ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

РАМАЗАНОВ К.Н., САЛИМОВА А.К.

Институт физики НАНА, АзНИПИИ Энергетики

Одним из важнейших условий развития экономики страны является наличие мощной энергетической базы, способной полностью удовлетворять потребности экономики и населения страны в электроэнергии. Создание требуемой энергетической базы, в свою очередь, предполагает наличие достоверных прогнозов потребления энергии на длительную перспективу, а также наличие необходимых финансовых ресурсов для рациональной организации процессов производства, передачи и распределения энергии. Очевидно, срок ввода новых, или реконструкция действующих мощностей должен быть взаимоувязан по времени с наступлением того или иного уровня потребности в энергии. В противном случае экономика страны будет испытывать либо дефицит энергии, либо будет наблюдаться синдром «запертой» мощности. В обоих случаях экономика страны терпит ущерб;- в первом случае в виде недопроизводства продукции или услуг, во втором случае в виде невостребованной генерирующей мощности.

Во избежание того или иного из вышеизложенных нежелательных ситуаций, необходимо как можно точнее обеспечить взаимоувязку объемов производства и потребления энергии в любые отрезки времени.

Рациональное решение указанной задачи возможно лишь при наличии достоверных прогнозов потребления энергии, при одновременном наличии точных данных, необходимых для принятия решения развития генерирующих мощностей, а также системы передачи и распределения энергии.

Поскольку будущее условие развития экономики, в том числе и самой энергосистемы, содержит в себе достаточную степень неопределенности, то необходимо учесть указанное обстоятельство.

Из вышеизложенного следует, что решение данной задачи возможно лишь при учете неопределенности исходной информации, органически присущей данному классу задач. На самом деле зачастую требуемая информация о будущих потребностях в энергии дается в виде интервальных оценок, или бывают известны лишь вероятностные оценки того или иного события.

Кроме указанной, можно перечислить и ряд других задач, где приходится принимать решение в условиях неопределенности исходной информации. Так, например, в силу ряда причин происходит резкое повышение стоимости энергетического оборудования, повышение стоимости первичных энергетических ресурсов, строительно-монтажных работ и т.д., в конечном счете, влияющие на экономические и технические показатели энергосистемы.

Проведенный авторами анализ соответствующей литературы показывает, что наиболее удачным вариантом принятия решения в вышеуказанных условиях является применение положений теории игр, позволяющее получить некоторые гарантированные результаты.

Как известно из [3], игровой подход представляет собой математическую модель конфликтных ситуаций, в которых участвующие стороны (игроки) стремятся к противоположным целям. Результат конфликта называется выигрышем одного из игроков. Стратегией игрока называется правило, определяющее выбор его действий.

Среди стратегических игр особое место занимают так называемые игры с природой. В этих играх одним из игроков является лицо, принимающее решение (ЛПР), другим - природа, имеются два основных признака отличия такой игры от обычной стратегической игры двух лиц с нулевой суммой.

Во-первых, природа не является разумным игроком в том смысле, что она не заинтересована в выборе оптимальной для себя стратегии, так как не заинтересована выиграть игру.

Во-вторых, природа, хотя и не выбирает оптимальных стратегий, чтобы выиграть игру, может располагать некоторым механизмом случайного выбора, который с учетом установленных вероятностей реализует разные стратегии природы (т.е. ее состояния). Изучая этот механизм, ЛПР имеет возможность выбирать оптимальные для себя стратегии.

Указанные принципы в значительной мере соответствуют постановке задачи по выбору структуры генерирующих мощностей, определению величины резерва мощности, вариантов покрытия потребности тем или иным энергоресурсом и другим задачам такого класса. Поэтому ниже излагаются методические основы применения теории игр к решению вышеизложенных задач.

Будем интерпретировать выбор определенного варианта развития структуры генерирующих мощностей или варианта покрытия потребности как игру ЛПР с природой. При этом j -ой вариант назовем j–ой стратегией ЛПР и обозначим через $B_j (j=1,\ \overline{N})$. Предположим, что затраты на тот или иной вариант зависят от факторов $f_k (k=\overline{1,m})$,каждый из которых может принимать одно из n_k дискретных значений $f_{kl} (l=\overline{1,n_k})$. Сочетание вида $(f_{1p}, f_{2q},\ldots,f_{ms})$, где $P=\overline{1,n}$; $q=\overline{1,\ n_2}$,...., $S=\overline{1,n_m}$ (обозначим их число через М) будет представлять всевозможные состояния природы, которые назовем стратегиями природы и обозначим через D_i $(i=\overline{1,m})$.

