

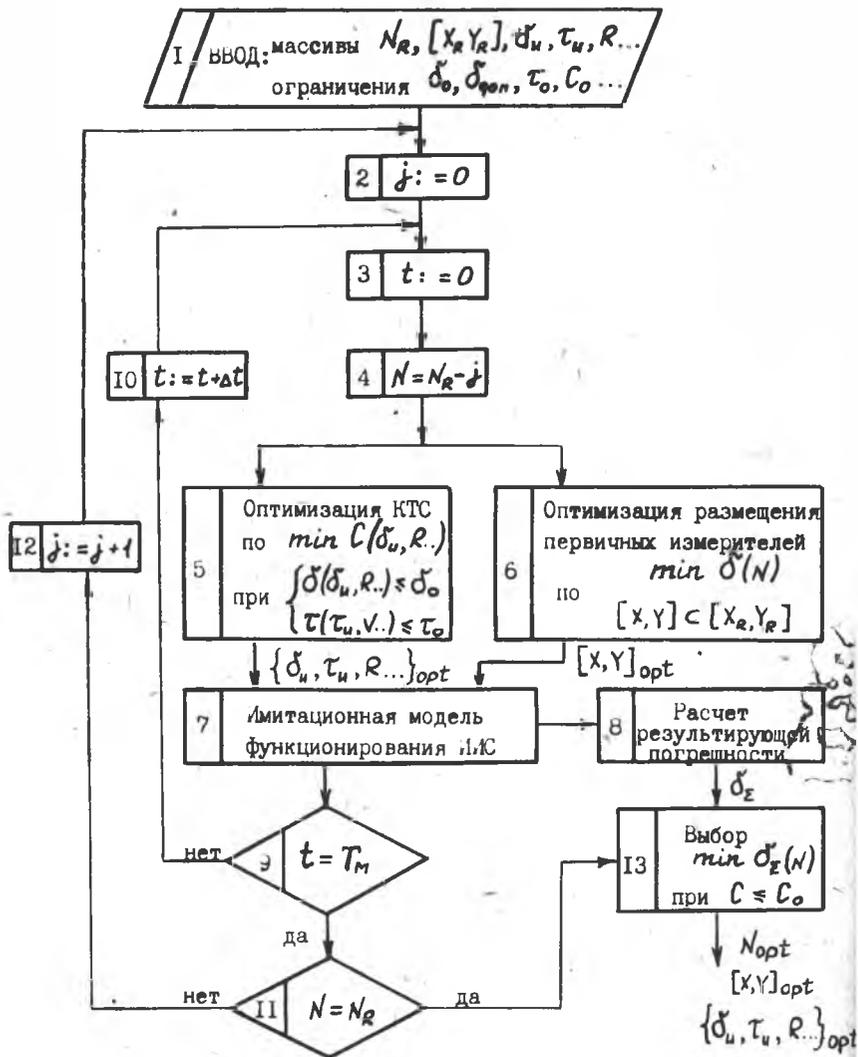
В.А.Г л а з у н о в

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

При проектировании автоматизированных пространственно-временных информационно-измерительных систем (ИИС) различного назначения возникает ряд существенных трудностей, связанных с необходимостью одновременного учета функционального, информационного и технического аспектов системы. Задача проектирования включает в себя выбор комплекса технических средств (КТС) ИИС и их размещение по объекту контроля таким образом, чтобы обеспечить получение выходной информации за определенное время в любой точке контролируемого объекта с заданной точностью при минимальных суммарных затратах на систему в целом. Подобная задача в общей своей постановке носит векторный характер, однако известные методы сведения векторной задачи к скалярной (метод взвешенных оценок, построение упорядоченной совокупности основных параметров ИИС с приоритетом, минимаксные методы и т. п.) связаны со значительной долей произвола и не обеспечивают высокой достоверности решения. В то же время в связи с ростом номенклатуры используемых технических средств на первый план выдвигается задача разработки объективной методики, позволяющей достаточно простыми способами найти обоснованные характеристики отдельных элементов ИИС и их рациональное расположение по объекту, особенно на ранних этапах проектирования, при небольшом числе исходных данных с учетом их возможного изменения в процессе проектирования, производства и эксплуатации. Поэтому разработка эффективных методов синтеза автоматизированных ИИС с учетом комплекса предъявляемых к ним требований является актуальной задачей.

В настоящее время широко используется метод имитационного моделирования системы, однако этот метод предполагает, что комплекс технических средств для реализации ИИС известен или изменяется в небольших пределах. Предлагаемая автором методика основана на сочетании имитационных методов с аналитическими (рис. 1).

