

ТЕОРИЯ ЭНТРОПИИ В РАЗВИТИИ КОНЦЕПЦИИ КОРПОРАТИВНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Указывается целесообразность использования корпоративной экологической системы (КЭС) как базовой модели для принятия оптимального управленческого решения в системе экологического мониторинга в целях сохранения равновесного состояния составляющих КЭС, их гармонического развития и эволюции. Показывается необходимость внедрения для оценки управления КЭС основ статистической термодинамики, использования компараторной идентификации для характеристики состояния системы.

Актуальность исследования. Энтропия является количественной мерой неопределенности, связанной со случайными явлениями. Создание концепции КЭС основывалось на объединении разнородных макросистем, которые связаны одной целью – экологического регулирования процессов, происходящих под действием стохастических факторов на данные системы, в одну при сохранении их особенности эволюции [1]. Единым для данных систем является нахождение их в некоем вероятностном пространстве [2]. Для КЭС это пространство можно представить в виде тройки множеств (S, F, P) , где S – пространство существования КЭС, F – множество событий или оптимального состояния КЭС и P – вероятность. Искомая вероятностная мера состояния КЭС может быть определена на подмножествах пространства состояний S , представляющих совокупность значений параметров состояния, связанных с происходящими событиями.

Под случайной величиной обычно понимают некоторую величину, значение которой определяется исходом какого-то случайного события [2]. Если это событие представлено вероятностным пространством как в случае КЭС (S, F, P) , точки которого отвечают исходам события, то математически случайная величина будет задаваться функцией на S с вещественными значениями. В случае КЭС множество S будет представлено вещественным и энергетическим термодинамическим потоком. Необходимость учета имеющейся вероятностной структуры приводит к требованию, чтобы эта функция была F – измеримой.

Среднее значение или математическое ожидание $E(x)$ вещественной (или комплексной) случайной величины x – это ее интеграл по тому вероятностному пространству, на котором она задана.

В целом состояние КЭС как макросистемы будет определяться макросостоянием ее составляющих. Наряду с реализацией различных микросостояний подсистем КЭС могут реализоваться и разные макроскопические их состояния. Определенное состояние системы связано с вероятностью реализации одного из возможных уровней E_n энергии, которому будет соответствовать некий статистический вес Ω_n . Если полагать, что внутренняя энергия системы с энтропией S_n будет близка к значению E_n , то $\Omega_n = e^{(E_n - A)/kT}$, где A – свободная энергия, k – постоянная Больцмана, T – температура.

Вероятность одного из макросостояний корпоративной системы при условии, что все Ω_n макросостояний системы с энергией E_n будут равновероятностными, равна $P_{in} = 1/\Omega_n$. При этом для КЭС с точки зрения статистической термодинамики имеем

$$S_{КЭС} = S_{ПЭС} + S_{СС} + S_{ЭС}, \quad \Omega = \Omega_{ПЭС} \times \Omega_{СС} \times \Omega_{ЭС},$$

где $S_{ПЭС}, S_{СС}, S_{ЭС}$ – пространства существования природной экологической системы, социальной и экономической систем, соответственно; $\Omega_{ПЭС}, \Omega_{СС}, \Omega_{ЭС}$ – статистический вес реализации макросостояния подсистем КЭС.

Каждое микросостояние первой системы с учетом термодинамических потоков энергии и вещества может комбинировать с каждым микросостоянием второй и третьей составляющей КЭС:

$$f(\Omega) = f(\Omega_1) + f(\Omega_2) + f(\Omega_3) \text{ или } f(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) = f(\Omega_1) + f(\Omega_2) + f(\Omega_3) .$$

Тогда состояние системы по $\Omega_1\Omega_2\Omega_3$ выражается через ряд дифференциальных уравнений, полученных последующим дифференцированием предыдущих уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{f}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3)\Omega_2\Omega_3 &= \dot{f}(\Omega_1), \\ \dot{f}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3)\Omega_3 + \ddot{f}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3)\Omega_1\Omega_2 &= 0, \\ \dot{f}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) + \Omega_1\ddot{f}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) + \ddot{f}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3)\Omega_1\Omega_2 &= 0 . \end{aligned}$$

Цель и задачи исследования. Целью исследования функционирования КЭС является определение вероятностного пространства и связь его с параметром состояния всех трех составляющих КЭС энтропией (S). Для этого рассмотрены и проанализированы следующие задачи:

- 1) определение состояния трех составляющих КЭС посредством термодинамической функции состояния энтропии;
- 2) оптимизация исходов, приводящих к равновесному динамическому состоянию КЭС;
- 3) условие увеличения вероятности реализации равновесного состояния КЭС как решение задачи приоритетности выполнения экологических требований функционирования КЭС.

