

В.Л. Грачев
(ВНИИ ГОЧС МЧС России; e-mail: g-vl@mail.ru)

МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Предложена обобщённая модель для оценки качества структуры и эффективности автоматизированных систем антикризисного управления федерального и регионального уровней в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера при принятии решения о создании новой или модернизации существующей системы, а также о выборе рациональной концепции системы.

Ключевые слова: автоматизированная система, модель, эффективность, качество.

V.L. Grachev **THE MODEL FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE AUTOMATED SYSTEM OF CRISIS MANAGEMENT IN EMERGENCIES**

The universal model for assessing the quality of structure and efficiency of the automated systems of crisis management at the federal and regional levels in emergency situations of natural and technogenic character when deciding on creating new or improving existing systems, as well as the rational choice concept of the system.

Key words: automated system, model, efficiency, quality.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 12 мая 2015 г.

Анализ работ в области исследования эффективности и экономической оценки функционирования **автоматизированных систем антикризисного управления федерального и регионального уровней в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера (АС АКУЧС)** показал, что в современных условиях для обеспечения обоснованного выбора рационального варианта их создания и эксплуатации, в том числе архитектуры, состава аппаратно-программных средств, распределения финансовых ресурсов, мероприятий по развёртыванию и дальнейшему развитию, необходима разработка и внедрение в практику современного научно-методического аппарата по технико-экономической оценке указанных систем.

Как известно, фундамент для высокоэффективного функционирования любой АС закладывается в начале её создания, в самом начале проектирования на стадиях формирования требований к ней и разработки концепции [1]. Также многое зависит от правильности принятия решения о модернизации или замене действующей системы. Эти положения полностью относятся к АС АКУЧС, при этом с учётом значительных стоимости и социально-экономической важности АС АКУЧС значимость рациональности решений, принимаемых в начале работ (рис. 1), приобретает особую важность в масштабах субъекта Российской Федерации и страны в целом.



Рис. 1. Этапы создания (модернизации) АС АКУЧС

Соответственно, для поддержки принятия решений о создании или модернизации АС АКУЧС и выборе концепции АС АКУЧС на начальных этапах проектирования, когда отсутствуют подробная информация о объектах автоматизации и системе в целом, необходимо разработать способы проведения необходимых оценок на основе уже имеющейся статистической информации или неспецифических данных по аналогичным проектам. Соответственно, актуальным становится наличие модели для оценки эффективности АС АКУЧС, соответствующей подходам, изложенным в [2-4].

Таким образом, необходимо разработать модель АС АКУЧС, позволяющую для варианта структуры (либо существующей системы, либо варианта концепции разрабатываемой АС) достоверно оценить количественные значения реальных или прогнозируемых результатов функционирования АС АКУЧС в условиях отсутствия части данных, относящихся к объектам автоматизации и соответствующим им территориям обслуживания.

Исходной информацией при построении математических моделей процессов функционирования систем служат данные о назначении и условиях работы исследуемой системы S . Эта информация определяет основную цель моделирования системы S и позволяет сформулировать требования к разрабатываемой математической модели M . Причем уровень абстрагирования зависит от круга тех вопросов, на которые необходимо получить ответ с помощью модели, и в какой-то степени определяет выбор математической схемы.

Каждая конкретная система S характеризуется набором свойств, под которыми понимаются величины, отражающие поведение моделируемого объекта (реальной системы) и учитывающие условия её функционирования во взаимодействии с внешней средой E . При построении математической модели системы необходимо решить вопрос об её полноте, которая регулируется в основном выбором границы "система S – среда E ". Также ставится задача упрощения модели, которая помогает выделить основные свойства системы, отбросив второстепенные. Причем отнесение свойств системы к основным или второстепенным существенно зависит от цели моделирования системы (например, анализ вероятностно-временных характеристик процесса функционирования системы, синтез структуры системы и т.д.).

