

УДК 004.94

ИНДИКАТИВНАЯ ОЦЕНКА СИТУАЦИИ В РАМКАХ КРИЗИСНОГО СИТУАЦИОННОГО ЦЕНТРА

В.А. Силич, М.П. Силич*

Томский политехнический университет

*Томский университет систем управления и радиоэлектроники

E-mail: vas@tpu.ru

Предлагается метод оценки опасности текущей ситуации, используемый в рамках кризисного ситуационного центра для своевременного выявления проблемы и выбора мер по устранению нежелательных последствий. Оценка в виде степени соответствия определенным уровням опасности типовых ситуаций определяется на основе значений индикаторов с помощью методов фаззификации, вывода на функциональной сети зависимостей атрибутов или на нечеткой нейронной сети. Представлена объектно-ориентированная модель оценки ситуации и структура ситуационного центра, использующего предлагаемый подход.

Ключевые слова:*Ситуационный центр, индикативная оценка, объектно-ориентированная модель.***Key words:***Situation center, indicative assessment, object-oriented model.***Введение**

Ситуационные центры (СЦ) в настоящее время широко используются в качестве инструмента поддержки принятия решений для предупреждения и устранения сложных многофакторных проблемных ситуаций, складывающихся в различных сферах человеческой деятельности. Одним из наиболее распространенных классов СЦ являются кризисные центры, предназначенные для своевременного оповещения лиц, принимающих решения, о наступлении или возможности наступления опасной ситуации [1]. Помимо анализа и классификации текущей ситуации подобные центры могут выполнять функции формирования решений для устранения проблемной ситуации и оценки последствий реализации того или иного решения.

Центральная задача кризисного СЦ — оценка текущей ситуации на основе анализа исходных данных — может осуществляться по-разному. Такие трудности, встающие на пути ее решения, как: неопределенность границ классов опасности ситуации; необходимость учитывать помимо характеристик текущей ситуации тенденции ее развития; разнообразие индикаторов, свидетельствующих об опасности ситуации, и способов их определения — побуждают использовать методы нечеткого экспертного моделирования. В данной работе рассматривается один из подходов к индикативной оценке ситуации, опирающийся на объектно-ориентированную методологию экспертного моделирования, разработанную для анализа и синтеза сложных систем [2–4]. Данная методология позволяет структурировать информацию о предметной области на основе типовых классов, наглядно представить причинно-следственные зависимости между атрибутами, характеризующими типовые ситуации, использовать экспертные знания в виде правил-продукций, формул, процедур для оценки ситуации.

Выявление индикаторов ситуаций

Оценка ситуации осуществляется на основе индикаторов — специальных атрибутов, позволяющих отнести текущую ситуацию к тому или иному типу и уровню опасности. Предварительно необходимо выявить множество типовых потенциально опасных ситуаций. Формирование данного множества может осуществляться как путем группировки случившихся в прошлом нежелательных ситуаций, так и с помощью декомпозиции рассматриваемой предметной области. При этом строится иерархия, в которой ситуации сгруппированы по различным признакам, например, по аспектам (производственному, социальному, экономическому, экологическому), по видам деятельности, по структурным элементам деятельности, по типам объектов, затрагиваемых ситуацией (население, предприятия, территориальные образования) и т. д. Использование стандартных оснований декомпозиции позволяет обеспечить полноту иерархии. На рис. 1 приведен фрагмент иерархии для сферы энергетической безопасности региона.

Для отдельных типовых ситуаций формируются индикаторы, свидетельствующие о наступлении (или возможности наступления) данной ситуации. Например, для ситуации «Снижение технической безопасности оборудования» в качестве индикатора может выступать показатель «Доля электроэнергетического оборудования, выработавшего свой ресурс», для ситуации «Нарушение устойчивости электроснабжения потребителей» — «Доля ограничений в снабжении электроэнергией (доля ограничений в потреблении электроэнергии по отношению к полному потреблению)».

