



УДК 519.816

© 2015 г. Э.А. Трахтенгерц, д-р техн. наук,
Ф.Ф. Пашенко, д-р техн. наук

(Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КРИЗИСНЫМ СИТУАЦИЯМ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ СЕТЯХ*

Рассматриваются вопросы применения сетевых методов и систем в задачах ликвидации кризисных ситуаций в крупномасштабных сетях и системах. Описываются особенности сетевых методов анализа кризисных ситуаций и управления оперативными воздействиями звеньев сети в кризисных ситуациях. Основное внимание уделяется сетевому диспетчеризации целей и этапов противодействия кризисным ситуациям в крупномасштабных сетях.

Ключевые слова: сетевые методы, сетевое управление, сети, кризисные ситуации, крупномасштабные сети, анализ кризисных ситуаций, цели, этапы, диспетчеризация, методы противодействия кризисам.

Введение

Накопившийся опыт ликвидации последствий групп кризисных ситуаций показывает, что:

планирование ликвидации последствий прогнозируемой группы кризисов должно идти параллельно и комплексно охватывать все их виды;

планирование производится исходя из анализа результатов ликвидации последствий аналогичных кризисов и субъективных выводов, сделанных из них руководителями и экспертами;

изменения условий на прогнозируемых кризисно-опасных отраслях и территориях требуют периодического пересмотра планов подготовки к ликвидации последствий кризисных ситуаций, изменения количества и качества средств, находящихся в резерве и мобилизационной готовности;

массы людей, оказавшись в экстремальных ситуациях, действуют на основании сложившихся стереотипов, поэтому важную роль приобретает информационное управление многими аспектами подготовки к ликвидации последствий прогнозируемых кризисов, влияющее на стереотипы оценок и поведения.

Ликвидация последствий кризисов может оказаться очень длительным про-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-19-01772).

цессом и продолжаться месяцы, даже годы. Это можно наблюдать на примерах ликвидации последствий наводнений на Дальнем Востоке и в других регионах и на продолжающемся с 2014 г. «Санкционном кризисе». Предварительное планирование этих работ целесообразно разделять на оперативные, которые необходимо осуществлять непосредственно после того, как кризисные явления начались, и на долговременные мероприятия, осуществляемые позднее и связанные с реорганизацией существующей системы управления и принятием сложных и дорогостоящих мер по ликвидации последствий явлений.

Модель принятия решения по ликвидации последствий катастроф может быть представлена в виде:

$$S=S(T, X, Q, Y, F: T \times X \times Q \rightarrow Y),$$

где S – множество управленческих решений; T – множество рассматриваемых моментов времени; X – множество элементов исходных данных, характеризующих виды катастроф; Q – множество возможных управляющих воздействий; Y – множество правил преобразования информации, учитывающих предпочтение руководителя; F – множество правил ранжирования.

Реализация подобных моделей в общем виде пока невозможна, поэтому в работе обсуждаются их декомпозиция, использование частных эвристических, аналитических, программных методов и алгоритмов. Рассматриваются некоторые аспекты компьютерных методов и алгоритмов планирования синхронной ликвидации различных видов кризисов, происшедших одновременно или в течение относительно небольшого отрезка времени так, чтобы процессы их ликвидации оказались синхронизированными и взаимно связанными.

Особенности сетецентрических методов анализа

Особенности методов анализа таких систем заключаются:

в анализе всех видов информации – внутренней, в том числе архивной и полученной разными методами СМИ от других организаций; обработке информации от географически распределенных звеньев сети, максимально приближенным или подобным анализируемым объектам или процессам; предоставлении информации, обеспечивающей массивованные усилия всех имеющихся в распоряжении руководства сетей и звеньев возможностей; доведении всей необходимой информации по мере ее получения до адресатов в реальном времени или близком к нему; организации мониторинга до наступления кризиса и продолжении его после ликвидации последствий кризисных явлений.

Такой подход позволяет резко улучшить понимание сложившейся ситуации руководителями всех степеней и лицами, принимающими решения (ЛПР), повысить уровень их взаимодействия. Использование такого диапазона данных изменяет логику анализа сложившейся обстановки [1].

