационных множеств второго уровня с применением моделей интегрального оценивания и последующим упорядочением сетевых объектов в нумерационные множества, отражающие их ранговые последовательности. Визуальная трансформация состоит в построении диаграммы рангов. На оси абсцисс обозначаются номера сетевых объектов $i = \overline{1, I}$ в последовательности, соответствующей их рангам: от значения $i' = I$ до значения $i' = 1$. На оси ординат откладываются значения интегральных оценок $y_i^1, y_{im}^2, m = \overline{1, M}$. Получаем $M + 1$ график. Эксперт на основе механизмов наглядно-образной интуиции устанавливает границы классов в местах скачков на графиках [7].

Вторая визуальная трансформация основана на методах многомерного шкалирования [8], позволяющих изобразить данные о сетевых объектах $y_i^1, y_{im}^2, m = \overline{1, M}$ в виде $i = \overline{1, I}$ точек на плоскости. На основе механизма наглядно-образной интуиции эксперт устанавливает границы классов. Окончательный результат экспертно-классификационного моделирования состоит в принятии согласованного решения экспертов о разделении на классы на основе перечисленных визуальных трансформаций.

5. Экспертно-оптимизационное моделирование последовательной редукции вариантов качественного функционирования сетевых объектов.

Последовательная редукция представляет собой оптимизационную процедуру поиска главной вычислимой нумерации семейства морфизмов, характеризующих нумерационные множества первого и второго порядка. Поэтому при формализованной постановке задач оптимизации основную роль будут играть альтернативные переменные, характеризующие включение определенных элементов в нумерационное множество. В том случае, когда нумерационное множество связано с количественными оценками, необходимо определять оптимальные значения непрерывных переменных для элементов редуцированного множества. Необходимость поиска одновременно по альтернативным и непрерывным переменным является первой особенностью этого вида моделирования.

Вторая особенность состоит в поиске компромисса между числом элементов редуцированного множества и необходимостью сохранять те

элементы упорядоченности второго порядка, которые позволяют обеспечить значения показателей качественного функционирования сетевых объектов не хуже достигнутого уровня.

В формализованном виде эти особенности учитываются в рамках оптимизационной модели, включающий критерий минимизации числа элементов при выполнении ограничений, накладываемых на показатели качественного функционирования. При этом вводятся альтернативные переменные [9]

$$z_j = \begin{cases} 1, & \text{если } j - \text{й элемент включается в редуцированное множество,} \\ 0, & \text{в противном случае } j = \overline{1, J} \end{cases} \quad (4)$$

В качестве непрерывных переменных рассматриваются факторы x_j , оказывающие влияние на условия качественного функционирования. Значение этих факторов влияет на агрегированные интегральные показатели качества $y^1, y_m^2, m = \overline{1, M}$ в том случае если $z_j = 1$, что требует построения зависимостей φ^1 и $\varphi_m^2, m = \overline{1, M}$ от произведения переменных $x_j \cdot z_j$:

$$y^1 = \varphi^1(x_j \cdot z_j), y_m^2 = \varphi^2(x_j, z_j), m = \overline{1, M}.$$

Достигнутый уровень показателей качественного функционирования обозначим $\hat{y}^1, \hat{y}_m^2, m = \overline{1, M}$, а пределы изменения факторов x_j

$$x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max}, j = \overline{1, J}. \quad (5)$$

Тогда имеем следующую оптимизационную модель редукции вариантов качественного функционирования

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^J z_j &\rightarrow \min, \\ \varphi^1(x_j \cdot z_j) &\geq \hat{y}^1, \\ \varphi_m^2(x_j \cdot z_j) &\geq \hat{y}_m^2, m = \overline{1, M} \\ z_j &= \begin{cases} 1, & j = \overline{1, J}, \\ 0, & j = \overline{1, J}, \end{cases} \\ x_j^{\min} &\leq x_j \leq x_j^{\max}, j = \overline{1, J}. \end{aligned} \quad (6)$$

Для построения процедур численной оптимизации используем следующие формулы преобразования (6):