Для того чтобы по индикаторам можно было оценить возможность возникновения ситуации, они должны фиксировать наличие предпосылок. Одним из способов выявления подобных индикаторов является построение дерева причин. Данный метод состоит в последовательном выстраивании

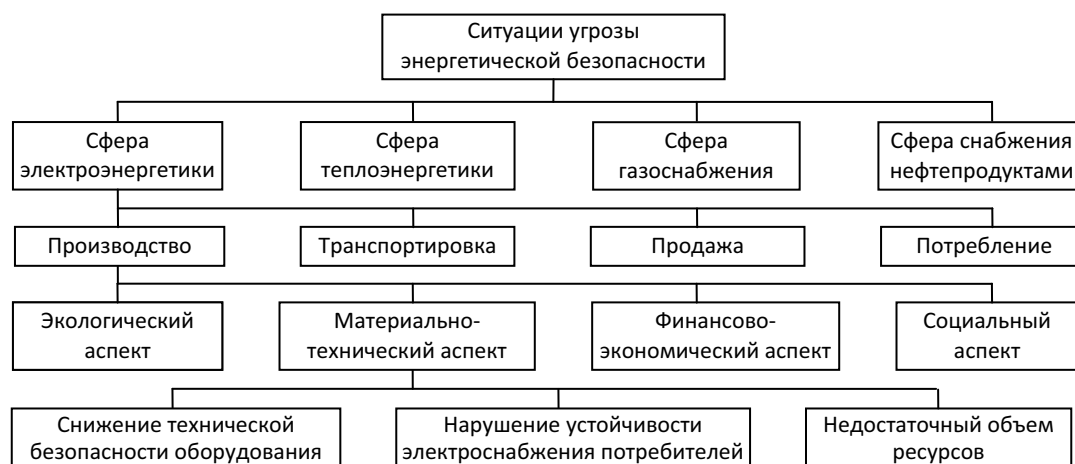


Рис. 1. Фрагмент иерархии ситуаций для сферы энергобезопасности региона

цепочек причинно-следственных связей от ситуаций к коренным причинам их возникновения [5]. Затем предлагаются показатели, по которым можно судить о наличии той или иной причины. Изучение статистики изменения данного показателя в прошлом и соотнесение со статистикой появления исследуемой ситуации может помочь подтвердить или опровергнуть гипотезу о связи между динамикой показателя и наличием ситуации.

Индикаторами наступления ситуации могут выступать не только конкретные значения некоторого показателя, но и индексы изменения показателя по отношению к некоторому базовому периоду, характеристики тренда (тенденция изменения), частотные характеристики (например, частота попадания в заданные области значений), а также прогнозируемые значения показателя.

Значения индикаторов могут непосредственно измеряться, вводиться экспертами (в том числе в виде балльных оценок, лингвистических значений) либо определяться на основе исходных данных с помощью выбранного метода. Одним из таких методов является логический вывод на модели функциональных зависимостей атрибутов [2–4]. Графически модель можно представить в виде направленной сети без циклов, вершинами которой являются атрибуты (индикаторы, исходные, промежуточные данные), а дугами — функциональные зависимости между атрибутами. На рис. 2 представ-

лен пример сети для вычисления индекса изменения удельного потребления электроэнергии на душу населения.

Для каждого из отношений зависимости задается закономерность, показывающая, как именно значение атрибута-функции определяется значениями атрибутов-аргументов. Это может быть аналитическая формула, совокупность правил-продукций, произвольная процедура-функция (например, SQL-запрос на поиск значения атрибута в базе данных, процедура статистической обработки, вывод на нейронной сети, процедура фаззификации или дефаззификации).