Для иллюстрации этих особенностей кратко рассмотрим только один пример. Пусть на основании анализа мониторинга установлено, что увеличился импорт продукции, аналогичной выпускаемой сетью ААА, которая оказалась привлекательнее или ее оказалось очень много, и спрос на продукцию сети ААА резко упал.

Рассмотрим одну из задач сетевидного анализа – определение изменения состояний не только сети ААА, но и сетей, характеристики которых аналогичны характеристикам этой сети. В процессе мониторинга при сетевидном подходе в докризисный период, помимо анализа текущего состояния, система должна проанализировать архивные данные и найти условия, характеризующие ситуации, аналогичные потребовавшимся в настоящее время принятия незапланированных решений. Источники информации могут касаться самых различных областей, связанных с особенностями управляемого процесса или объекта. На основании мониторинга архивных данных компьютерная система ищет сети, сумевшие преодолеть трудности, вызванные резкими изменениями ситуации, аналогичной текущей. Характеристики этих сетей должны быть аналогичны характеристикам сети, попавшей в кризисную ситуацию, по характеру деятельности (производства), объему выпускаемой продукции, численности сотрудников (возможно, по категориям), объему оборотных средств, величине уставного капитала и т.д. Компьютерная система должна проанализировать данные по официальным отчетам этих сетей, текущей обстановке того времени и проанализировать прессу (пока в автоматическом режиме это сделать нельзя).

Теперь система должна оценить близость условий функционирования различных сетей в прошлом к условиям функционирования фирмы (в нашем случае сети ААА) после того, как произошло резкое изменение обстановки. Система выводит на дисплей экспертов список критериев и просит проставить их значения для сети ААА, находящейся в кризисной ситуации, и трех сетей – BCD, EFG и HIJ, производивших продукцию, по своей номенклатуре близкую к продукции сети ААА и обнаруженных в процессе архивного поиска до того, как они оказались в кризисе. Эти три сети некоторое время тому назад оказались в кризисной ситуации, по своим параметрам близкой к текущей, и сумели выйти из нее с разной степенью успеха. Сеть ААА в тот период проблем со сбытом не испытывала. Для определения меры близости между сетями в текущей ситуации и ситуацией, анализируемой по архивным данным, в n -мерном векторном пространстве значений критериев вводится метрика, удовлетворяющая обычным аксиомам расстояний: взвешенное среднеквадратичное расстояние между векторами значений критериев текущей и архивными ситуациями:

$L(w, W_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^n k_j (x^j - x_i^j)^2}$, где k_j – «вес» j -го критерия; x^j – значение j -го критерия сети ААА; x_i^j – значение j -го критерия i -й сети, в нашем примере одной из трех перечисленных выше сетей.

Наиболее близкой считается одна сеть W_i $i = \overline{1, m}$, для которой

$$L(w, W_i) = \min_{i \in I} L(w, W_i), \quad (1)$$

где I – множество сетей W_i , показатели которой аналогичны текущим показателям сети w .

Будем считать, что по полученным от перечисленных сетей данным и оценкам по соотношению (1) самые близкие ситуации оказываются у сетей ААА и CD, самые большие различия – у сетей ААА и HIJ. Поэтому одним из источников

цели может стать сеть BCD.

Такие же оценки могут быть проведены и для отдельных звеньев. Необходимость учета интересов и результатов функционирования звеньев усложняет анализ результатов. Мониторинг в сети во многих случаях требует согласования, как по вертикали, так и по горизонтали взаимодействующих звеньев.

Сетецентрическая диспетчеризация целей противодействия кризисным ситуациям в крупномасштабных сетях

Независимо от того, соответствуют реализуемые цели противодействию возможным кризисным ситуациям или нет, руководитель может начать поиск новых целей, которые можно было бы поставить перед сетью (организацией) или звеном (отделом, лабораторией). В большинстве случаев при формировании целей руководители или эксперты вспоминают ставившиеся ранее цели или известный набор обычно используемых целей. Компьютерная система может расширить набор целей сети и звеньев, подлежащих обсуждению, предоставив руководителям достаточно широкий список их.

