

Модель распределения энергоресурсов

В. Н. Козлов¹, В. Н. Волкова², А. А. Ефремов³, Ю. В. Козлов¹
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Россия, Санкт-Петербург

¹ saiu@ftk.spbstu.ru, ² violetta_volkova@list.ru, ³ eartm@mail.ru

Аннотация. Представлена задача разработки моделей принятия решений при распределении энергоресурсов в городе, разделенном на районы, с учетом численности населения, количества подстанций, числа потребителей, учета их потребностей.

Ключевые слова: информационный подход; модель; моделирование потребности; принятие решений; система; системный анализ; теория систем

I. ВВЕДЕНИЕ

В статье рассматривается одна из задач управления энергоресурсами – задача распределения ресурсов в городе, разделенном на районы. При решении этой задачи необходимо учесть количество районов, численность населения, количество подстанций, число потребителей, их потребности, показатели неудовлетворенной потребности, рассчитываемые на основе текущей обеспеченности населения услугами, требования государственных и территориальных стандартов обеспеченности населения различными видами энергоресурсов и т.д.

Таким образом, задача распределения энергоресурсов в городе относится к классу многокомпонентных, многокритериальных задач с большой начальной неопределенностью. При этом важно постоянно следить за состоянием обеспеченности энергоресурсами, своевременно и обоснованно принимать решения о корректировке объемов услуг и их видов.

В связи с этим была поставлена задача выбора метода моделирования и алгоритма, который позволил бы разрабатывать модели принятия решений при выборе вида предоставляемого энергоресурса на основе анализа потребности в конкретных условиях города, разделенного на районы.

Для решения задачи проведен анализ методов моделирования и предложена многоуровневая модель, основанная на применении информационного подхода, предложенного А.А. Денисовым [4, 5].

II. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ СИСТЕМ И ПРОБЛЕМ

В теории принятия решений принята классификация по степени неопределенности (1-й столбец в табл. 1).

В классификации Г. Саймона и А. Ньюэлла предлагалось группирование систем и проблем по признаку струк-

туризованности (хорошо структуризованные, плохо структуризованные и неструктуризованные).

По аналогии с этой классификацией Ф. Е. Темниковым было предложено разделение систем *по степени организованности* – *хорошо организованные, плохо организованные или диффузные и самоорганизующиеся* (третий столбец в табл. 1).

Для разных классов проблем и систем необходимы различные аксиоматики и методы моделирования [3] (примеры приведены в правом столбце табл. 1).

ТАБЛИЦА I КЛАССИФИКАЦИИ СИСТЕМ И ПРОБЛЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Признаки классификации			
Степень неопределенности	Степень структурированности	Степень организованности	Методы моделирования
С достаточной определенностью	Хорошо структуризованные	Хорошо организованные	Аналитические, графические
С неопределенностью	Плохо структуризованные	Плохо организованные	Теория вероятностей и математическая статистика
С большой начальной неопределенностью	Неструктуризованные	Самоорганизующиеся / развивающиеся	Теория множеств, мат. логика, мат. лингвистика, специальные методы теории систем и системного анализа

Предложенная концепция позволяет обоснованно выбирать методы моделирования при принятии решений в системах организационного управления: для проблем с достаточной определенностью, хорошо структуризованных, относящихся к классу хорошо организованных систем, применяются методы классической математики, основанные на аксиомах Евклида и формальной логике Аристотеля. Для плохо организованных проблем и систем – статистические методы. Для класса проблем с большой неопределенностью, характерных для самоорганизующихся и развивающихся систем, необходимы методы и модели, основанные на диалектической логике, и специальных методах теории систем, сочетающих средства активизации интуиции и опыта лиц, принимающих решения, и методов формализованного представления систем.

В развитие идеи многоуровневых структур М. Месаровича [6] и предложенной в 1970-е гг. А.А. Денисовым теории информационного поля [4] и ее дискретного варианта [5] предлагается обобщенная модель распределения ресурсов, которая позволяет разрабатывать модели принятия решений по распределению энергоресурсов с учетом особенностей конкретных территориальных образований.

III. ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ

Обобщенная модель, на основе которой предлагается разрабатывать формализованные модели для конкретных ситуаций, приведена на рис. 1.

Методы реализации этапов модели – в последующих разделах.



Рис. 1. Обобщенная модель

IV. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Основными факторами, оказывающими влияние на ситуацию в городе, разделенном на районы, являются:

$$\Phi = \langle \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4 \rangle,$$

где Φ_1 – количество районов, Φ_2 – численность населения, Φ_3 – количество подстанций, Φ_4 – число потребителей.

Основным интегральным показателем является неудовлетворенная потребность в ресурсах, рассчитываемая на основе текущей обеспеченности населения, а также требований государственных и территориальных стандартов обеспеченности населения различными видами энергоресурсов.

В качестве количественных критериев могут быть введены два показателя: количество энергоресурсов и количество подстанций. Размещение городских подстанций основано на принципе ступенчатости с учетом зонирования территории города. В городе различают три основных уровня: общегородской, районный уровень, возможно до-

полнительное деление на административные микрорайоны.

В этих условиях для проведения многофакторного анализа ситуации с использованием формализованных информационных моделей требуется применить методы, позволяющие учесть неопределенность, обрывочность и недостоверность исходной информации. На основе проведенного анализа факторов, оказывающих влияние на принятие решений, исследуем возможности разработки формальной информационной модели.

V. РАЗРАБОТКА ФОРМАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АНАЛИЗА ПОТРЕБНОСТИ В ЭНЕРГОРЕСУРСАХ

Формальная информационная модель анализа потребности в услугах разработана на основе совместного использования методов структуризации, позволяющих расчленить начальную неопределенность при выборе вида услуг на более обозримые части, методов исследования многоуровневых иерархических структур М. Месаровича обеспечивающих возможность многоуровневого представления модели типа «слоев», и информационного подхода А.А. Денисова, позволяющего приводить разнородные

критерии (количественные и качественные) к единым информационным единицам, что помогает сопоставлять эти критерии и получать оценки потребности в различных видах услуг, используемых для проведения сравнительного анализа.

При разработке информационной модели необходимо учитывать следующие данные о моделируемой системе: весь город разделен на m административных районов ($k=1, \dots, m$). Подстанции, поставляющие услуги, разделены на типы, и районы, в которых расположены. Весь перечень услуг города представляет собой массив ($i=1, \dots, v$). Для анализа сферы оказания i -й энергоуслуги сделаем выборку подстанций, оказывающих данную услугу. Для проведения сегментации в качестве сегмента можно выбрать k -й административный район ($k=1, \dots, m$).

Для анализа сегментов энергоуслуг будем использовать информационные модели, базирующиеся на оценке обеспеченности энергоуслугами i -го вида одного жителя k -го района H_k^i .

$$H_k^i = J_k^i / n_k^i, \quad (1)$$

где J_k^i – информация об энергоуслуге i -го вида в k -м районе города, измеряемая относительных единицах; n_k^i – численность населения k -го района города, которому оказывается услуга i -го вида;

В настоящей части исследования будем использовать информационный показатель (J_k^i), который рассчитывается по следующей формуле:

$$J_k^i = A_k^i / \Delta A_k^i, \quad \dots \dots \dots (2)$$

где ΔA_k^i – минимальное количество энергоуслуг i -го вида в k -ом районе, интересующее потребителя, которое определяет единицу измерения A_k^i . В рамках данного исследования ΔA_k^i принято равной единице.

Тогда ситуация в конкретный момент может быть описана моделью, идея представления которой предложена в работе [1]:

$$\begin{aligned} H_1^i &= f(H_{11}^i, H_{12}^i, H_{13}^i, \dots, H_{1k}^i, \dots, H_{1s}^i, \dots, H_{1m}^i), \\ H_2^i &= f(H_{21}^i, H_{22}^i, H_{23}^i, \dots, H_{2k}^i, \dots, H_{2s}^i, \dots, H_{2m}^i), \\ H_3^i &= f(H_{31}^i, H_{32}^i, H_{33}^i, \dots, H_{3k}^i, \dots, H_{3s}^i, \dots, H_{3m}^i), \\ &\dots \\ H_k^i &= f(H_{k1}^i, H_{k2}^i, H_{k3}^i, \dots, H_{kk}^i, \dots, H_{ks}^i, \dots, H_{km}^i), \\ &\dots \\ H_m^i &= f(H_{m1}^i, H_{m2}^i, H_{m3}^i, \dots, H_{mk}^i, \dots, H_{ms}^i, \dots, H_{mm}^i) \end{aligned} \quad (3)$$