Оценка ситуации по индикаторам

Для каждой отслеживаемой типовой ситуации могут быть выделены уровни (классы) опасности, например: нормальная ситуация, вызывающая определенные опасения, опасная, кризисная, катастрофическая. Текущая ситуация оценивается на соответствие заданным уровням. Один из способов оценки ситуации по индикаторам — сравнение их текущих значений с пороговыми значениями, заданными для каждого уровня опасности. Более гибким является подход, основанный на использовании нечетких множеств, позволяющий задавать «размытые» границы классов опасности. При этом формируются функции принадлежности на базовом множестве значений индикатора.

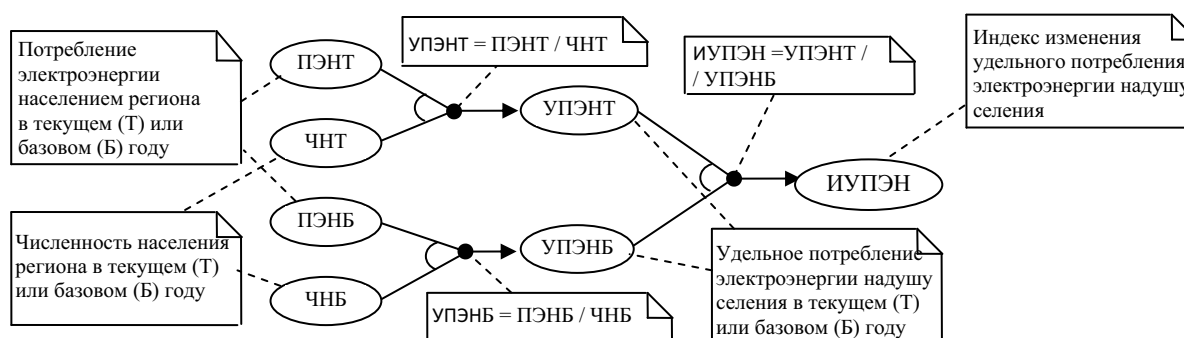


Рис. 2. Сеть функциональных зависимостей атрибутов

Классификация на основе не одного, а нескольких индикаторов может осуществляться различными способами. Один из них — объединение нечетких множеств, полученных на основе различных индикаторов. Как правило, используется либо формула тах-объединения, либо формула выпуклой комбинации (в случае, если заданы веса индикаторов). Второй способ — вывод на модели функциональных зависимостей, связывающей показатель опасности с индикаторами. В частности, зависимость уровня опасности от значений индикаторов может задаваться в виде системы нечетких правил-продукций «ЕСЛИ ... И... ТО ...» или в виде нечеткой нейронной сети. Объединение нейронных сетей и нечеткой логики более предпочтительно, поскольку дает возможность обучения модели путем подстройки параметров функций принадлежности.

На рис. 3 приведена структура нейронечеткой системы, включающая четыре слоя. Первый слой позволяет определить значения функций принадлежности к классам опасности для каждого индикатора. Второй слой служит для агрегирования условий правил, т. е. значений функций принадлежности, полученных для разных индикаторов. Третий слой позволяет определить значения функций принадлежности заключений правил. Четвертый слой состоит из одного нейрона, который вычисляет выход сети — уровень опасности ситуации.

Может быть также предусмотрена возможность экспертной оценки ситуации, осуществляемой лицом, принимающим решения. Это особенно важно в начале эксплуатации ситуационного центра, когда модели еще не достаточно обучены. Для этого необходимо разработать методы визуализации информации, характеризующей текущую ситуацию или тенденцию развития ситуации. Значения индикаторов, других показателей, построенные тренды отображаются в наглядном виде — в виде диаграмм, графиков, схем.

Оценка текущей ситуации не является самоцелью. Она позволяет принять решение, какие меры необходимо предпринять для того, чтобы минимизировать нежелательные последствия. Для каждой типовой ситуации и для каждого уровня опасности (за исключением нормального уровня) заранее определяются возможные способы реагирования. Прежде чем применять типовое решение, его необходимо адаптировать — настроить на конкретные данные, характеризующие текущую ситуацию. Желательно оценить последствия принятия решения. Для этого могут быть использованы имитационные модели, методы прогнозирования, вывод на сети функциональных зависимостей и т. д. Оценка последствий необходима также для выбора решения в тех случаях, когда ситуация отнесена сразу к нескольким уровням опасности с близкими значениями степеней уверенности, либо если самое высокое значение степени принадлежности ниже определенной границы (например, ниже 0,5).

