

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

УДК 629.064

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ХОДЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

© 2022 Ю. А. Клименко, А. П. Преображенский

Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)

*В статье обсуждаются возможности применения методов системного анализа и математического моделирования для анализа распределительных энергетических систем.*

*Ключевые слова: энергетическая система, метод, системный анализ.*

В настоящее время в ходе решения проблем, направленных на управление распределительными энергетическими системами, активным образом используются подходы, базирующиеся на математическом моделировании [1, 2], а также системном подходе и системном анализе. За счет них можно получать те варианты решения, которые возможны, а также вести прогнозы по последствиям принятых решений

С тем, чтобы осуществлять решение задач, связанных с прогнозированием параметров в энергетических системах широкое распространение получили такие подходы в моделировании: регрессионный анализ; анализ временных рядов; нейросетевое моделирование; «деревья решений» и др.

Регрессионный анализ – статистический метод исследования зависимости между зависимой переменной в энергетических системах и одной или же несколькими независимыми переменными.

Цели регрессионного анализа:

- обнаружение существования и характера (математического уравнения, которое позволяет описать зависимости) связи среди переменных;

- обнаружение степени детерминированности вариации критериальной переменной в энергетических системах предикторами;

Клименко Юрий Алексеевич – Воронежский институт высоких технологий, аспирант, e-mail: [klm71165@mail.ru](mailto:klm71165@mail.ru).

Преображенский Андрей Петрович – Воронежский институт высоких технологий, доктор техн. н., профессор, e-mail: [app@vivt.ru](mailto:app@vivt.ru).

- выяснение того какой от независимых переменных будет внесен вклад в вариации зависимых переменных.

Регрессионный анализ в энергетических системах имеет отличия от характеристик корреляционного анализа. В последнем дается ответ на вопрос, относительно существования связи среди анализируемых признаков. В случае применения регрессионного подхода дается иллюстрация зависимости результативных признаков от того, какие факторные признаки.

Следующий полином показывает общую зависимость в регрессионном подходе

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j + \sum_{l,j=1}^k b_{lj} x_l x_j + \sum_{j=1}^k b_{jj} x_j^2 \quad (1)$$

В данном выражении  $x_j$  – рассматриваются в виде независимых переменных в энергетических системах (учитывается, что  $k$  – количество переменных, которые есть в модели);  $y$  – рассматривается в виде зависимой переменной;  $b_{ij}$  – в уравнении регрессии рассматриваются в виде коэффициентов.

Если мы считаем, что в зависимой переменной ( $Y$ ) существуют лишь два возможных значения («0» или «1»), тогда на практике есть возможности для привлечения логистического регрессионного уравнения:

$$Y = \frac{e^{b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_k x_k}}{1 + e^{b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_k x_k}} \quad (2)$$

В нем  $Y$  – в энергетической системе рассматривается в виде моделируемой величины;  $x_1, x_2, \dots, x_k$  – являются независимыми

переменными;  $b_0, b_1, \dots, b_k$  – являются коэффициентами в регрессионном уравнении.

Когда могут применяться методы регрессионного анализа? Важно соблюдение условий:

- для всех опытов в энергетических системах должно быть проведение независимым образом друг от друга;

- по случайным составляющим неизменность в статистической природе;

- не должна быть связь между показателями, которые видны в уравнении регрессии.

Формирование уравнений множественной регрессии большей частью реализуется за счет того, что есть шаговый анализ.

В регрессионном анализе важно проверить адекватности модели. Тогда исследователи могут видеть, что ее можно использовать в практических приложениях. Для моделей должен выполняться принцип экономичности.

Если применяются временные ряды, тогда приходится применять методы адаптивного моделирования и прогнозирования. В них исследователи опираются на модели, в которых есть экспоненциальное сглаживание.

Когда требуются имитационные модели в энергетических системах, тогда могут быть привлечены искусственные нейронные сети. Если говорить об общем представлении, то они обеспечивают функциональное соответствие между входом и выходом [3]. Тогда их можно рассматривать в виде информационных моделей исследуемых энергетических систем.

Деревья классификации при рассмотрении энергетических систем могут использоваться в ходе аналитической обработки больших массивов информации. Тогда будут обнаружены по ним значимые закономерности и/или систематические связи между предикторными переменными [4].

При рассмотрении совокупности энергетических объектов могут быть полезны деревья решений. Они анализируются в виде последовательных иерархических структур. В них входят узлы, связанные с правилами.

Важно учитывать, что качество в первичных статистических данных оказывает влияние на характеристики точности моделей. Отметим некоторые проблемы, которые могут быть в ходе подготовки данных к процессам статистического анализа и моделирования [5].