Совокупность зависимостей (3), отражающая взаимосвязь и взаимозависимость всех элементов информационной модели, для данной задачи может быть интерпретирована следующим образом: $H_1^i, H_2^i, H_3^i, \dots, H_k^i, \dots, H_s^i, \dots, H_m^i$ – обеспеченность ресурсами для оказания i -й энергоуслуги в k -м районе города ($k=1, \dots, m$).

Рассмотрим обеспеченность услуги i -го вида в k -м районе

$$H_k^i = f(H_{k1}^i, H_{k2}^i, H_{k3}^i, \dots, H_{kk}^i, \dots, H_{ks}^i, \dots, H_{km}^i), \quad (4)$$

где i – вид услуги; H_{kk}^i – собственная обеспеченность k -го района услугой i -вида; H_{ks}^i – изменение обеспеченности k -го района.

Итоговая обеспеченность одного жителя k -го района услугой i -го вида H_k^i определяется как сумма элементов:

$$H_k^i = H_{k1}^i + H_{k2}^i + H_{k3}^i + \dots + H_{kk}^i + \dots + H_{ks}^i + \dots + H_{km}^i, \quad (5)$$

где m – число районов; H_{ks}^i – изменение обеспеченности одного жителя k -го района услугами i -го вида; H_{kk}^i – собственная обеспеченность одного жителя k -го района услугами i -го вида.

VI. МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОУСЛУГАМИ С УЧЕТОМ ВИДОВ УСЛУГ И РАЙОНОВ ГОРОДА

Разрабатываемая должна учитывать следующие условия: город разделен на m районов, в каждом s -м районе города общей численностью населения n_s зарегистрировано m_s^i подстанций, оказывающих энергоуслуги i -го вида населению всех районов города, характеризующихся подстанции параметром J_{sl}^i и их распределением по районам.

Обобщенная формула для вычисления обеспеченности населения H_{ks}^i имеет вид:

$$H_{ks}^i = \sum_{l=1}^{m_s^i} \frac{J_{ksl}^i}{n_k}, \quad (6)$$

где J_{ksl}^i – характеристика l -й подстанции в s -м районе для оказания энергоуслуги i -го вида населению k -го района; n_k – численность населения k -го района; m_s^i – число подстанций в s -м районе для оказания услуги i -го вида.

Формула для вычисления J_{ksl}^i имеет вид:

$$J_{ksl}^i = X_{ksl}^i * J_{sl}^i, \quad (7)$$

где J_{sl}^i – характеристика l -й подстанции в s -м районе для оказания услуги i -го вида; S_{ksl}^i – коэффициент, показывающий долю l -й подстанции в s -м районе для оказания услуги по предоставления энергоресурсов i -го вида населению k -го района.

Для коэффициента S_{ksl}^i должно быть выполнено условие:

$$\sum_{k=1}^m S_{ksl}^i = 1 \quad (8)$$

Таким образом, формула для вычисления обеспеченности ресурсами i -го вида населения k -го района будет

иметь вид:

$$H_k^i = \sum_{s=1}^m \sum_{l=1}^{m_s} \frac{S_{ksl}^i * J_{sl}^i}{n_k} \quad (9)$$

Алгоритм определения обеспеченности энергоресурсами приведен на рис. 2.