Модель системы S можно представить в виде набора множеств величин, описывающих процесс функционирования реальной системы и включающего следующие множества:

- совокупность входных воздействий на систему $U = \{u_i, I = 1, \dots, I_U\}$ (здесь и далее общее количество элементов некоторого множества Z обозначается как I_Z);
- совокупность воздействий внешней среды $H = \{h_i, I = 1, \dots, I_H\}$;
- совокупность внутренних (собственных) параметров системы $V = \{v_i, I = 1, \dots, I_V\}$;
- совокупность выходных характеристик системы $Y = \{y_i, I = 1, \dots, I_Y\}$.

В перечисленных множествах можно выделить управляемые и неуправляемые переменные. В общем случае u_i, h_i, v_k, y_j являются элементами непересекающихся множеств и содержат как детерминированные, так и стохастические составляющие.

Процесс функционирования системы S описывается оператором F_s , который в общем случае преобразует независимые переменные в зависимые в соответствии с соотношениями вида $y(t) = F_s(u, h, v, t)$, где t соответствует множеству T ($T = \{t_i, I = 1, \dots, I_T\}$) возможных сочетаний значений u_i, h_i, v_k . Таким образом, под математической моделью системы S понимают конечное подмножество переменных $\{u(t), h(t), v(t)\}$ вместе с математическими связями между ними и характеристиками $y(t)$.

В соответствии с результатами анализа особенностей системы антикризисного управления вертикали НЦУКС МЧС России и вариантов Системы-112 и с учётом цели разработки модели для случая АС АКУЧС получаем:

- совокупность входных воздействий – множество характеристик потока ЧС и происшествий;
- совокупность воздействий внешней среды – множество характеристик территории обслуживания АС АКУЧС;
- совокупность внутренних (собственных) параметров АС АКУЧС – множество характеристик элементов системы (объектов, подсистем, функциональных задач);
- совокупность выходных характеристик системы – множество характеристик результатов функционирования АС АКУЧС.

Очевидно, что для "нормирования" характеристик целесообразно выделить некий минимальный элемент системы, обеспечивающий её функционирование на минимально выделенной территории (районе обслуживания элемента АС АКУЧС), которой является территория муниципального образования (района) субъекта Российской Федерации, а указанным элементом – объект автоматизации соответствующего органа повседневного управления АС АКУЧС. Так, например, для МЧС России этим органом повседневного управления в рамках РСЧС является ЕДДС, для МВД России – отделение внутренних дел (рис. 2).