переход от оптимизационной модели с ограничениями к эквивалентной оптимизационной модели без ограничений [10]

$$\Psi = - \sum_{j=1}^J z_j + \lambda^1 [\varphi^1(x_j \cdot z_j) - \hat{y}_m^1] + \sum_{m=1}^M x_m^2 \rightarrow \max_{z_j, x_j} \min_{\lambda^1, \lambda_m^2}; \quad (7)$$

расширение естественной стохастической среды многоаспектного информационного мониторинга в виде статистических выборок (1) за счет искусственной рандомизации переменных (4), (5):

z_j с распределением

$$P(\tilde{z}_j = 1) = p_{zj}, P(\tilde{z}_j = 0) = q_{zj}, p_{zj} + q_{zj} = 1, \quad (8)$$

где $P(\cdot)$ – обозначение вероятности события,

\tilde{x}_j с плотностью распределения $\omega(\tilde{x}_j)$ и математическим ожиданием \bar{x}_j , равном текущему значению переменной из интервала (5) - \hat{x}_j

$$\bar{x}_j = \hat{x}_j; \quad (9)$$

перехода за счет рандомизации переменных от задачи (7) к ее вероятностному аналогу (механизм сглаживания):

$$\bar{M}\{\Psi(\tilde{z}_j, \tilde{x}_j, \lambda^1, \lambda_m^2)\} \rightarrow \max_{z_j, x_j} \min_{\lambda^1, \lambda_m^2}, \quad (10)$$

где $\bar{M}(\cdot)$ – обозначение математического ожидания, определяемого при заданных распределениях переменных \tilde{z}_j, \tilde{x}_j .

Проведение преобразований (7) – (10) позволяет использовать стохастические алгоритмы оптимизации.

Для стохастического алгоритма оптимизации по переменным (4) обосновано, что за конечное число итераций $k = \overline{1, K}$, значения вероятностей части из этих переменных (8) принимает значения, в интервале $(1 - \varepsilon)$, где $\varepsilon \leq 1$ некоторое заданное число, а другая часть в интервале $(0 + \varepsilon)$ [9]. Тогда на основе значений этих вероятностей определяется вероятность каждого варианта $w = \overline{1, W}$ сочетания значений (4), равных 1 или 0, в решении задача (10). По этим значениям выделяются 3 – 5 доминирующих варианта. Окончательный выбор осуществляется на множестве доминирующих вариантов с использованием экспертного оценивания. Поэтому данный вид моделирования назван в работе – экспертно-оптимизационным моделированием.

Переменные эквивалентной задачи оптимизации λ^1, λ_m^2 , которые не подвергались рандомизации определяются в соответствии с градиентным алгоритмом поиска седловой точки задачи (7):

$$\lambda^{1(k+1)} = \max \left\{ \alpha, \lambda^{1(k)} - \beta^{1(k+1)} \frac{\sigma \Psi \left(z_j^k, x_j^k, \lambda^{1(k)}, \lambda_m^{2(k)} \right)}{\sigma \lambda^1} \right\} = \quad (11)$$

$$= \max \{ 0, \lambda^{1(k)} - \beta^{1(k+1)} [\varphi^1(x_j^k \cdot z_j^k) - \hat{y}^1] \},$$

$$\lambda^{2(k+1)} = \max \left\{ 0, \lambda^{2(k)} - \beta^{2(k+1)} \frac{\sigma \Psi \left(z_j^k, x_j^k, \lambda^{1(k)}, \lambda_m^{2(k)} \right)}{\sigma \lambda_m^2} \right\} = \quad (12)$$

$$= \max \{ 0, \lambda^{2(k)} - \beta^{2(k+1)} [\varphi_m^2(x_j^k \cdot z_j^k) - \hat{y}_m^2] \},$$

где $\beta^{1(k)}$ – величина шага движения в направлении поиска для переменной λ^1 на k –й итерации,

$\beta_m^{1(k)}$ – величина шага движения в направлении поиска для переменных $\lambda_m^2, m = \overline{1, M}$ на k –й итерации.

Поскольку в оценке доминирующих вариантов участвует $d = \overline{1, D}$ представителей администрации сетевых объектов, то для выбора окончательного варианта используем методы группового экспертного оценивания. Для минимизации времени компьютерного совещания основанного на выборе согласованного группового решения экспертов, целесообразно ориентироваться на два метода [9]:

- по принципу большинства голосов;
- по принципу диктатора (доминирующего эксперта).