Объектно-ориентированная модель оценки ситуации

В целях структурирования информации, используемой для оценки текущей ситуации и принятия решений, предлагается использовать объектно-ориентированную методологию [2–4]. В соответствии с ней предметная область представляется в виде совокупности взаимосвязанных компонент (подсистем и элементов), каждому из которых сопоставляется класс, определяющий структуру описания компонента. Класс имеет имя, набор атрибутов и методов (присоединенных процедур). На базе каждого класса формируется один или несколько экземпляров класса (объектов), содержащих конкретные значения атрибутов, возможно, дополненные коэффициентами уверенности. Для отражения множества состояний (вариантов) компонента используется мультиобъект — набор экземпляров, выделенных в соответствии с некоторым

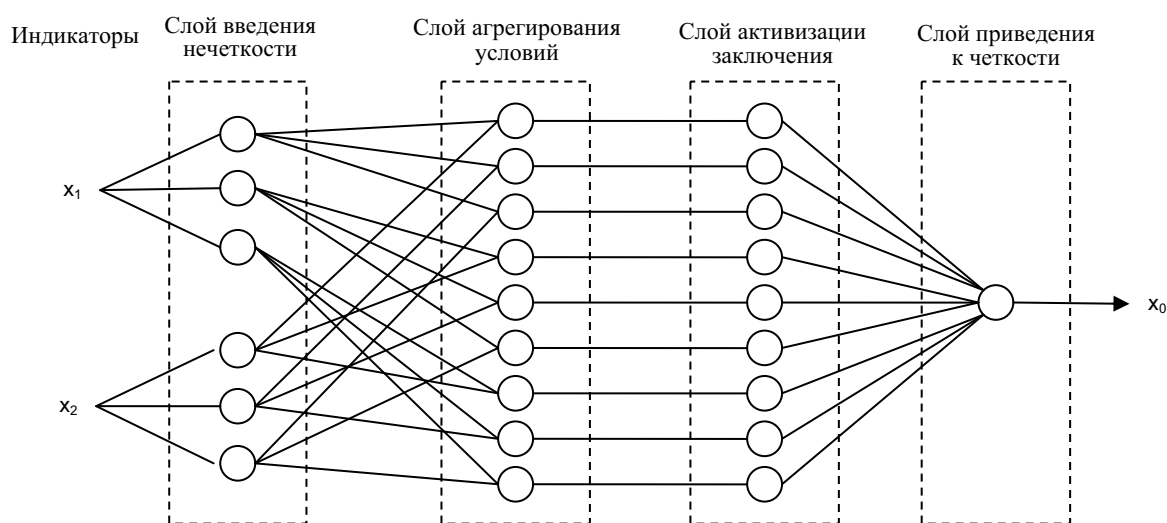


Рис. 3. Структура нейронечеткой сети для определения классов ситуаций

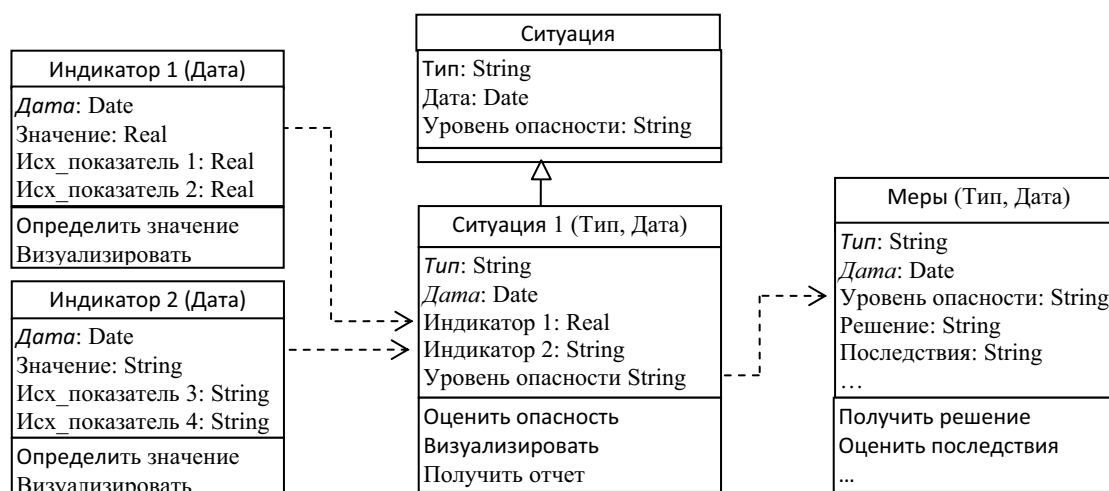


Рис. 4. Диаграмма классов модели оценки ситуаций

признаком, в качестве которого выступает заданный ключевой атрибут или комбинация нескольких ключевых атрибутов. Каждому значению признака соответствует свой экземпляр.

На рис. 4 представлен фрагмент диаграммы классов объектно-ориентированной модели оценки ситуаций.

Основными компонентами модели являются отслеживаемые ситуации, которым сопоставляются классы, наследуемые от абстрактного класса «Ситуация». Класс описания ситуации включает ключевые атрибуты, содержащие тип ситуации и дату оценки, а также атрибуты для хранения значений индикаторов и уровня опасности. К методам относятся процедура оценки опасности ситуации, метод визуализации результатов оценки и ряд служебных процедур для отправки сообщений, формирования отчетов и т. д. Информацию, относящуюся к определенному индикатору, лучше хранить в отдельном классе, т. к. один и тот же индикатор может использоваться для оценки различных ситуаций и к тому же даты вычисления значений индикаторов и оценки ситуаций могут не совпадать. Класс описания индикатора кроме ключевого атрибута с датой включает