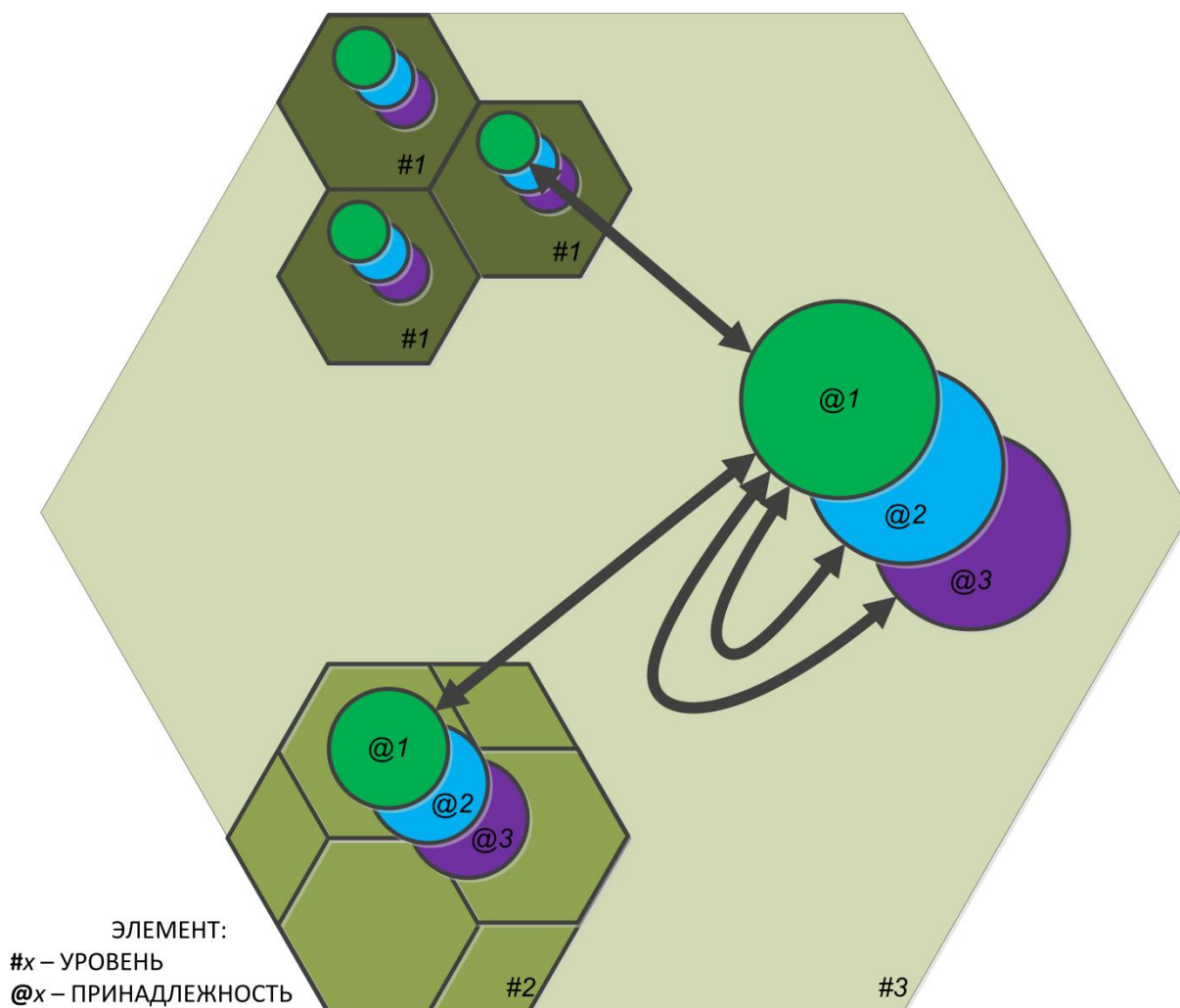


Рис. 2. Территориальная и ведомственная "привязка" элементов модели

С учётом цели разработки модели (решение задачи оценки эффективности АС АКУЧС) применительно к минимальному элементу системы указанные подмножества конкретизируются следующим образом.

Совокупность входных воздействий – статистические характеристики (данные) по территории обслуживания в части ЧС и происшествий:

- ежегодный прямой материальный ущерб;
- ежегодное количество погибших;
- ежегодное количество пострадавших.

Совокупность воздействий внешней среды – географические и экономические характеристики территории обслуживания АС АКУЧС:

- количество постоянно проживающего населения;
- удельный доход бюджета (на 1 человека);
- индексы-дефляторы;
- норматив стоимости 1 часа обучения;
- норматив стоимости 1 м² помещений;

Совокупность внутренних параметров АС АКУЧС – множество характеристик минимального элемента:

- привязка к территории обслуживания;
- перечень элементов верхнего (относительно рассматриваемого) уровня управления;
- перечень элементов нижнего (относительно рассматриваемого) уровня управления;
- направления обмена управляющими воздействиями;
- качественные и количественные характеристики организационно-технической реализации АС АКУЧС [4];
- количество автоматизированных рабочих мест;
- площадь помещений элемента;
- количество персонала;
- стоимость программно-технического комплекса элемента АС АКУЧС;
- относительное снижение ежегодного прямого материального ущерба благодаря функционированию АС АКУЧС;
- относительное снижение ежегодного количества погибших благодаря функционированию АС АКУЧС;
- относительное снижение ежегодного количества пострадавших благодаря функционированию АС АКУЧС.