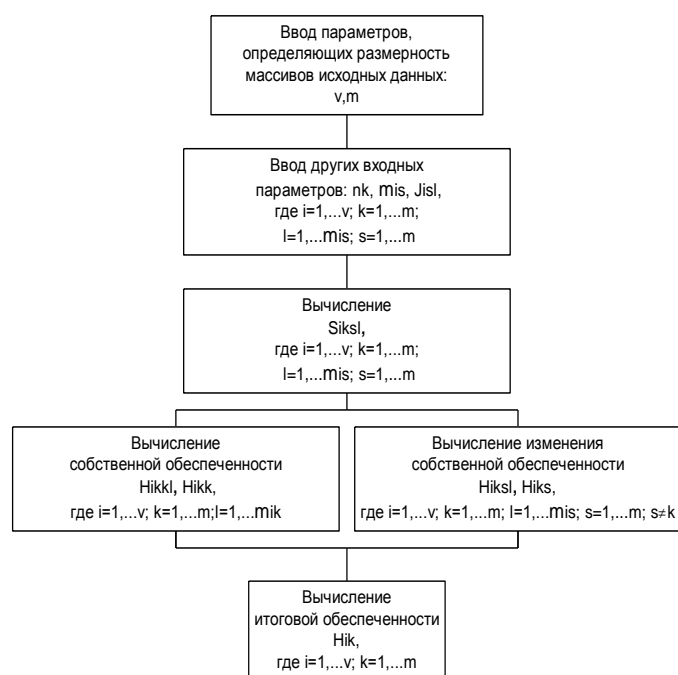


Рис. 2. Алгоритм определения обеспеченности энергоресурсами

В модель включены характеристики входных, расчетных и выходных параметров. Множество входных параметров состоит из параметров, определяющих размерность массивов исходных данных: количества услуг (v), количества районов города (m) – и других входных параметров: количества подстанций, распределенных по районам и видам энергоуслуг (m_s^i , где $i=1, \dots, v$; $s=1, \dots, m$), численности населения по районам (n_k , где $k=1, \dots, m$) и характеристик подстанций, оказывающих услугу данного вида, распределенных по районам и видам услуг (J_{sl}^i , где $l=1, \dots, m_s^i$;

$i=1, \dots, v$; $s=1, \dots, m$). Множество расчетных параметров состоит из массива коэффициентов, показывающих долю l -й подстанции в s -м районе, для оказания энергоуслуги i -го вида населению k -го района (S_{ksl}^i , где $l=1, \dots, m_s^i$; $i=1, \dots, v$; $k=1, \dots, m$; $s=1, \dots, m$).

Предложенная информационная модель позволяет определить собственную обеспеченность населения районов города услугами и ее изменения вследствие взаимодействия подстанций в других районах.

В рассмотренной модели использованы детерминированные. Можно использовать вероятностные оценки, предложенные в информационной теории А.А. Денисова: – оценки степени соответствия анализируемых компонентов исследуемых систем [2, 5]:

$$H_i = -q_i \log(1 - p_i'),$$

где p_i' – вероятность достижения цели при использовании оцениваемого энергоресурса; q_i – вероятность использования ресурса.

Применив совместно вероятностный и детерминированный способы оценки H_i можно провести сравнительный анализ оценок в течение определенного периода времени [7, 8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные модели могут быть использованы для принятия решений при выборе вида поставляемого энергоресурса и сектора рынка на основании анализа потребности в пределах города, разделенного на районы, позволяют определить собственную обеспеченность населения районов города услугами и ее изменения вследствие взаимодействия подстанций в других районах на обеспеченность населения района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Болсуновский В.А., Болсуновская М.В. Информационные модели в многоуровневых системах // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. научных трудов XIV Международной научно-практической конференции. Часть 1. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2010. С. 23-27.
- [2] Волкова В.Н. Об аксиоматическом построении теории систем // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. научных трудов XVIII Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 13–17.
- [3] Волкова В.Н. Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата. М.: Изд-во Юрайт, 2017. 462 с.
- [4] Денисов А.А. Теоретические основы кибернетики: Информационное поле. Л.: ЛПИ, 1975. 40 с.
- [5] Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: учебник. СПб.: 3-е изд. Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 304 с.
- [6] Месарович, Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 344 с.
- [7] Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / Под ред. В.Н. Волковой и В.Н. Козлова. М.: Издательство Юрайт, 2015. 449 с.
- [8] Моделирование систем и процессов. Практикум: учеб. пособие для академического бакалавриата / Под ред. В.Н. Волковой. М.: Издательство Юрайт, 2016. 295 с.