В первом случае выбор окончательного варианта условий, обеспечивающего качественное функционирование сетевого объекта, осуществляется на основе подсчета числа голосов экспертов и сравнения с порогом: $\frac{D}{2}$ – простое большинство, $\frac{2}{3}D$ – большинство в 2/3 голосов, D – большинство. Во втором случае выбор осуществляется на основании окончательного решения доминирующего эксперта, в нашем случае руководителя администрации сетевого объекта.

Во втором случае выбор осуществляется на основании окончательного решения доминирующего эксперта, в нашем случае руководителя администрации сетевого объекта.

Структура последовательности решения задач математического моделирования и оптимизации качественного функционирования сетевых объектов приведена на Рисунке 2, а в Таблице 1 показано соответствие между видами преобразования нумерационных множеств и видами объектно-ориентированного математического моделирования, объединенными в единый цикл. При этом оптимизация формирования и распределения целевого ресурсного обеспечения требует отдельного рассмотрения.

Далее задачи статистического моделирования будем рассматривать как инвариантные и для их решения применять программный комплекс STATISTICA, а для других видов моделирования разработаны процедуры, ориентированные на особенности качественного функционирования сетевых объектов в многоаспектной среде информационного мониторинга.

Предложенная структура последовательности (Рисунок 2) обеспечивает поэтапное снижение размерности решаемых задач:

- на этапе экспертно-агрегационного моделирования сокращается размерность нумерационных множеств, характеризующих упорядоченность количественных данных информационного мониторинга

$$x_{ijl}, y_{in_1}^1, y_{in_2, m}^2, i = \overline{1, I}, l = \overline{1, L}, j_l = \overline{1, J_l}, n_1 = \overline{1, N_1}, \\ n_{2m} = \overline{1, M},$$

за счет перехода к интегральным оценкам

$$x_{il}, y_i^1, y_i^2, i = \overline{1, I};$$

- на этапе экспертно-классификационного моделирования сокращается размерность нумерационного множества сетевых объектов $i = \overline{1, I}$ за счет его разделения на заданное число классов $u = \overline{1, U}$ количеством элементов

$$i_u = \overline{1, I_u}, u = \overline{1, U}, \sum_{u=1}^U I_u = I;$$

- на этапе экспертно-оптимизационного моделирования сокращается размерность нумерационных множеств, характеризующих упорядоченность количественных данных $x_{ijl}, i = \overline{1, I}, l = \overline{1, L}, j_l = \overline{1, J_l}$, за счет последовательной редукции множеств $l_u = \overline{1, L_u}$ до $l_{1u}^* = \overline{1, L_{1u}^*} < L_u$ в каждом классе сетевых

объектов $i_u = \overline{1, U}$, затем множеств $j_{i_u}^* = \overline{1, J_{i_u}^*}$
 $j'_{i_u} = \overline{1, J'_{i_u}} < J_{i_u}^*$, $l_1^* = \overline{1, L_{1u}^*}$, $u = \overline{1, U}$ и наконец, до объема
ресурсного обеспечения, позволяющего обеспечить оптимальные
значения факторов $x_{ij'l_1}^*$ и предыдущего уровня редукции.