Искомыми характеристиками проектной задачи являются число первичных измерителей N_{opt} с координатами $[x, y]_{opt}$ из имеющегося числа N_R с известным местоположением $[x_R, y_R]$, а также технические характеристики измерительных элементов системы (точ-



Р и с. 1. Алгоритм методики проектирования пространственно-временной ИИС

ность δ_u и скорость τ_u измерения, точность и скорость преобразования и первичной обработки информации (δ_n, τ_n), средств передачи данных (скорость B и достоверность передачи $P_{0ш}$) и центрального пункта сбора и обработки информации (длина разрядной сетки ЭВМ R и ее производительность V), обеспечивающие минимальные суммарные затраты $C(\delta_u, \tau_u)$ при безусловном выполнении заданных алгоритмов и технических требований на результирующую скорость $\tau_{доп}$ и верность $\delta_{доп}$ получения выходной информации. В основе предложенного алгоритма лежит расчет результирующей точности $\delta_{\Sigma} = \delta_0 + \delta_m$, где δ_0 - составляющая результирующей погрешности, связанная с передачей и обработкой информации техническими средствами ИИС; δ_m - погрешность метода расчета восстановления информации в произвольной точке объекта контроля.

Величина методической погрешности δ_m связана с выбором числа N пунктов измерения: при увеличении числа первичных измерителей N погрешность δ_m падает, однако при этом растут суммарные затраты $C(N)$. Используя предложенный алгоритм, можно найти оптимальное значение N_{opt} с координатами $[X, Y]_{opt}$, при котором суммарные затраты на ИИС минимальны и вместе с тем обеспечивается заданное значение результирующей погрешности $\delta_{доп}$ путем ее перераспределения между составляющими δ_0 и δ_m .

Исходными данными для расчета являются допустимые значения погрешностей $\delta_0, \delta_{доп}$, массив первичных измерителей N_R с координатами $[X_R, Y_R]$, возможный набор технических средств с характеристиками δ_u, τ_u, R и т.п. Эти данные вводятся как исходные - блок I ввода (см. рис. I).

Далее для принятого числа N пунктов (блоки 2-4) решаются две независимые подзадачи - расчет оптимальных характеристик КТС (блок 5) и оптимизация размещения первичных измерителей (блок 6).

Задача выбора КТС сформулирована как задача минимизации целевой функции экономической природы, связывающей стоимость системы C с основными техническими характеристиками звеньев ИИС:

найти $\delta_u, \tau_u, \delta_n, \tau_n, P_{0ш}, B, R, V$, обеспечивающие

$$\min C(\delta_u, \tau_u, \delta_n, \tau_n, P_{0ш}, B, R, V) \quad (I)$$

при $\sum_i \delta_i^2 \leq \delta_0, \quad \sum_i \tau_i \leq \tau_0.$

Решение задачи (I) предлагается осуществить аналитически поэтапно:

1) выделить множество нехудших по Парето систем, отвечающих безусловному критерию предпочтения [1];

2) представить исходную задачу в виде двух скалярных подзадач оптимизации точности выходной информации и времени ее получения (2) и (2')

$$\left\{ \begin{array}{l} \min C(\delta_n, \delta_p, \rho_{ow}, R); \\ \text{при } \delta(\delta_n, \delta_p, \delta_R, \delta_p) \leq \delta_0; \end{array} \right. \quad (2) \quad \left\{ \begin{array}{l} \min C(\tau_n, \tau_p, v, \gamma); \\ \text{при } \tau(\tau_n, \tau_p, v, \gamma) \leq \tau_0. \end{array} \right. \quad (2')$$

3) определить технико-экономические зависимости $C(\delta_n \dots)$ и $C(\tau_n \dots)$ для каждого элемента ИМС методом аппроксимации экспериментальных данных (2) и (2');

4) выявить аналитические зависимости $\delta(\delta_n, \delta_p \dots)$ и $\tau(\tau_n, \tau_p \dots)$ путем анализа и исследования структуры ИМС;

5) определить искомые значения точности и времени одним из методов нелинейного программирования [2].

Так как значения ограничений δ_0 и τ_0 в общем случае неизвестны, то задача (1) или ее производные подзадачи (2) и (2') решаются многократно при вариации δ_0 и τ_0 , поэтому искомые технические характеристики КТС находятся в виде некоторых зависимостей. Аналогично определяются функциональные зависимости $C(\delta_0)$ и $C(\tau_0)$.

Решение задачи размещения с последующим выбором оптимального числа N_{opt} пунктов измерения осуществляется методами имитационного моделирования (блоки 6, 7). Для их реализации по заданному алгоритму восстановления измерительной информации для каждого местоположения сети пунктов определяется погрешность выходной информации и рассчитывается результирующая погрешность δ_{Σ} (блок 8).