Наряду с сетевыми целями могут быть цели звеньев сети, формируемые в предкризисных или кризисных ситуациях, – например, показанные в следующем списке.

Список 1:

для звена (или звеньев) геологоразведки: геофизические исследования геотермальных полей без бурения; для технологического звена (или звеньев): реализация новой эффективной технологии подводного бетонирования; для ремонтных звеньев: разработка и реализация технологии реконструкции и ремонта гидротехнических сооружений с использованием инновационных композитных материалов.

В период формирования списка целей чрезвычайно важно не попасть в психологическую ловушку [2]. Компьютерная система должна ее распознать.

Пусть в сети AAA, рассматриваемой в качестве иллюстративного примера, был сформирован список 2 идентификаторов и наименований целей.

Список 2.

- A. Разработка и использование новых ресурсосберегающих технологий.
- B. Разработка и использование новых типов солнечных фотоэлектрических преобразователей.
- C. Существенное уменьшение затрат на производство электроэнергии.
- D. Рост объемов производства электроэнергии.
- E. Маркетинг.

Цели, показанные в списке 2, могут считаться сетевыми, т.е. в той или иной степени они могут быть обязательны для всей сети. Но могут быть цели, поставленные руководством только перед отдельными звеньями, и их реализацией не должны заниматься другие звенья. Примеры таких целей перечислены в списке 2. Все цели должны быть проверены на синергетическую эффективность (массирование результатов).

Система ранжирует цели и определяет последовательность их реализации,

если для достижения целей были нужны только разделяемые ресурсы, назовем их универсальными, так как они используются для реализации нескольких или даже всех целей. Но для выполнения некоторых целей требуются только специализированные ресурсы. Если эти ресурсы есть, то цели противодействия групповым кризисам могут реализовываться независимо от их места в ранжировании.

Идея алгоритма планирования состава очередей параллельного выполнения целей заключается в следующем. Система:

формирует состав i -й очереди целей (начиная с первой), для чего из списка целей она выбирает очередную j -ю цель;

проверяет наличие ресурсов для реализации j -й цели;

проверяет, есть ли цели с более высоким приоритетом, чем j -я;

если ресурсы есть, а цели с более высоким приоритетом, чем цель j , нет, то j -я цель ставится в очередь. Если это условие не выполнено – цель остается в списке целей, ожидающих выполнения, и производится переход к цели $(j + 1)$;

если при формировании i -й очереди все цели в списке целей просмотрены, система формирует $(i + 1)$ очередь.

В процессе формирования i -й очереди компьютерная система проверяет, просмотрены ли все цели и есть ли цели, которые невозможно реализовать из-за отсутствия ресурсов. Если все цели просмотрены – выполнение алгоритма закончено, если ресурсов для реализации j -й цели недостаточно – эта цель заносится в список целей, ожидающих реализации для принятия необходимых мер, а система переходит к $(j + 1)$ -й цели.

Таким образом, система автоматически ранжирует цели. При таком методе может оказаться, что цель какого-либо звена важнее сетевой цели, она должна выполняться раньше сетевой цели (при условии, конечно, что она не противоречит сетевой цели). В таком случае учитываются интересы звеньев в крупномасштабной сети.

Сетецентрическая диспетчеризация этапов реализации стратегий

Поскольку сетецентрический метод подразумевает параллельную реализацию стратегий по всем видам критических ситуаций, необходимо осуществлять их диспетчеризацию. Список стратегий можно подразделить на две группы. К первой группе отнесем стратегии, которые могут быть реализованы для ликвидации любого вида кризисов. Ко второй группе отнесем стратегии, используемые, только если возникли критические ситуации определенного вида. Поэтому сравнивать целесообразно не отдельные стратегии, а все множество стратегий противодействия по каждому виду кризиса, реализуемых как в масштабе сети, так и отдельными звеньями или группами звеньев.