Описание энергетических систем может осуществляться на основе численных оценок, а также качественных. Например, когда количество возможных значений по качественным переменным превышает 2, тогда могут возникнуть трудности в ходе оценок «весов» по каждому из вариантов.

Экспертные оценки позволяют осуществлять процессы преобразования качественных оценок к количественным. Экспертное оценивание рассматривается в виде процесса измерения, на основе которого сравниваются объекты по показателям. Чтобы сравнивать объекты друг с другом проводится выбор критериев сравнения. Анализ показывает, что целесообразнее применять в практических приложениях количественные оценки [6, 7].

В ходе реализации экспертизы достаточно часто применяют ранжирование, непосредственную оценку, методы парного сравнения. Первый из указанных подходов рассматривается в виде процедуры, в которой упорядочиваются альтернативы. Она исполняется экспертом на основе шкалы порядка. Базируясь на знаниях и опыте, эксперт будет размещать объекты в порядке предпочтения. Для этого ему требуется ориентироваться на одном или нескольких показателях сравнения. Тогда мы можем увидеть тот фактор, который будет наиболее существенным среди других.

Эксперт будут альтернативы размещать в том порядке, который для них представляется в виде наиболее рационального. Выделяются в такой последовательности ранги. Ранг 1 соотносится с наиболее предпочтительной альтернативой. Тогда в порядковой шкале, которая при ранжировании используется для решения задач, необходимо удовлетворение условиям равенства между числом рангов и числом тех альтернатив, которые будут подвержены ранжированию.

Подходы, связанные с непосредственной оценкой, рассматриваются в виде процедуры, в которой альтернативы соотносятся с числовыми значениями внутри шкалы интервалов. Эксперт будет помещать каждую из рассматриваемых альтернатив внутри некоторого оценочного интервала.

Эксперты могут сравнивать альтернативы попарным образом. Тогда внутри каждой из пар будет установлена та, которая будет наиболее важная. Реализовать

процессы парного сравнения удобно и, если возникает проблема, обусловленная большим количеством альтернатив, подверженых сравнению.

Для рассмотренных подходов экспертного измерения существуют различные особенности. Анализ практического использования демонстрирует, что в определенных задачах весьма эффективным будет их комплексное применение. Важно иметь в виду, что достаточно простой подход, который требует минимальных затрат – это применение ранжирования. За счет использования метода парного сравнения без того, чтобы вести дополнительную обработку результатов измерений, а также ориентироваться на ограничения не во всех случаях можно придти к полному упорядочению энергетических объектов.

Даже вследствие одного ошибочного значения, которое сильным образом будет отличаться от ординарных, мы можем придти к тому, что сформированные модели будут неадекватными. В таких случаях можно столкнуться с необходимостью заполнения пропусков вследствие неполных данных.

Таким образом, при описании сложных энергетических систем необходимо использовать различные методы системного анализа с учетом их возможностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киселёва О. А. Локально-оптимальное управление в электромеханической системе с бесконтактным двигателем постоянного тока // О. А. Киселёва, С. А. Винокуров, Д. Д. Киселёва // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 1 (32). – С. 25-26.
2. Абидова Е. А. Паспортизация перегрузочных операций для контроля состояния

оборудования атомной электростанции / Е. А. Абидова, А. А. Лапкис, В. Д. Ожерельев, А. В. Чернов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 1 (32). – С. 26-27.

3. Тороев А. С. Алгоритм достижения консенсуса для распределённых систем обработки данных на основе технологии распределённых реестров / А. С. Тороев, А. Б. Сизоненко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 1 (32). – С. 23-24.

4. Болгова М. А. Оптимизационное моделирование процессов классификационной трансформации в сетевой организационной системе / М. А. Болгова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 1 (32). – С. 8-9.

5. Вайнштейн В. И. Дисперсия стоимости восстановлений и оптимизационные задачи в процессах восстановления технических и информационных систем / В. И. Вайнштейн // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 2 (33). – С. 24-25.

6. Преображенский Ю. П. Некоторые проблемы автоматизации процессов / Ю. П. Преображенский // Техника и технологии: пути инновационного развития. Сборник научных трудов 8-й Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. – 2019. – С. 62-64.

7. Преображенский Ю. П. Проблемы компьютерного моделирования физических процессов / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. сборник научных трудов 9-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – 2019. – С. 276-279.

## APPLICATION OF SYSTEM ANALYSIS METHODS AND OF MATHEMATICAL MODELING WHILE SOLVING PROBLEMS ASSOCIATED WITH DISTRIBUTION ENERGY SYSTEMS

© 2022 Yu. A. Klimenko, A. P. Preobrazhenskiy

*Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)*

*The paper discusses the possibilities of applying the methods of system analysis and mathematical modeling for the analysis of distribution energy systems.*

*Keywords: energy system, method, system analysis.*