Для анализа возникающих в игре ситуаций необходимо составить матрицу игры (платежную матрицу), элемент $З_{ij}$ которой представляет приведенные затраты ЛПР в случае, когда он выбирает j -ую стратегию, а природа - i –ую. Прежде, чем переходить к алгоритму выбора оптимальной стратегии, необходимо исключить из рассмотрения доминируемые стратегии. Стратегия B_j называется доминируемой, если в матрице игры $З= \{З_{ij}\}$ все элементы j -ого столбца больше соответствующих элементов некоторого другого столбца. ЛПР невыгодно выбирать доминируемую стратегию, т.к. при любой стратегии природы в его распоряжении имеется лучший вариант, обеспечивающий меньшие затраты. Поэтому столбец, соответствующий доминируемой стратегии, можно вычеркнуть из матрицы игры и данный вариант решения рассматривать как наименее выгодной.

Построенная платежная матрица служит основой для выбора ЛПР оптимальной стратегии. Критерий такого выбора существенно зависит от степени неопределенности исходной информации.

Ниже излагаются принципы анализа платежной матрицы, в которой требуется найти конкурирующие варианты решения, которые в принципе могут оказаться рациональными и, поэтому, должны подвергаться обстоятельному анализу.

В соответствии с принятой постановкой задачи и установленным видом оценочной функции рассчитываются значения платежной матрицы для всех отобранных на предыдущих этапах значений X_i и Y_s.. При этом учитывается стоимость корректирующих мероприятий, ущербы от нарушения ограничений и т.п.

Одно из главных требований при расчете платежной матрицы - обеспечение энергетической (а если нужно, то и экологической и прочей) сопоставимости вариантов решения по отдельным ее столбцам (для каждого отдельного сочетания информации Y_s,). Такая сопоставимость обеспечивается, если во всех вариантах решения соблюдаются балансы мощности и энергии, а также экологические и прочие ограничения, наложенные при постановке задачи. С этой целью необходимо использовать корректирующие мероприятия, а также учитывать ущербы от нарушения ограничений.

Платежная матрица дает общую количественную оценку ситуации, для которой решается задача. Однако, эта оценка оказывается неоднозначной - каждый вариант решения X_i характеризуется строкой (вектором) значений оценочной функции $З_{is,}$, получаемых при разных сочетаниях Y_s $(S=1,..., S)$. Поэтому для сопоставления вариантов X_i приходится использовать характерные оценки (см.табл.1.). Их несколько:

а) максимальное для данного варианта значение затрат $З_i^{max}$;

б) минимальное значение затрат - $З_i^{min}$;

в) среднеарифметическое значение затрат $\overline{З_i}$;

г) максимальное значение риска R_i $^{\max}$, для его определения необходимо на основе платежной матрицы $//З_{is}//$ построить матрицу рисков $//R_{is}//$, где R_i представляет собой перерасход, который будет иметь место для варианта X_i - при сочетании исходных данных Y_s по сравнению с вариантом решения, оптимальным для этого сочетания, а затем найти максимальное значение риска для рассматриваемого варианта X_i . Подробнее смысл характерных значений их определения описан в [3] .

Таблица 1. Платежная матрица и ее характерные значения

У / Х	Платежная матрица					Характерные значения			
	$У_1$	...	$У_s$	...	$У_s$	$З_i^{\max}$	$З_i^{\min}$	$\overline{З_i}$	$R_i^{\max}$
X_1	$З_{11}$	.	$З_{1s}$	.	$З_{1s}$	$З_1^{\max}$	$З_1^{\min}$	$\overline{З_1}$	$R_1^{\max}$
X_2	$З_{21}$	.	$З_{2s}$	.	$З_{2s}$	$З_2^{\max}$	$З_2^{\min}$	$\overline{З_2}$	$R_2^{\max}$
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
X_i	$З_{i1}$	.	$З_{is}$	.	$З_{is}$	$З_i^{\max}$	$З_i^{\min}$	$\overline{З_i}$	$R_i^{\max}$
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	
X_I	$З_{I1}$	.	$З_{Is}$	.	$З_{Is}$	$З_I^{\max}$	$З_I^{\min}$	$\overline{З_{Ii}}$	$R_I^{\max}$

Как видим, указанный этап является наиболее трудоемким в вычислительном отношении и определяющим, как правило, общее время, необходимое для решения поставленной задачи. Полученная на этом этапе платежная матрица $//З_{is}//$ дает количественную характеристику ситуации и является основной для последующего анализа и выбора вариантов.