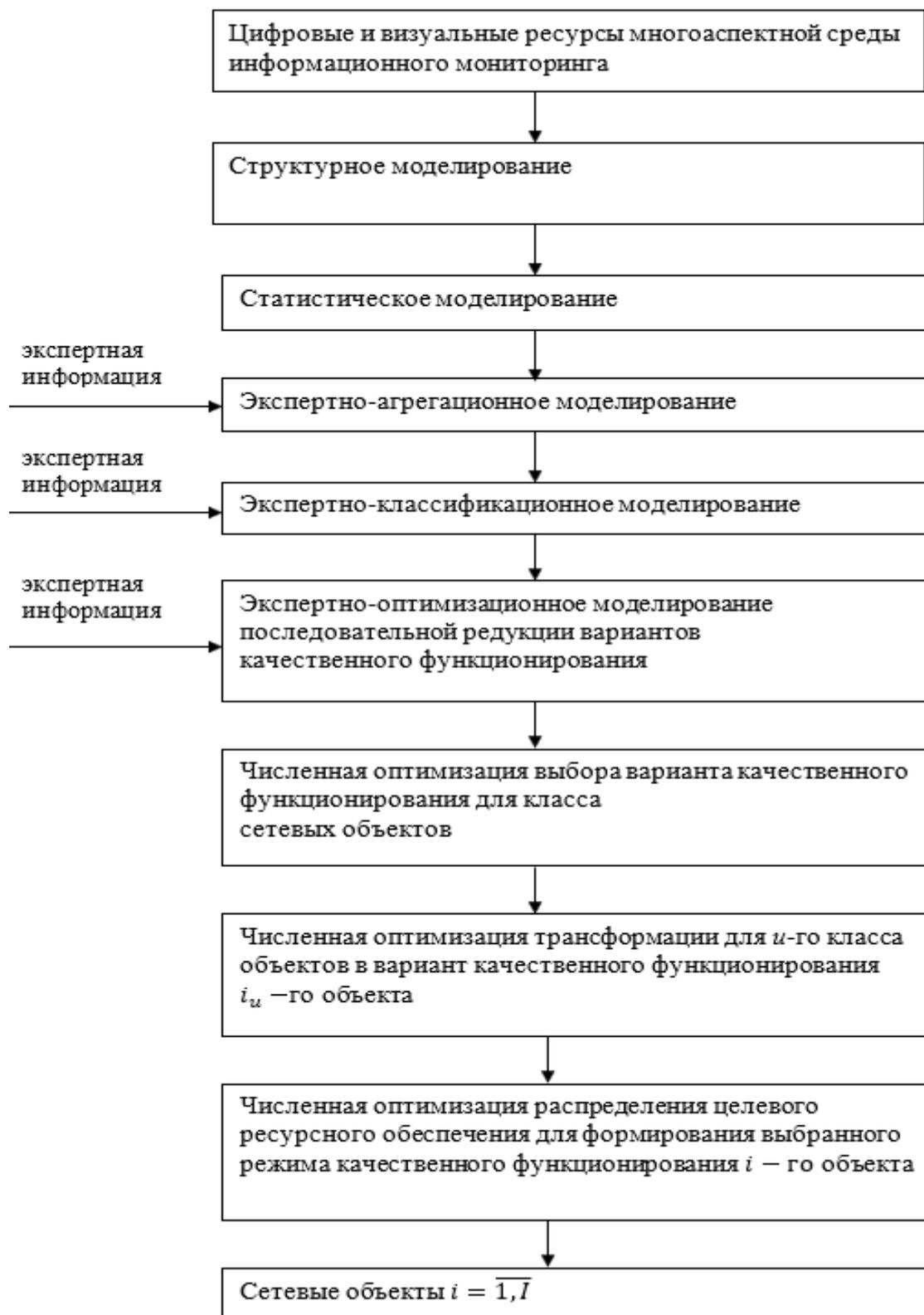


Рисунок 2 - Структурная схема последовательности решения объектно-ориентированных задач математического моделирования и оптимизации

Реализация программ математического моделирования и численной оптимизации включает следующий набор инвариантных модулей:

определения нумерационных множеств сетевых объектов в соответствии с их принадлежностью к определенному классу на основе интегрального оценивания, ранжирования и экспертно-классификационного моделирования (M11);

вычисления значений оптимизируемых функций при заданных начальных значениях оптимизируемых переменных на базе соответствующей нейросетевой модели (M12);

вариационные вычисления в рамках итерационной поисковой процедуры (M13);

формирование множества доминирующих (альтернативных) вариантов решений для конкретного сетевого объекта (M14);

формирования множества альтернативных вариантов распределения целевого ресурсного обеспечения (M15);

ввода нумерационных множеств сетевых объектов в соответствии с ранговыми последовательностями и определения значений интегральных оценок для объектов с более высокими рейтингами по сравнению с конкретным вузом (M21);

идентификации экспертов на нумерационном множестве $d = \overline{1, D}$ и опрос оценок по альтернативным вариантам решений в режиме голосования (M22);

сравнения голосов экспертов, соответствующих альтернативным вариантам решений (M23);

определения доминирующей альтернативы (окончательного решения) по результатам сравнительного анализа итогов голосования (M24);

вывод информации, характеризующей окончательное решение для его реализации в практике вуза (M25).