Совокупность выходных характеристик системы – перечень показателей качества структуры и эффективности:

- степень загрузки элементов АС АКУЧС;
- наличие резервирования путей передачи воздействий между отдельными элементами АС АКУЧС;
- максимальное число звеньев при передаче воздействия;
- степень централизации АС АКУЧС;
- интегральная оценка эффективности организационно-технической реализации АС АКУЧС [4];
- сокращение материального ущерба;
- сокращение числа погибших;
- сокращение числа пострадавших.

Соответствие между реальными объектами автоматизации (объектами управления) и элементами модели определяется тем, что формальная модель по сути отражает взаиморасположение, характеристики и показатели элементов, входящих в АС АКУЧС, и их взаимосвязь (рис. 3). С этой точки зрения основой модели является иерархическое разбиение зоны ответственности всей АС АКУЧС на отдельные районы обслуживания объектов автоматизации (элементов модели), связанных между собой и с вышестоящим уровнем управления управляющими воздействиями и обратной связью.

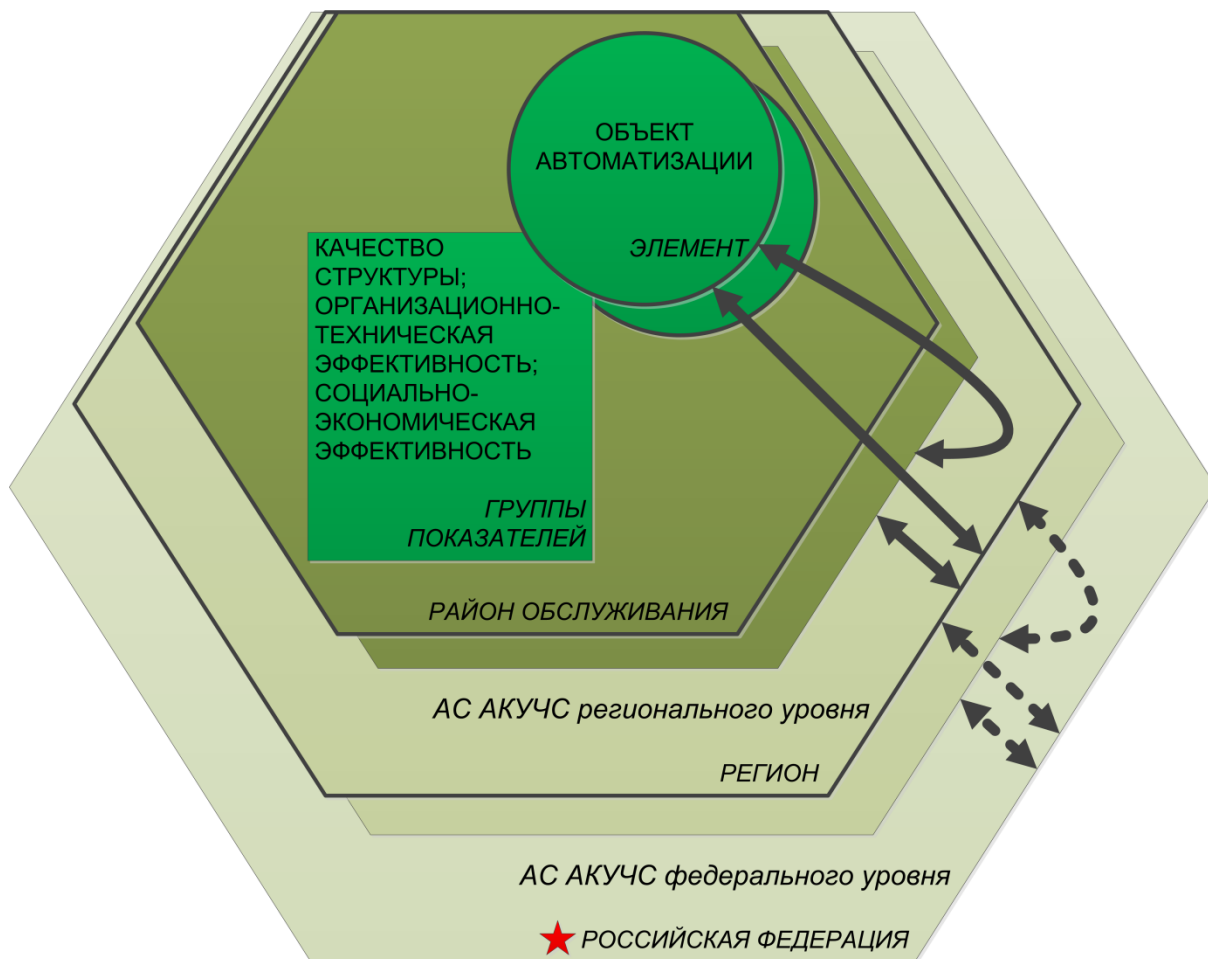


Рис. 3. Суть модели АС АКУЧС

При таком разбиении каждый элемент соответствует объекту автоматизации (пункт управления) с подчиненными силами и средствами, все они отвечают за один и тот же район (рис. 4). Каждый элемент можно описать конкретными значениями характеристик, математические связи между ними однозначны.

Очевидно, что обслуживание одного и того же района возможно несколькими объектами автоматизации различных уровней управления. Однако при анализе структур существующих АС АКУЧС выяснилось, что такой вариант возможен только в нештатных режимах (когда, например, объект автоматизации более низкого уровня отключён, а его район ответственности обслуживается объектом автоматизации более высокого уровня управления, имеющим, однако, и свой собственный район обслуживания), которые в рамках модели не рассматриваются, либо когда существует жёсткая централизация системы управления и каждый объект автоматизации верхнего уровня "отвечает" за все объекты нижнего уровня. Последний случай сводится к описанному ранее выделением виртуальных долей характеристик объекта автоматизации верхнего уровня, переносимыми на объекты нижнего уровня управления и зависящих от интенсивности обмена воздействиями с ними.