Для этих сравнений в случае недостатка ресурсов, обеспечивающих выполнение одновременно нескольких стратегий, система использует произведенное ранее ранжирование целей противодействия кризисным ситуациям, учитывая при этом сравнительную значимость ущерба, наносимого каждым ее видом, т.е., осуществляя маневр имеющимися ресурсами сети.

Оценки таких множеств стратегий определим по формуле:

$$q_{ij} = d_j / v_i, \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J}, \quad (2)$$

где v_i – нормированная оценка i -го вида кризисов по соотношению (3); d_j – оценка j -й цели по соотношениям (3) – (5);

$$r_i = \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K r_{ik}^l n_l, \quad (3)$$

где r_{ik}^l – l -е значение «веса» i -го критерия, определенное k -м экспертом; n_l – число экспертов, поставивших l -ю оценку;

$$h_i = \frac{r_i}{\sum_i r_i}, \quad (4)$$

где h_i – нормированные суммы «весов»;

$$d_j = \sum_{i=1}^I x_{ij} h_i, \quad (5)$$

где x_{ij} – балльное или лексическое значение i -го критерия j -го вида кризиса.

Заметим, что эти оценки относятся к стратегиям независимо от реализации в сети, группе звеньев или в отдельном звене. Для оценок множеств стратегий необходимо ранжировать балльную или лексическую значимость ущербов от различных видов кризисных ситуаций. Это необходимо при диспетчеризации стратегий и оперативных воздействий. Оценку сравнительной значимости произведем по простой формуле $q_j = \sum_{i=1}^I \alpha_i x_{ij}$, $j = \overline{1, J}$, где α_i – «вес» i -го критерия.

Ранжирование стратегий по видам кризисной ситуаций может быть определено по формуле (2), где v_i определяется по соотношению $v_i = \frac{q_j}{\sum_j q_j}$.

Введем понятие этапа реализации. Под ним будем понимать отрезок времени и объем ресурсов, необходимых для частичного выполнения стратегии. Обозначим через n_j число этапов реализации j -й стратегии; h_{jk} – объем ресурсов, необходимых для выполнения k -го этапа j -й стратегии. Объем может быть выражен в различных единицах: рублях, тоннах, единицах машин и т.д. Тогда набор ресурсов, необходимых для выполнения j -й стратегии: $H_j = \bigcup_{k=1}^{n_j} h_{j,k}$, $j = \overline{1, J}$,

Введем функцию $q_{j,k}(h_{j,k})$ – оценку эффективности выполнения k -го этапа j -й стратегии в зависимости от объема выделенных ресурсов $h_{j,k}$. В зависимости от характера стратегии и ресурсов это могут быть оценки типа q_j , обеспечение качества (мощности и частоты) поставляемой электроэнергии, % своевременного обеспечения необходимой электроэнергией, % потерь при передаче электроэнергии и т.д. Суммарная эффективность достижения цели реализации j стратегий, может зависеть от метода формирования n этапов их выполнения. Отсюда возникает оптимизационная задача формирования этапов реализации стратегий:

$$Q = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{n_j} q_{j,k}(h_{j,k}) \rightarrow \max, \quad H_j \leq \text{const}, \quad j = \overline{1, J}.$$

Поскольку при противодействии кризисным явлениям большую роль играет время, то может быть введено временное ограничение на достижение цели:

$$T \geq \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{n_j} t_{j,k}.$$

Таким образом, возникает переборная задача нахождения этапов выполнения стратегий в зависимости от предполагаемого наличия ресурсов и возможных форм кризисов. Однако сетцентрический подход массивирования результатов, а не сил усложняет логическую задачу необходимостью синхронизации выполнения стратегий в сети и звеньях.

Синхронизация – это организация выполнения двух или нескольких процессов в порядке, обеспечивающем их доступ к разделяемым ресурсам. Оптимальность порядка доступа к ресурсам зависит от критериев, по которым он оценивается.