Его цель - установление рациональных или экономически равноценных вариантов (по возможности одного), рекомендуемых для реализаций. При этом можно предложить два способа определения рациональных вариантов:

а) выбор их с применением критериев Вальда, Лапласа или Сэвиджа т.е. фактически, на основе характерных оценок, полученных из платежной матрицы;

б) использование субъективных (экспертных) оценок вероятностей (неоднозначных) с определением вариантов, оптимальных по математическим ожиданиям оценочной функции.

Преимущества первого способа - относительная простота, наглядность (обозримость), разносторонность анализа и, самое главное, использование непосредственно платежной матрицы ("первоисточника"). Недостатки этого способа вытекают из недостатков отдельных критериев выбора. Каждый из них отражает лишь один из аспектов ситуации и не может считаться вполне приемлемым. Только в случае, когда все критерии указывают на один и тот же вариант (т.е. когда вариант оказывается «всесторонне» хорошим), выбор становится достаточно определенным, но такие случаи в практике встречаются крайне редко.

Достоинство второго способа состоит в том, что математическое ожидание является хорошей оценкой, характеризующей ситуацию «в среднем» - с учетом (взвешиванием по вероятности) всех рассмотренных сочетаний исходной информации. Недостаток же заключается в субъективной оценке вероятностей, что, естественно, снижает достоверность анализа.

Учитывая отмеченные преимущества и недостатки, целесообразно сначала использовать для анализа платежной матрицы первый способ. Если при этом не будет выявлен единственный наилучший вариант, то применить и второй способ.

Как было указано выше, анализ платежной матрицы начинается с выявления доминирующих вариантов. Как уже говорилось, каждый из них лучше другого, по крайней мере, при одном сочетании исходных данных.

Множество доминирующих вариантов проще определить путем выявления и исключения недоминирующих вариантов, которые хуже одного из доминирующих при всех сочетаниях исходных данных. Для недоминирующего варианта j имеет место неравенство (при сопоставлении его с доминирующим вариантом i)

$$З_{js} \geq З_{is}; \qquad s=1,\ldots, s \qquad (1)$$

причем хотя бы при одном s - строгое неравенство. Очевидно, что такие варианты явно плохи (требуют больших затрат по сравнению с одним из доминирующих вариантов) и могут быть исключены из дальнейшего рассмотрения.

Заметим, что если все конкурирующие варианты x_i $(i=1,\ldots.J)$, для которых рассчитывалась платежная матрица путем оптимизационных расчетов (если рассматриваются только локально-оптимальные варианты), то данная стадия анализа лишняя - все эти варианты заведомо доминирующие.

После исключения доминирующих вариантов анализ переходит во вторую стадию, где выявляются варианты, рациональные по различным критериям выбора решений. Эти критерии основаны на характерных оценках.

1. В критерии Вальда (минимальных затрат) используются оценка $З_i^{мах}$. Рекомендуется вариант $Х_В^*$, для которого эта оценка минимальна:

$$\min_i З_i^{\max} = \min_i \max_S З_{is} \rightarrow X_B^* \qquad (2)$$

По критерию (2) выбирается действие, которое гарантирует, что затраты ЛПР не будут больше некоторой величины при любых возможных в будущем условиях. В этом его достоинство. С другой стороны, ориентация на самую неблагоприятную обстановку является крайне осторожным (пессимистическим или «консервативным») решением. Если действовать смелее, то можно добиться некоторого уменьшения затрат.

2. Критерий Лапласа (минимума среднеарифметических затрат) указывает на вариант $Х_л^*$, для которого минимальная оценка $\bar{З}_i$:

$$\min_i \overline{З_i} = \min_i \frac{1}{S} \sum_{s=1}^{s} З_{is} \rightarrow X_s^* \qquad (3)$$

Он соответствует принципу «недостаточного основания», т.е. предположению, что не имеется достаточных оснований для выделения того или иного сочетания информации. Поэтому нужно поступать так, как будто они равновероятны. Главный недостаток критерия – предположение об одинаковой вероятности всех сочетаний исходных данных, отобранных для рассмотрения. Вместе с тем, интуитивно такая средняя оценка затрат, бесспорно, представляет интерес.