Окончательно число пунктов N_{opt} с координатами $[x, y]_{opt}$ определится после просмотра всех вариантов структурного построения ИМС (блоки изменения числа N — II, I2) за заданное время моделирования T_m (блоки 9, 10) по минимуму результирующей погрешности $\min \delta_{\Sigma}$ (блок I3).

Предложенный алгоритм реализован при проектировании трехуровневой ИМС контроля загрязнения атмосферы [3]. Используя разработанный алгоритм расчета концентрации загрязнения атмосферы q_N в заданной точке объекта контроля, для каждого $N < N_R$ найдена составляющая погрешности $\delta_m(N)$ как разность между значением уровня загрязнения q_{NR} , найденного при максимальном числе первич-

ных станций контроля уровня загрязнения N_R , и восстановленным значением q_N в точках, где станции контроля не будут поставлены

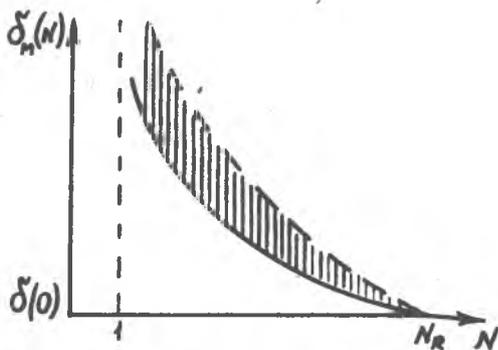
$$\delta_m(N) = |q_{N_R} - q_N| / q_{N_R}.$$

Изменение значений $\delta_m(N)$ при вариации местоположения первичных измерителей представлено на рис. 2 заштрихованной областью. Оптимальные значения $\delta_m(N)$ представлены левой нижней границей этой области. Далее, используя принцип группирования технических характеристик, задача (I) сформулирована в виде

$$\begin{aligned} \min C(\delta_0) &= C(\delta_m) + C(R) + C(\rho_{0m}) = \\ &= \frac{a_1}{a_2 + a_3 \delta_m} + b_1 R + b_2 R^2 + C_1 + C_2(1 + \rho_{0m}) \end{aligned} \quad (3)$$

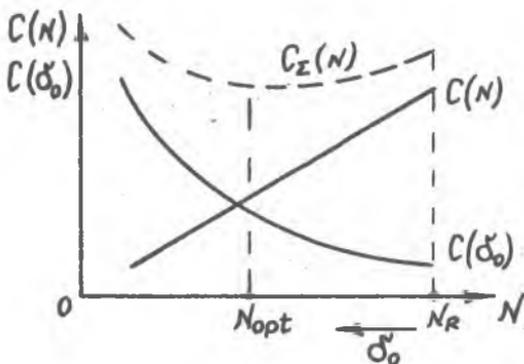
$$\text{при } \delta_m^2 + \delta^2(R) + \delta^2(\rho_{0m}) + \delta_m^2(N) \leq \delta_{\text{доп}} - \delta_R,$$

где $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, C_1, C_2$ - коэффициенты аппроксимации;
 δ_R - погрешность аппроксимации.



Р и с. 2. Погрешность восстановления поля загрязнения в ИИС контроля чистоты атмосферы

Найденная в результате решения задачи (3) зависимость $C(\delta_0)$ при различном числе N пунктов представлена на рис. 3. В качестве допустимого значения погрешности получения картины загрязнения атмосферы использовано принятое в [4] значение $\delta_{\text{доп}} (\%) = 10-30\%$



Р и с. 3. Оптимизация числа пунктов контроля

(исходя из требований получения поля загрязнения с достоверностью не хуже 70–90%). Тогда, с учетом погрешности аппроксимации δ_R , можно найти зависимости $C(N)$ и суммарные зависимости экономических затрат C_Σ от числа пунктов контроля $C_\Sigma(N) = C(N) + C(\delta_0)$. Эта зависимость, представленная на рис. 3, имеет минимум, соответствующий искомому значению N_{opt} .

Таким образом, удается оптимизировать количество первичных измерителей в системе контроля загрязнения окружающей среды.

Литература

1. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. – М.: Сов. радио, 1975. – 368 с.
2. Глазунов В.А., Федоров Ю.В. Выбор типа ЭВМ в системе сбора и обработки информации как оптимизационная задача. – В сб.: Исследования по акустике, электрофизике и радиоэлектронике. – Куйбышев: КуАИ, 1977, с. 129–131.
3. Глазунов В.А. и др. Разработка методов проектирования и внедрения информационно-измерительных систем контроля загрязнения атмосферы. – В кн.: Технические средства для государственной системы наблюдений и контроля природной среды (ГСКП). – Обнинск, 1983, с. 57–58.
4. Щербань А.Н., Примак А.В., Копейкин В.И. Автоматизированные системы контроля загрязненности воздуха. – Киев: Техника, 1979. – 160 с.