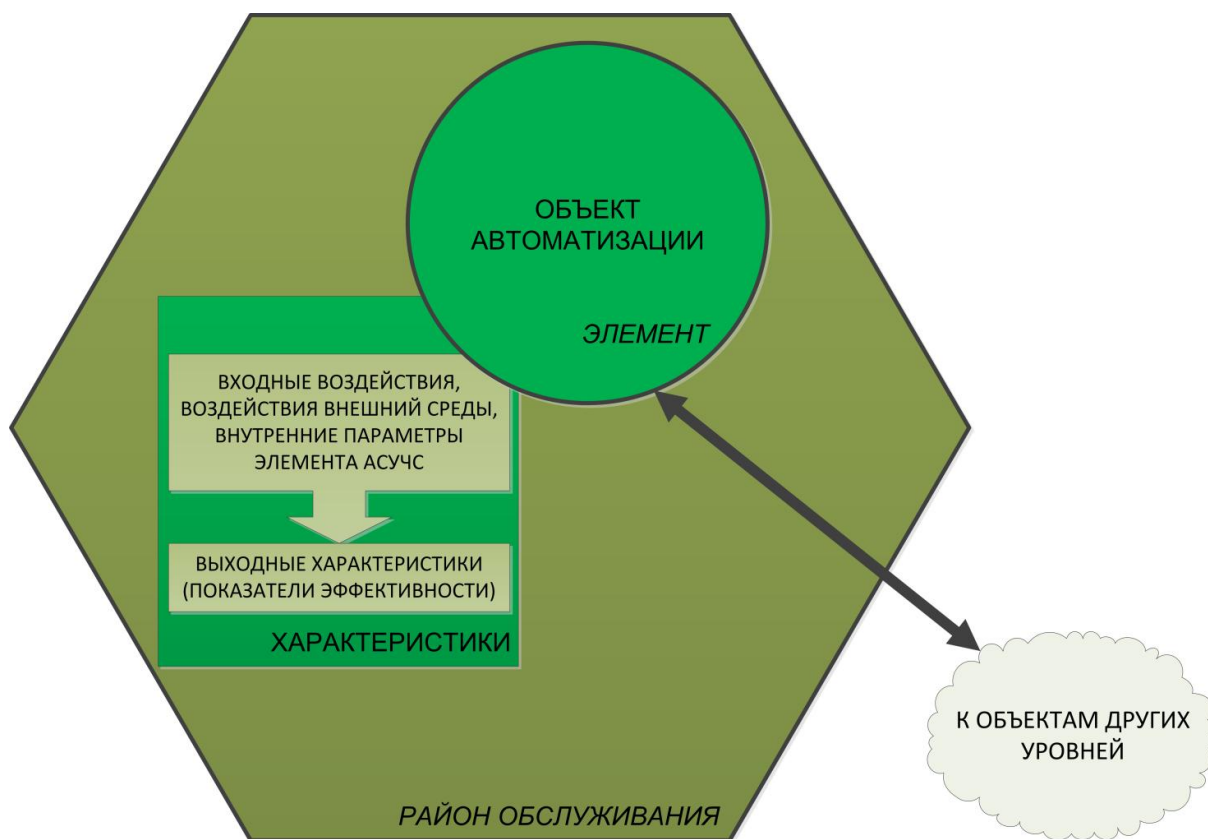


Рис. 4. Минимальный элемент модели АС АКУЧС

Однако проведенный анализ показывает, что на начальных этапах проектирования (то есть именно когда модель и должна применяться) данные в части указанных характеристик системы для выделенных таким образом элементов по отдельности отсутствуют и получить их в приемлемые сроки (либо с приемлемыми затратами) невозможно. Кроме того, для каждой из выходных характеристик (показателей эффективности) доступные данные в части требуемых определяющих характеристик (входным и внешним воздействиям, собственным параметрам) системы относятся к несовпадающим между собой совокупностям элементов системы.

Следовательно, разбиение зоны ответственности АС АКУЧС необходимо производить отдельно для каждой из выходных характеристик таким образом, чтобы для каждой выделяемой территории (совокупности районов обслуживания с объектами автоматизации) возможно было определить значения определяющих характеристик, требуемые для расчёта выходных характеристик, и в сумме все выделенные территории и объекты автоматизации составляли зону ответственности АС АКУЧС и всю инфраструктуру АС АКУЧС.

Множество T возможных сочетаний элементов множеств входных воздействий на систему u_i , воздействий внешней среды h_l , внутренних параметров системы v_k расширяется элементами t'_m , определяющими возможность сочетаний $u_i, h_l, v_k, u'_i, h'_l, v'_k$, характеризующих совокупности элементов модели, при дополнительном условии существования u'_i, h'_l, v'_k .

Для отражения в модели возможности частичного изменения элемента при развертывании АС АКУЧС (например, при модернизации объекта автоматизации) используется фрагмент элемента, соответствующий подсистеме АС АКУЧС, для которого вводятся дополнительные к вышеуказанным внутренние параметры элементов АС АКУЧС v''_k (рис. 5):

- относительная стоимость фрагмента (в общей стоимости элемента АС АКУЧС);
- относительный вклад фрагмента в сокращение материального ущерба;
- относительный вклад фрагмента в сокращение числа погибших;
- относительный вклад фрагмента в сокращение числа пострадавших.

Множество T расширяется элементами t''_m , определяющими возможность сочетаний $u_i, h_l, v_k, u'_i, h'_l, v'_k, v''_k$, характеризующих совокупности элементов модели, при дополнительном условии существования v''_k .