Для расчета приоритетов можно использовать следующий метод. Обозначим через $\sum_{k=1}^K h_{jk}$ объем ресурсов, необходимых при реализации j -й стратегии на протяжении k этапов. Объем может определяться в физических единицах или в балльных оценках. Обозначим через c_{jk} результаты j -й стратегии, достигаемой на k -м этапе. Результаты j -й стратегии на K этапах обозначим $\sum_{k=1}^K c_{jk}$. R_j – «вес» j -й стратегии при постоянных приоритетах или $(\sum_{k=1}^K R_{jk})$ – при возможно динамически изменяемых приоритетах; T_k – предельно допустимое время реализации k -го этапа; $(\sum_{k=1}^K t_{jk})$ – фактическое время реализации k -го этапа j -й стратегии. В этих обозначениях приоритет может быть определен по соотношению:

$$P_j = \frac{\sum_{k=1}^K h_{jk}}{\sum_{k=1}^K c_{jk}} R_j, \quad \sum_{k=1}^K t_{jk} \leq T_k, \quad j = \overline{1, J}.$$

Процесс синхронизации может быть организован на основе общей очереди ко всем ресурсам или отдельной очереди к каждому ресурсу. Любой из этих подходов имеет свои достоинства и недостатки [3].

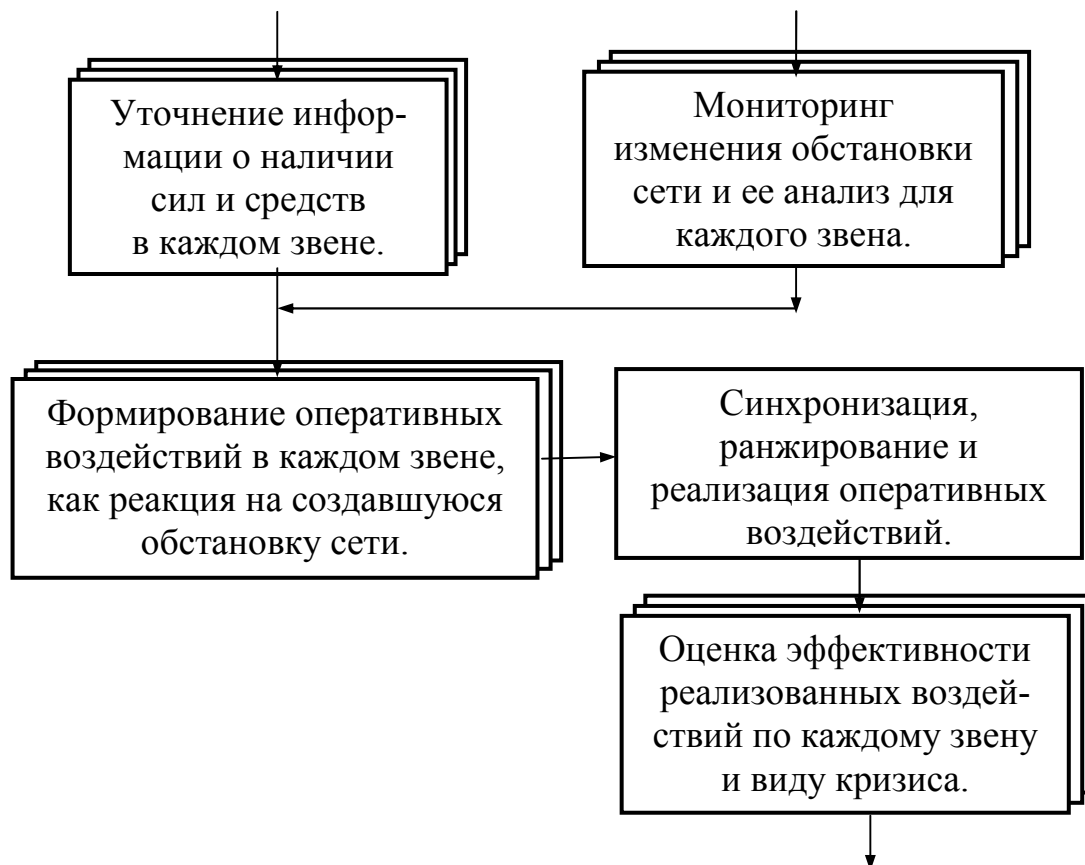
Методы сетцентрического управления оперативными воздействиями звеньев сети в кризисных ситуациях

Под оперативными воздействиями понимается совокупность разного рода воздействий на враждебную сеть, звено или группу лиц, позволяющих довести

создавшуюся в результате изменения обстановки до желательного в этих условиях состояния.

