

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Е.И. Грибков, А.В. Аксенов

Научный руководитель – М.П. Силич, д.т.н., профессор

Томский политехнический университет

E-mail: egor-gribkov@yandex.ru

Проблема повышения уровня энергоэффективности сейчас весьма актуальна в Российской Федерации. Одним из способов ее решения являются программы в области энергосбережения в субъектах РФ муниципальных образованиях. Такие программы должны разрабатываться с учетом результатов анализа текущей ситуации на местах. В работе [1] был предложен метод анализа энергетической эффективности территориальных образований (ТО), позволяющий учитывать неполноту исходных данных, неоднозначность их интерпретации, а также различие территориальных условий. В данной работе рассматривается интеллектуальная система, автоматизирующая анализ по данной методике.

Согласно предложенному методу, эксперты описывают рассматриваемую ситуацию в терминах значимых факторов, описывающих ее состояние на качественном уровне. Помимо факторов, отражающих уровень потребления различных видов энергоресурсов в той или иной сфере потребления, выделяются, так называемые, внешние факторы, характеризующие климатические, социально-экономические, инфраструктурные, градостроительные, производственные условия. Оценки факторов формируются на естественном языке, поэтому эксперты для каждого фактора должны задать список лингвистических значений. Например, климатические условия могут быть “благоприятные”, “умеренные” и “суровые”. Также эксперты устанавливают отношения влияния между факторами, отражающие причинно-следственные связи. Сила влияния характеризуется коэффициентом от -1 до 1. Набор факторов и отношений влияния между ними формирует когнитивную карту. К любому фактору может быть прикреплен дочерняя когнитивная карта (поддиаграмма).

Расчет оценок факторов осуществляется на основе индикаторов – количественных показателей, характеризующих состояние того или иного фактора. Примеры показателей: “энергоемкость валового муниципального продукта (кг т.у.т./ тыс. рублей)”, “удельная величина потребления тепловой энергии в многоквартирных домах (Гкал/ кв. м)”, “градусосутки отопительного периода (°С·сутки)”. Таким образом, каждому фактору сопоставляется набор индикаторов, описывающих его количественно. Каждой связи присваивается оценка соответствия данного индикатора фактору (число от 0 до 1). Индикаторы также наносятся на когнитивную карту.

Для создания когнитивных карт в системе предусмотрен специализированный редактор, позволяющий пользователю создавать диаграммы (когнитивные карты), вводить спецификации элементов, редактировать их, осуществлять навигацию.

Исходные данные для оценки факторов – значения индикаторов для различных территориальных образований в различные периоды времени – вводятся пользователем в систему или загружаются из таблиц Excel и хранятся в базе данных. При этом список ТО, период анализа и другую информацию о проекте пользователь вводит при создании нового проекта.

Процедура оценивания факторов осуществляется в три этапа.

На первом этапе происходит оценка факторов по индикаторам без учета внешних ограничений. Это могут быть как внешние факторы, так и обычные, но на которые внешние не оказывают влияния. Оценка строится процедурой нечеткой кластеризации (по методу Густафсона-Кесселя), которая разбивает множество ТО на кластеры с близкими значениями индикаторов, при этом одно ТО может принадлежать сразу нескольким кластерам с разной степенью уверенности. Каждому полученному кластеру, в зависимости от его расположения, присваивается имя из определенного пользователем ранее списка для данного фактора. Например, при оценке фактора “Климатические условия” могут получиться три кластера с именами “благоприятные”, “умеренные” и “суровые”. Таким образом, оценкой фактора для определенного территориального образования является имя кластера, в который это ТО попало, и степень принадлежности ему.

На втором этапе оцениваются факторы с учетом внешних ограничений. Это те факторы, на которые влияют внешние факторы. Получение оценок аналогично первому этапу, но процедура кластеризации запускается отдельно для каждого кластера, полученного при оценке внешнего фактора. Это позволяет выделять подгруппы территориальных образований с приблизительно одинаковым состоянием оцениваемого фактора в рамках групп ТО с сопоставимыми внешними условиями. Например, при оценке по фактору «уровень теплотребления в жилищном секторе» выделяются кластеры ТО с именами “низкий”, “средний” и “высокий” отдельно для групп с благоприятными,

умеренными и суровыми климатическими условиями.

На третьем этапе оцениваются факторы, не имеющие индикаторы. Для них оценка может быть получена на основе оценок других факторов, влияющих на оцениваемый фактор. Процедура косвенной оценки включает: получение числовой оценки входных факторов на основе значений индикаторов; свертку оценок с учетом силы влияния каждого входного фактора; интерпретацию числового значения в виде лингвистической оценки выходного фактора.

После того как оценки получены, пользователь может посмотреть результаты. В системе предусмотрено несколько режимов отображения оценок. Если пользователь выбрал режим оценивания всех факторов когнитивной карты для одного территориального образования, результат может быть представлен в табличном виде или в виде дерева причин. Дерево причин строится на основе когнитивной карты, но для каждого фактора помимо его наименования выдается оценка. Таким образом,

элементами дерева являются состояния факторов, отношения влияния объясняют, влиянием каких факторов обусловлены эти состояния и насколько важно то или иное влияние. Для любого элемента дерева может быть сгенерировано объяснение, как была получена та или иная оценка.

Если пользователь выбрал режим сравнения множества территориальных образований по одному фактору, то результат может быть представлен в виде таблицы, гистограммы или картограммы. Картограмма представляет собой изображение географической карты, на которой территориальные образования закрашиваются в цвета, соответствующие полученным оценкам.

Литература

1. Силич М.П., Силич В.А., Аксенов С.В. Анализ энергетической эффективности территорий на основе иерархии гибридных когнитивных карт // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – № 5. – С. 26-32.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-07-00397а