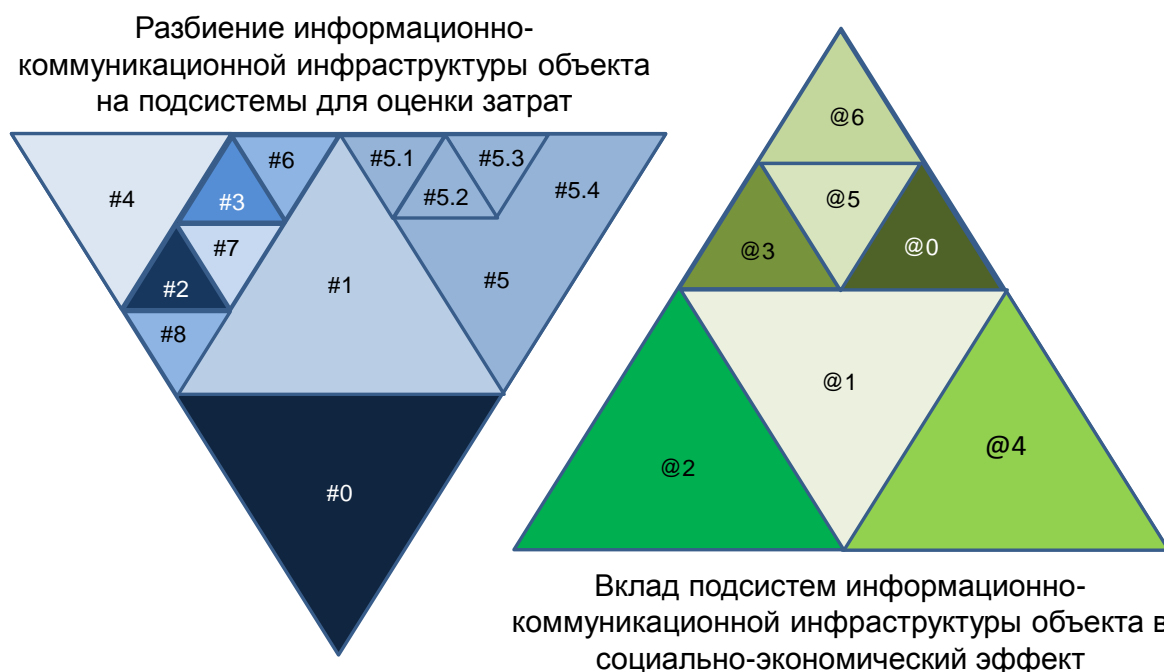


Рис. 5. Фрагментация минимального элемента модели

С учётом вышесказанного, окончательно модель АС АКУЧС вербально можно описать следующим образом:

- множество выходных характеристик варианта АС АКУЧС однозначно определяется совокупностью множеств входных воздействий, воздействий внешней среды и внутренних параметров варианта (множеств аргументов);
- из всей зоны обслуживания АС АКУЧС выделяется минимальный элемент (район обслуживания одного объекта АС АКУЧС), также рассматриваются непустые совокупности минимальных элементов, все вместе составляющие множество совокупностей районов обслуживания;

- множества аргументов состоят из элементов, каждый из которых представляет собой условную единицу информации (при её отсутствии элемента не существует), соответствующую, во-первых, характеристике (указанной ранее при определении входных воздействий, воздействий внешней среды и внутренних параметров), во-вторых, одному из элементов множества совокупностей районов обслуживания;

- каждый из элементов множеств аргументов имеет взаимно однозначное соответствие с одним из элементов множества совокупностей районов обслуживания;

- каждому элементу множества совокупностей районов обслуживания может соответствовать не более одного элемента по каждой из характеристик множеств аргументов;

- каждая из выходных характеристик АС АКУЧС, относящаяся к некоторой территории обслуживания АС АКУЧС, определяется по таким элементам множеств аргументов, что соответствующие им элементы множества совокупностей районов обслуживания в сумме равны этой территории обслуживания;

- рационально определять указанную выходную характеристику по таким элементам множеств аргументов, для которых количество соответствующих им элементов множества совокупностей районов обслуживания минимально.

Для определения совокупности множеств аргументов, удовлетворяющего условию минимума количества соответствующих им элементов множества совокупностей районов обслуживания, целесообразно использовать вспомогательное множество требования аргументов, каждый элемент которого представляет собой индикатор необходимости характеристики множеств аргументов для определения выходной характеристики АС АКУЧС.