Структурная схема взаимодействия этих модулей приведена на Рисунок 3.

При этом в среде Mathcad 7.0 перечисленные модули объединены в три программы:

- экспертно-классификационное моделирование сетевых объектов по интегральным оценкам качественного функционирования – модули M11, M;
- оптимизация последовательной редукции вариантов качественного функционирования сетевых объектов – модули M12 - M15;

- компьютерное совещание по принятию управленческих решений с целью формирования условий качественного – модули M21 – M25.

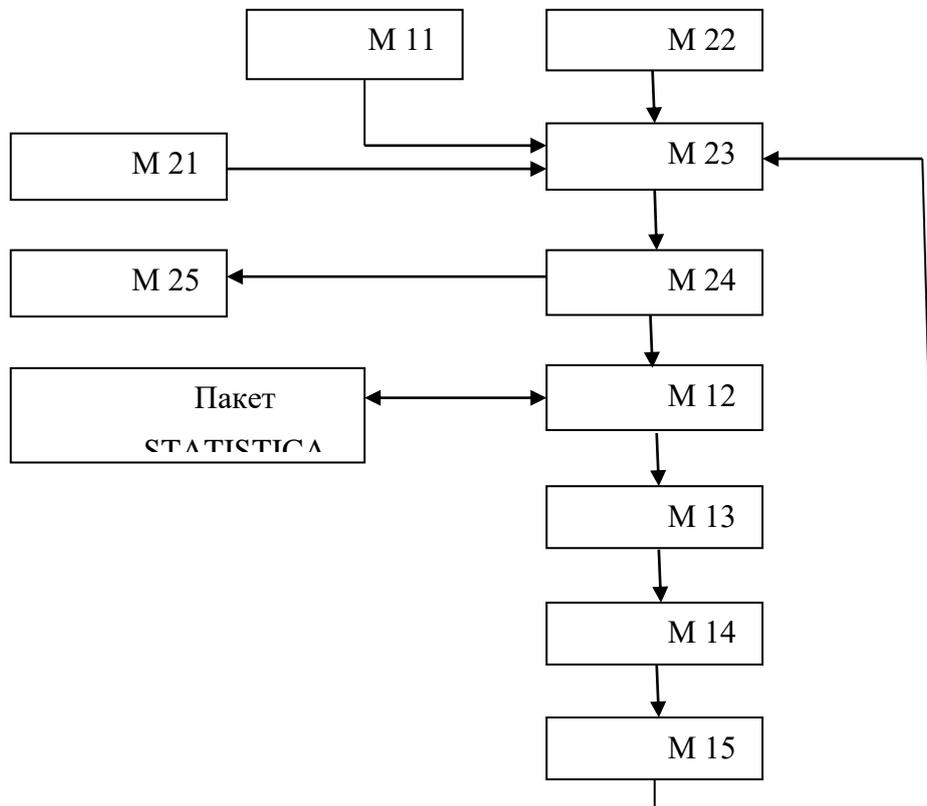


Рисунок 3 - Структурная схема взаимодействия инвариантных программных модулей при реализации программ математического моделирования и численной оптимизации

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем / В.Н.Бурков – М.: Наука, 1977. – 225 с.
2. Ершов Ю.Л. Теория нумераций. М.: Наука, 1977. – 416 с.
3. Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством/ О.В.Стукач.– Томск. Из-во Томского политехнического университета, 2011.– 163 с.
4. Батищев Д.И. Оптимизация в САПР / Д.И.Батищев, Я.Е.Львович, В.Н.Фролов. – М.: Высш.шк., 1977. – 416 с.