атрибуты с его текущим значением и значениями показателей, являющихся исходными данными, методы для получения исходных данных, вычисления индикатора, визуализации результатов расчета и ряд других процедур. Для выбора мер реагирования на ситуацию используется отдельный класс, содержащий процедуру получения решения с учетом типа и уровня опасности ситуации, метод оценки последствий и ряд служебных процедур.

Запуск процедуры оценки текущей ситуации на степень принадлежности тому или иному уровню опасности заданной типовой ситуации осуществляется либо по запросу пользователя, либо при наступлении даты оценки (в соответствии с заранее составленным графиком), либо при превышении значений индикаторов некоторых пороговых вели-

чин. При этом формируется экземпляр класса ситуации, идентифицируемый значениями атрибутов с типом ситуации и датой оценки, запрашиваются текущие (прошлые, прогнозные) значения индикаторов, которые вычисляются методами соответствующих классов, выполняются процедуры определения уровня опасности и визуализации. Если уровень опасности не является нормальным, иницируются процедуры поиска типового решения, его настройки и оценки последствий.

Структура ситуационного центра

Структурная схема ситуационного центра, реализующего описанную методику оценки ситуации и принятия решений, представлена на рис. 5.

База данных содержит исходную информацию, поступающую из различных внешних источников, а также вычисленные значения индикаторов, характеризующих ситуации. Хранятся не только текущие значения, но и прошлые (используемые для построения трендов) и прогнозные значения. В базе знаний хранятся шаблоны типовых ситуаций, типовые решения, а также модели определения уровня опасности ситуации (функции принадлежности, функциональные сети зависимостей, нейронечеткие системы), модели оценки последствий и др. Блок обучения и настройки позволяет как в автоматическом, так и в автоматизированном режиме (с помощью эксперта) настраивать базу знаний. Обучение происходит на базе обучающих выборок, в качестве которых могут использоваться накопленные данные.