Формализовать модель АС АКУЧС можно следующим образом:

1) определим множество районов обслуживания объектов АС АКУЧС

$$P = \left\{ p_i : \bigcup_{i=1}^{I_P} p_i = \theta, i = 1, \dots, I_P, \forall p_l \forall p_k p_l \cap p_k = \emptyset : l \neq k \right\},$$

где θ – вся зона обслуживания АС АКУЧС;

I_P – общее число районов обслуживания объектов АС АКУЧС;

2) определим множество совокупностей районов обслуживания объектов АС АКУЧС (то есть множество всех подмножеств, за исключением пустого множества)

$$S = \{s_i : s_i \subseteq P \setminus \emptyset, i = 1, \dots, I_S\},$$

где I_S – количество всех возможных комбинаций районов обслуживания;

3) определим множество аргументов (в соответствии со сказанным ранее понимаемое как объединение множеств входных воздействий, воздействий внешней среды и внутренних параметров АС АКУЧС)

$$X = \{x_{ai} : \forall x_{ai} \exists! s_i, a = 1, \dots, I_a, i = 1, \dots, I_{x_a}, \forall a I_{x_a} \leq I_s\},$$

где a – индекс, определяющий конкретную характеристику входного воздействия, воздействия внешней среды или внутреннего параметра АС АКУЧС;

I_a – общее количество характеристик входных воздействий, воздействий внешней среды и внутренних параметров АС АКУЧС;

I_{x_a} – общее количество данных, относящихся к характеристике входного воздействия, воздействия внешней среды или внутреннего параметра АС АКУЧС с индексом a ;

4) определим множество выходных характеристик

$$Y = \{y_i, i = 1, \dots, I_Y\},$$

где I_Y – общее количество показателей эффективности;

5) тогда собственно модель описывается выражением

$$\forall y_i \exists F: X \rightarrow y_i : (\forall a \exists x_{aj}, F^{-1}: y_i \rightarrow x_{aj}, j = 1, \dots, J_F) \cup \left(\forall a \bigcup_{j=1}^{J_F} s_j = \theta \right),$$

при условии $J_F \rightarrow \min\{J_F^1, \dots, J_F^N\}$, где $\{J_F^1, \dots, J_F^N\}$ определяют возможные варианты (1, ..., N) определения y_i по существующим x_{aj} (то есть "мелкость" используемых совокупностей районов обслуживания).

В заключение необходимо отметить, что предложенная обобщенная модель для оценки качества структуры, социально-экономической эффективности и эффективности организационно-технической реализации АС АКУЧС даёт возможность достоверно оценить количественные значения реальных или прогнозируемых результатов функционирования либо существующей АС АКУЧС, либо варианта концепции разрабатываемой АС АКУЧС в условиях отсутствия части исходных данных, относящихся к объектам автоматизации и соответствующим им территориям обслуживания, что позволяет обеспечивать научно-методическую поддержку принятия решения о создании новой или модернизации существующей АС АКУЧС, а также о выборе рациональной концепции АС АКУЧС.

Литература

1. **ГОСТ 34.601-90.** Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.

2. **Агеев С.В., Грачев В.Л., Ковтун О.Б.** Подходы к технико-экономическому обоснованию модернизации информационно-коммуникационной инфраструктуры Системы-112 // Технологии гражданской безопасности. 2013. Т. 10. № 4. С. 22-27.

3. **Грачев В.Л.** Об оценке эффективности автоматизированных систем управления в чрезвычайных ситуациях // Технологии техносферной безопасности. 2014. Вып. 5 (57). <http://ipb.mos.ru/ttb>.

4. **Грачев В.Л.** Показатели эффективности и оценка качества автоматизированных систем антикризисного управления федерального и регионального уровней // Технологии гражданской безопасности. 2015. Т. 12. № 3. С. 70-74.