5. Айзерман М.А. Элементы теории выбора. Псевдокритерии и псевдокритериальный выбор/ М.А.Айзерман, Б.М.Литваков.– М: Наука, 1994.
6. Каширина И.Л. Интегральное оценивание эффективности сетевых систем с кластерной структурой/ И.Л.Каширина, Я.Е.Львович, С.О.Сорокин// Экономика и менеджмент систем управления. - 2015, №3(15). С.330-337.
7. Гурова П.П. Психологический анализ решения задач / П.П.Гурова. – Воронеж: ВГУ, 1976.– 927 с.
8. Терехина А.Ю. Методы многомерного шкалирования и визуализации (обзор)/ А.Ю.Терехина// Автоматика и телемеханика1973.– №7.– С.80-94.
9. Львович Я.Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде / Я.Е.Львович, И.Я.Львович. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2010. – 140 с.
- 10.Львович И.Я. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения / И.Я.Львович, Я.Е.Львович, В.Н.Фролов. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2016. – 444 с.

A.N. Schwindt

STRUCTURE OF THE TASKS OF MODELING, NUMERICAL METHODS AND SOFTWARE TOOLS OF OPTIMIZATION OF QUALITATIVE FUNCTIONING OF NETWORK OBJECTS IN MULTI-ASPECT ENVIRONMENT OF INFORMATION MONITORING

*Ministry of Education and Science of the Russian Federation,
Moscow, Russia*

A characterization of the functioning of network objects in a multi-dimensional information monitoring environment is given. The main aspects of the evaluation of the quality of functioning in the conditions of digitalization are considered. The necessity of development of object-oriented methods of mathematical modeling and numerical optimization of the process under study is shown. The two-level nature of the orderliness of the elements of a multidimensional information monitoring environment and the possibility of their representation in the form of numeric sets are substantiated. The main classes of numeric sets transformations are given. The dependence of the majority of transformations on expert assessments in the interaction of the incorporation of network objects with the managing centre and consumers of the results of the operation are evaluated. The types of mathematical modeling and methods for their implementation that correspond to the transformations of the numeric sets: structural, statistical, expert-aggregation, expert-

classification, expert-optimization are proposed. At the same time, expert optimization modeling is aimed at the sequential reduction of variants of qualitative functioning of network objects with the use of numerical methods of randomized search and expert evaluation.

Keywords: network objects, high-quality functioning, information monitoring, numeric set, modeling, numerical optimization, expert evaluation.

REFERENCES

1. Burkov V.N. Osnovy matematicheskoy teorii aktivnykh sistem / V.N.Burkov – M.: Nauka, 1977. – 225 p.
2. Ershov Yu.L. Teoriya numeratsiy. M.: Nauka, 1977. – 416 p.
3. Stukach O.V. Programmnyy kompleks Statistica v reshenii zadach upravleniya kachestvom/ O.V.Stukach.– Tomsk. Iz-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2011.– 163 p.
4. Batishchev D.I. Optimizatsiya v SAPR / D.I.Batishchev, Ya.E.L'vovich, V.N.Frolov. – M.: Vyssh.shk., 1977. – 416 p.
5. Ayzerman M.A. Elementy teorii vybora. Psevdokriterii i psevdokriterial'nyy vybor/ M.A.Ayzerman, B.M.Litvakov.– M: Nauka, 1994.
6. Kashirina I.L. Integral'noe otsenivanie effektivnosti setevykh sistem s klasternoy strukturoy/ I.L.Kashirina, Ya.E.L'vovich, S.O.Sorokin// Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya. - 2015, No.3(15).– pp.330-337.
7. Gurova P.P. Psikhologicheskyy analiz resheniya zadach / P.P.Gurova. – Voronezh: VGU, 1976.– 927 p.
8. Terekhina A.Yu. Metody mnogomernogo shkalirovaniya i vizualizatsii (obzor)/ A.Yu.Terekhina// Avtomatika i telemekhanika1973.– No.7.– pp.80-94.
9. L'vovich Ya.E. Prinyatie resheniy v ekspertno-virtual'noy srede / Ya.E.L'vovich, I.Ya.L'vovich. – Voronezh: IPTs «Nauchnaya kniga», 2010. – 140 p.
10. L'vovich I.Ya. Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i optimizatsii: kratkaya teoriya i prilozheniya / I.Ya.L'vovich, Ya.E.L'vovich, V.N.Frolov. – Voronezh: IPTs «Nauchnaya kniga», 2016. – 444 p.