Решения формируются с помощью компьютерной системы управления с использованием вариантов ранее разработанных планов. Коррективы в заранее подготовленные планы вносятся на основе анализа данных мониторинга.

Схема компьютерного формирования решений, реализующих оперативные воздействия в звеньях крупномасштабных сетей, показана на рисунке:



Оперативное реагирование (применение контрмер) должно быть достаточно быстрым, гибким и отражать реальные факторы, определяющие складывающуюся обстановку в каждом звене сети. В большинстве случаев принимаемые решения являются групповыми, поэтому должны использоваться автоматические процедуры их согласования. Наконец, необходимо учитывать влияние различного вида кризисов и изменения обстановки друг на друга.

В список оперативных воздействий звеньев крупномасштабных сетей могут входить: политические, организационные, правовые, экономические и социальные воздействия; воздействия, минимизирующие отрицательные последствия различных видов кризисных ситуаций; регулирование (отгрузка и получение) запасов на складах, хранилищах и т.п.; контроль качества производимой продукции; отказ от чрезмерной рискованной деятельности; формирование резервов или запасов; различные инновационные технологии; использование многокомпонентных высокопрочных бетонов, наноструктурированных покрытий и т.д.

Формирование списка оперативных воздействий против начавшейся кризисной ситуации может вызвать сложности из-за сетецентрического требования максимизации результата функционирования звеньев.

Заключение

Использование сетецентрической концепции в крупномасштабных сетях означает переход от многоуровневой пирамидальной иерархии к структуре распределенной компьютерной сети, объединяющей все уровни и направления управления производственными, финансовыми, логистическими, информационными и другими средствами. Рассмотренная часть особенностей противодействия кризисным ситуациям позволяет модифицировать часть традиционных требований к функционированию системы, в частности обеспечивает:

анализ функционирования не только враждебных сетей, но и нейтральных структур и даже дружественных сетей, выявляя и оценивая возникающие и уже существующие угрозы как для сети в целом, так и для отдельных входящих в нее звеньев;

возможность руководителям звеньев всех уровней сети, участвующих в реализуемом сетью процессе, оперативно корректировать и планировать свои действия, исходя из получаемой по сети всеохватывающей информации;

осуществлять принцип массирования результатов за счет объединения сил и средств в единую систему на период выполнения задачи как своих, так и не полностью загруженных других подразделений сети.

Таким образом, казалось бы, напрашивающееся решение объединения всех имеющихся сил и средств компьютерной сетью привело к реализации новых принципов повышения эффективности управления крупномасштабными сетевыми системами, в том числе в энергетике.

Предложенные в работе методы противодействия кризисным ситуациям могут использоваться для анализа, массирования и синхронизации усилий [4], диспетчеризации этапов реализации стратегий при преодолении кризисов в финансовых и экономических системах [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Трахтенгерц Э.А. Сетецентрические методы компьютерного противодействия катастрофам и рискам // Управление большими системами. – М.: ИПУ РАН. – 2013. – Вып. 48. – С. 162-248.
2. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные методы манипулирования оценками общественного мнения // Проблемы управления. – 2011. – № 6. – С. 21-30.
3. Трахтенгерц Э.А. Программное обеспечение параллельных процессов. – М.: Наука, 1987.
4. Трахтенгерц Э.А. Использование сетецентрического принципа самосинхронизации в управлении // Открытое образование. – 2015. – № 2 (109). – С. 15-23.
5. Индикативное планирование и проведение региональной политики / под общ. ред. А.Б. Левинталя, Ф.Ф. Пашенко. – М.: Финансы и статистика, 2007.

E-mail:

Трахтенгерц Эдуард Анатольевич – pif-70@yandex.ru;

Пашенко Федор Федорович – pif-70@yandex.ru.