3. Критерий Сэвиджа (минимального риска) основан на оценке $R_i^{\max}$:

$$\min R_i^{\max} = \min_i \max_S R_{is} \to X_s^* \qquad (4)$$

Как и в критерии Вальда, здесь используется минимаксный принцип, в связи с чем критерий Сэвиджа также может считаться консервативным. Однако, оперируя относительной величиной затрат, получаем несколько иную оценку ситуации.

4. В критерии Гурвица ("пессимизма-оптимизма") минимизируется линейная комбинация максимальных $З_i^{мах}$, и минимальных $З_i^{\min}$ затрат:

$$\min\left[\alpha З_i^{\max} + (1-\alpha)\cdot З_i^{\min}\right] \to X_г^* \qquad (5)$$

где – α - показатель "оптимизма-пессимизма" (0≤α≤1). При α =1 критерий Гурвица превращается в критерий Вальда, а при α =0 - в критерий «крайнего оптимизма» (минимальный) выбор, по которому предполагает наилучшее стечение обстоятельств, что явно неразумно. При 0≤α≤1 получается нечто среднее, и в этом привлекательность критерия Гурвица. Его естественный недостаток заключается в том, что значения параметра α выбирает сам исследователь, поэтому нельзя объективно выявить наилучший вариант. Интуитивно представляется, что значения α следует принимать в пределах 0,5-0,8 (предпочитая осторожность).

Если рекомендации по всем критериям совпадают, то задачу можно считать решенной - этот вариант, оптимальный по всем применяемым критериям, можно рекомендовать для реализации.

Если же рациональных вариантов оказывается несколько, то анализ должен быть продолжен. При этом для большей полноты анализа следует передать все доминирующие варианты, выявленные на начальной стадии расчета.

При этом для рассматриваемых сочетаний исходных данных Y_s (s=1,...,s) экспертным путем намечается несколько (Q) субъективных функций (рядов) распределения

$$F_q(Y),\ q = 1,\ldots,\ Q \qquad (6)$$

которые указывают вероятности P_{sq} отдельных сочетаний Y_s, при q функции распределения, причем для каждого ряда F_q сумма этих вероятностей равна единице:

$$\sum_{s=1}^{s} P_{sq} = 1,\ q=1,\ \ldots,\ Q \qquad (7)$$

Эти вероятности выражают наши представления о возможностях в будущем тех или иных условиях (нашу оценку «шансов» их появления). Такие оценки делаются на основе опыта и интуиции специалистов, поэтому они не могут быть однозначными, в связи с чем и предполагается получение серии рядов распределения. Последнее позволяет проводить более полный и объективный анализ ситуации, гарантируя от больших ошибок и произвола (позволяя, например, использовать оценки нескольких экспертов или противоречивые оценки одного и того же эксперта). Несмотря на субъективный характер и неоднозначность таких оценок, они очень полезны для анализа и выбора решений, так как позволяют резко сузить зону неопределенности решений, а иногда даже получить единственный оптимальный вариант.

Имея ряд распределения $F_q(Y)$, можно определить математическое ожидание затрат для того или иного варианта решений X_i :

$$M_{iq} = \sum_{s=1}^{s} P_{sq} \cdot З_{is} \qquad (8)$$

где значения $З_{is}$ берутся из платежной матрицы $//З_{is}//$. Рассчитав M_{iq} для всех вариантов X_i (i=1, …, J) при всех рядах распределения F_q (q = 1,…, Q), получим матрицу математических затрат $//M_{is}//$. Строки этой матрицы по-прежнему соответствуют различным вариантам решения X_i (их число здесь может быть меньше, чем в платежной матрице $//З_{is}//$, а столбцы - разным рядам распределения F_q, т.е. уже не отдельным сочетаниям информации, а всему их множеству с фиксированными вероятностями P_{sq} (как иногда говорят, "смешанной стратегии природы").