Блок «Оценка ситуации» определяет значения индикаторов и осуществляет оценку ситуаций. На основе исходных данных вычисляются текущие и прогнозные значения индикаторов, строятся тренды, гистограммы, определяется уровень опасности ситуации с помощью моделей, хранящихся в базе знаний. Результаты обработки информации визуализируются и отображаются пользователю — лицу, принимающему решения. Он может запро-

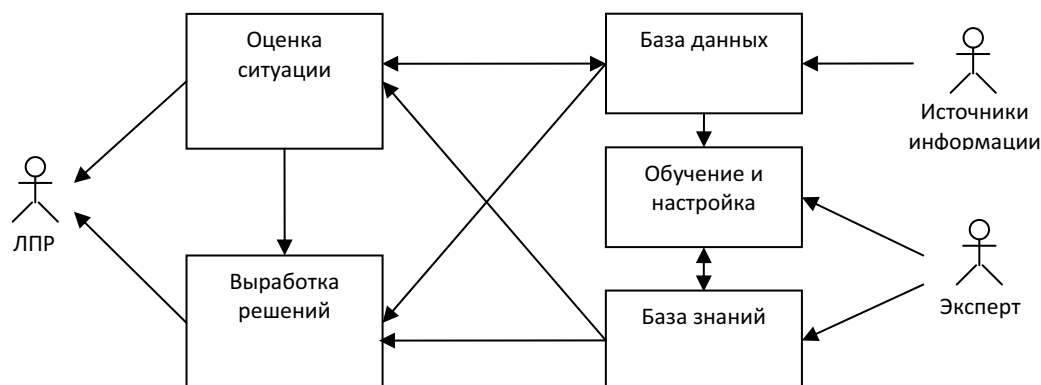


Рис. 5. Структурная схема ситуационного центра

сдать объяснения, как были получены те или иные результаты, скорректировать уровень опасности текущей ситуации. Если имеет место проблемная ситуация, т. е. ситуация не относится к классу «нормальная», сигнал об этом поступает в блок «Выработка решений». В нем происходит поиск и настройка типового решения. Пользователь может запустить процедуру оценки последствий решения. При этом используются методы и модели, хранящиеся в базе знаний и/или реализованные в виде отдельных приложений, а также данные из БД, характеризующие ситуацию. В случае если имеются альтернативные решения, пользователь осуществляет оценку и выбор решения.

Заключение

Предложен метод индикативной оценки опасности текущей ситуации на основе значений индикаторов с помощью процедур фаззификации, вывода на функциональной сети зависимостей атрибутов или на нечеткой нейронной сети. Метод взят за основу при разработке региональных ситуационных центров в сфере энергетической безопасности и управления здравоохранением, он позволяет формировать структурированное множество потенциально опасных ситуаций, оценивать уровень опасности текущей ситуации по индикаторам в условиях неопределенности, осуществлять выбор мер по минимизации нежелательных последствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппович А.Ю. Ситуационные центры: определения, структура и классификация // PCWeek/RE. — 2003. — № 26(392). — С. 21–22.
2. Силич М.П. Технология разработки целевых программ на основе объектно-ориентированного подхода. — Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. — 207 с.
3. Силич В.А., Силич М.П. Системная технология, использующая объектно-ориентированный подход // Известия Томского политехнического университета. — 2009. — Т. 314. — № 5. — С. 155–160.
4. Силич М.П. Объектная модель как основа информационной технологии проектирования сложных социально-экономических систем // Кибернетика и системный анализ. — 2005. — № 5. — С. 136–146.
5. Бьёрн А. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / Пер. с англ. С.В. Ариничева / Науч. ред. Ю.П. Адлер. — М.: РИА «Стандарты и качество», 2003. — 272 с.

Поступила 11.05.2010 г.