Значения M_{iq} в отдельном столбце могут сопоставляться между собой, что позволяет выявить вариант, оптимальный при соответствующем ряде распределения F_q:

$$\min_i M_{iq} \to X_q^*, \quad q=1, \dots, Q \qquad (9)$$

Если для всех рядов F_q оптимальный оказался один и тот же вариант (такие случаи вполне возможны), то задача решена - этот вариант и следует принять для реализации. Учет информации о возможных законах распределения вектора У в подобных случаях фактически снимает неопределенность выбора.

На заключительной стадии анализа необходимо определить вариант, который будет рекомендоваться ЛПР для принятия и реализации. Если же рациональных вариантов оказалось несколько, то нужно провести дополнительный, более глубокий анализ.

Для этого можно рекомендовать следующие дополнительные операции.

I. Определить разницу в характерных оценках $З^{max}$, и З и R^{max} по различным рациональным вариантам (i и j):

$$\Delta З^{\max} = З_i^{\max} - З_j^{\max} \qquad (10)$$

$$\Delta \overline{З} = \overline{З_i} - \overline{З_j} \qquad (11)$$

$$\Delta R^{\max} = R_i^{\max} - R_j^{\max} \qquad (12)$$

Эти разности позволяют судить, какой выигрыш или проигрыш по отдельным характерным оценкам (по различным критериям) указывает на преимущества одного варианта по сравнению с другим. Если в каком-то варианте выигрыш по критериям, по которым он оптимален, значительно превышает проигрыш по другим критериям, то его иногда можно считать более предпочтительным.

II. Для разноэкономических вариантов X_q^*, выявленных на предыдущей стадии, нужно определить характерные оценки M_i^{max}, M_i и R_{mi}^{max} в матрице математических ожиданий затрат $//M_{iq}//$. Это делается так же, как для характерных оценок в платежной матрице $//З_{is}//$. После этого можно использовать те же критерии Вальда, Лапласа и Сэвиджа (но уже применительно к матрице $//M_{iq}//$ заменой в выражениях (2)÷(4) буквы З на М и индексом S на q), которые могут указать более предпочтительный вариант.

Ш. Учесть другие (неэкономические) критерии, которые имеют значения для обосновываемого решения. Для этого должны быть рассчитаны показатели (измерители), количественно характеризующие степень выполнения неэкономических критерий для различных вариантов решения при разных сочетаниях исходных данных, т.е. рассчитаны фактически матрицы $К_{is}^r$ (K^r - показатель r -го критерия).

Учет неэкономических критериев может осуществляться чисто интуитивным (экспертным) путем либо же более строгим, формализованным способами. При этом предполагается, в частности, что для всех неэкономических критериев (их показателей) при постановке задачи были заданы минимально (максимально) допустимые уровни, а экономические затраты на обеспечение этих уровней включались в оценочную функцию З (X,Y,Z). Неэкономические критерии ранжируются в порядке важности (значимости) и используются последовательно, начиная с наиболее важного, для выбора из экономически равноценных (рациональных) тех вариантов, которые более предпочтительны по этим критериям. В виде неоднозначности исходной информации выбор по какому-либо r-му критерию производится на основе матрицы // K_{is}^{r} // аналогично тому, как это делалось применительно к матрице затрат // $З_{is}$ //. Если рассматриваемые равноэкономические варианты оказываются равноценными и по наиболее важному не экономическому критерию, то используется следующий по значимости критерий и т.д. Данный способ учета неэкономических критериев позволяет более уверенно выявить вариант, рекомендуемый для реализации.

Если же в результате всего проведенного анализа не удалась определить один наилучший вариант, то лицам, принимающим, окончательное решение, передаются оставшиеся рациональные варианты с их основными количественными показателями (матрицами, характерными оценками). Несмотря на сохранившуюся неопределенность решения, проведенный анализ гарантирует, что будет выбран один из действительно рациональных (и равноценных) вариантов.

Следует отметить, что в реальных задачах критерии (2) ÷(5) не всегда позволяют выбрать один наилучший вариант, т.к. нередко возникают ситуации, при которых указанные критерии приводят к равноэкономическим вариантам. В этом аспекте возможен следующий подход, изложенный в [1].

Для учета различных факторов при выборе рациональных вариантов решения одним из разумных путей может служить упорядочение выбираемых решений по предпочтительности, основанной на применении аксиоматического подхода, независимого медианой Кемени, для ранжирования вариантов решений по отдельному критериальному свойству и также по множеству критериев в условиях неопределенности.

Медиана Кемени используется для выбора результирующего ранжирования на множестве заданных упорядочений альтернатив с введением меры близости (или расстояний) между ними.

Пусть заданы n вариантов решений (альтернатив) $x_1,\ldots, x_i, x_j\ldots, x_n$ и m ранжирование этих альтернатив по предпочтительности ($P_1\ldots, P_v, \ldots, P_m$). Отдельные ранжирования могут соответствовать разным критериям выбора или мнениям различных экспертов. Для представления информации о ранжирования P_v ($v=1,\overline{m}$) используется матрицы отношений $//P_{ij}^{(v)}//$ или $//W_{ij}^{(V)}//$ между парами альтернатив x_i, x_j . Элементы этих матриц определяются следующим образом :

- при ранжировании P_v на неметризованных отношениях:

$$P_{ij}^{v} = \begin{cases} I, если x_i предпочтительнее x_j, \\ -I, если x_j предпочтительнее x_i, \\ 0, если x_i и x_j равноценны \end{cases} \tag{13}$$

- при ранжировании P_v на метризованных отношениях:

$$\omega_{ij}^{(v)} = \omega_i^{(v)} - \omega_j^{(v)} \tag{14}$$

где $\omega^{(v)}$, $\omega_j^{(v)}$ -численные оценки степени предпочтительности альтернатив x_i, x_j в метризованном ранжировании P^*.

Тогда под результирующим ранжированием P^* , полученным методом медианы Кемени, нужно понимать новое единственное упорядочение, сумма расстояний d (P, P_v) от которого до заданных ранжирований P_v достигает минимума.

$$P^* = Arq \min_p \sum_{v=1}^{m} d(P, P_v) \qquad (15)$$

Мера близости $\sum_{v=1}^{m} d\left(p, p_v\right)$ удовлетворяет традиционным аксиомам метрики и определяется следующим образом на неметризованных и метризованных отношениях:

$$\sum_{v=1}^{m} d(P, P_V) = \sum_{v=1}^{m} \cdot \sum_{i \prec j} \left| P_{ij}^{(v)} - P_{ij} \right| \qquad (16)$$

и

$$\sum_{v=1}^{m} d^2(P, P_V) = \sum_{y=1}^{m} \cdot \sum_{i=1}^{n} \cdot \sum_{j=1}^{n} \left(\omega_{ij}^{(v)} - \omega_{ij}\right)^2 \qquad (17)$$

В [4] доказано, что ранжирование результирующих отношений по медиане Кемени удовлетворяет принципам выбора Кондорса, Парето и главным условиям Эрроу.

Следовательно, медиану Кемени можно считать одним из наиболее корректных результирующих отношений. Ее можно использовать для ранжирования по предпочтительности вариантов решения поставленных задач.

Зачастую в отношении ряда факторов, от которых зависят затраты при выборе определенной стратегии, имеется статистическая информация в течение длительного периода времени. На основе таких временных рядов могут быть оценены вероятности $P_{ке}$ того, что фактор $f_к$ примет значение $f_{ке}$. В случае отсутствия временных рядов аналогичная вероятностная информация может быть получена на основании других исследований, в частности, методами экспертных оценок. Использование экспертных опенок позволяет частично преодолеть неопределенность исходной информации, что дает возможность ЛПР принимать более обоснованные решения.

Экспертные оценки проводятся по каждому из факторов $f_к$. С целью введения количественной меры специалисту предлагается расположить значения $f_{ке}$ (е=1, $\overline{n}$) данных факторов в порядке уменьшения возможности их осуществления и присвоить каждому значению цифру (ранг), которая соответствует месту, отведенному исследователем данному значению в ранжированном ряду; если специалист не может представить порядок расположении нескольких факторов, то им присваивается один и тот же номер.

Согласно данным анкеты, результаты опроса заносят в матрицу рангов, элемент $R_{íe}$ которой представляет собой ранг, присвоенный значению $f_{ке}$ фактора $f_к$, í-ым экспертом [5] .

$$W = \frac{12 \cdot S}{Q^2\left(n^s - n\right)} \qquad (18)$$

здесь $S = \sum_{e=1}^{n} \left(R_e - \overline{R}\right)^2$, $\quad R_e = \sum_{i=1}^{a} R_{ie}$; $\quad \overline{R} = \frac{1}{Q} \cdot \sum_{i=1}^{Q} \cdot \sum_{e=1}^{h} \cdot R_{ie}$

Q- общее число экспертов.

В случаях, когда какой-либо эксперт не может установить ранговое различие между несколькими смежными значениями фактора и присваивает им одинаковые ранги, расчет коэффициента конкордации производится по формуле

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}Q^2\left(n^s - n\right) - Q\sum_{i=1}^{Q} T_i} \qquad (19)$$

где $T_i = \frac{1}{12}\sum(t_i^3 - t_i)$; t_i - количество одинаковых рангов в i -ой строке матрицы рангов. Степень согласованности мнений специалистов оценивается по критерию:

$$\overline{X}^2 = Q(n-1) \cdot W \qquad (20)$$

В случае "связанных" рангов

$$\overline{Z}^2 = \frac{1}{\frac{1}{12}Q_n(n+1) - \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{Q} T_i} \qquad (21)$$

Величина $\overline{Z}^2$ подчиняется Z -квадрат - распределению с числом степеней свободы n-1 . Для оценки значимости коэффициента конкордации необходимо и достаточно, чтобы найденное $\overline{Z}^2$ было больше табличного Z^2, определяемого числом степеней свободы $\nu = n-1$ и уровнем доверительной вероятности Р . Как правило, доверительная вероятность в таких случаях принимается равной 0,95+0,99. При $\overline{Z}^2 > \mathbf{Z}^2$ мнение специалистов не случайно.

Исходя из величины R_e, можно оценить вероятность $P_{ке}$ того, что фактор $f_к$ примет значение $f_{ке}$ по формуле:

$$P_{ke} = 1 - \frac{R_e - Q}{Q(n-1)} \qquad (22)$$

Пусть вышеуказанными методами произведена оценка величины R_{ke}. Тогда произведение вида $P_i = \prod_{i=1}^{m} P_{ke}$, i = 1, N, будет представлять собой вероятность осуществления i - го состояния природ. В этом случае оптимальная стратегия ЛПР выбирается, исходя из критерия

$$\min \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot 3_{ij} \qquad (23)$$

называемого правилом Байеса-Лапласа.

Таким образом, используя возможности теории игр с природой, можно учесть неопределенность исходной информации в задачах принятия решения. Использование указанного алгоритма позволяет выбирать наиболее приемлемый вариант решения из числа неограниченных вариантов. Статья носит теоретический характер и указывает пути учета неопределенности исходной информации. На следующем этапе предполагается применение данного способа на конкретных примерах по решению задач развития энергетики.

---

1. *Беляев Л.С. и др.* Об исходной информации для оптимизации больших систем в энергетике. Том 1, Иркутск, 1970.
2. *Беляев Л.С. и др.* Основные требование и подходы к построению

рациональных математических моделей для решения оптимизационных задач. Иркутск, 1970.
3. Теоретические основы системных исследований в энергетике. Под ред. Беляева Л.С. и Руденко Ю.Н., Новосибирск, Наука,1986.
4. *Бенке К., Молодюк В.В.* Оптимизация развития электрических сетей с учетом неопределенности исходной информации. Т.2, Иркутск, 1974. Рамазанов К.Н. Методы моделирования в энергетике. –Институт термофизики и электрофизики АН Эстонской ССР.-Таллин, 1988.
5. Фактор неопределенности при принятии оптимальных решений в больших системах энергетики, т 2, секция принятия решений развитии больших систем энергетики. Под ред. Макарова А.А., Сиб. Отд. АН СССР, СЭИ, Иркутск, 1974.

İNFORMASİYANIN QEYRİ-MÜƏYYƏNLİK ŞƏRAİTİNDƏ QƏRARLARIN QƏBUL OLUNMASININ BİR ÜSULU BARƏDƏ

RAMAZANOV K.N., SƏLİMOVA A.K.

Elektroenergetika sektorunun inkişafı ilə əlaqədar məsələlərin həlli zamanı informasiyanın qeyri-müəyyənliyi şəraitində «oyunlar nəzəriyyəsinin» bir qolu olan «təbiətlə oyun» üsulundan istifadə olunması təklif olunur.

ABOUT ONE METHOD OF DECISION-MAKING IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY OF THE INITIAL INFORMATION

RAMAZANOV K.N., SALIMOVA A.K.

For the solving of the problems in development of power engineering at presence of uncertainty of the initial information, application of the «game with the nature» theory, which is one of versions of the theory of games, being is represented expedient.