Обсуждение результатов исследования и научные результаты. Выбор метода описания процессов, происходящих в отдельных блоках КЭС, зависит от целей, которые ставятся перед моделью всей системы. Эти цели определяют конкретный набор входных и выходных переменных и тип описания (тип модели) каждого блока системы. Воспользуемся некоторыми данными применения энтропии для решения задач моделирования функционирующих систем [3].

Целью использования модели КЭС является разработка управляющего воздействия на любую ее составляющую, которое позволяет сохранять гомеостаз внутри КЭС с приоритетным решением экологических задач. Поскольку КЭС имеет в составе три составляющие, то в результате декомпозиции сложного объекта образуются однородные в функциональном смысле подсистемы D^p, D^e, D^s (p, e, s – индексы, относящиеся к природной, экономической и социальной системе), т. е. все подсистемы находятся под воздействием термодинамического потока, что и составляет основу «жизнедеятельности КЭС» (рис. 1).

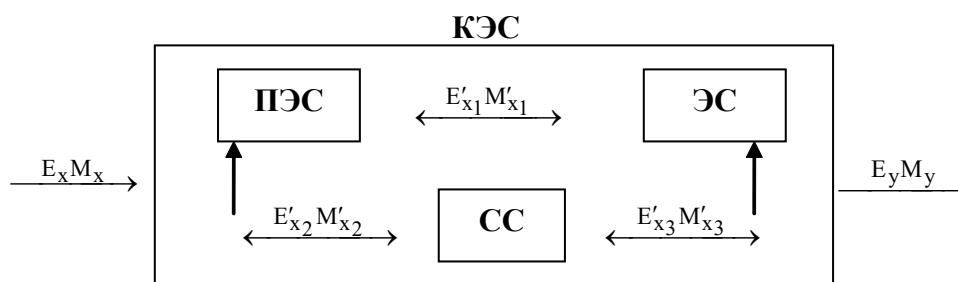


Рис. 1. Функционирование корпоративной экологической системы

Примечание: $E_x M_x$ – термодинамический поток на входе в КЭС как сумма материальной и энергетической составляющей, $E_{x_1} M_{x_1}; E_{x_2} M_{x_2}; E_{x_3} M_{x_3}$ – термодинамические потоки внутри КЭС между ее подсистемами: ПЭС – природная экологическая система; ЭС – экономическая система; СС – социальная система; $E_y M_y$ – выходящий термодинамический поток, для которого верно $f(E_x M_x) = E_y M_y$.

Если корпоративная система долго находится в состоянии динамического равновесия, то в ней остаются неизменными связи в течение этого времени. Общее состояние каждой

составляющей обозначено определенным энтропийным значением, что позволяет обозначить соединение подсистем как S-структуру, имеющую жесткий характер (рис.2).

Описание структуры КЭС графом позволяет отобразить состояние подсистем через матрицу инцидентий, которая для жесткой структуры представляет фиксированную матрицу с элементами $\{0,1\}$:

$$\begin{array}{cccc}
 & D^p & D^s & D^e \\
 D^p & 0 & 1 & 1 \\
 D^s & 1 & 0 & 1 \\
 D^e & 1 & 1 & 0
 \end{array} \quad (1)$$

Однако с течением времени изменения внутри каждой из подсистем приводят к изменению связей и характера термодинамического потока. Этот процесс носит стохастический характер, поэтому формируется S – вероятностная структура КЭС.

В случае вероятностной структуры каждая из подсистем, которые носят случайный характер, может занимать соответствующий уровень функционального взаимодействия внутри корпоративной системы.

Количество таких различных цепочек дискретно в силу конечности числа взаимодействий и числа подсистем (рис.3).

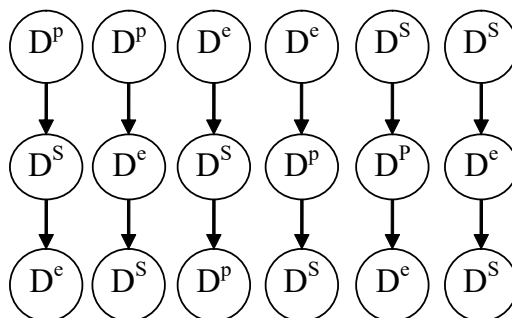


Рис. 3. Цепочки взаимодействия подсистем в КЭС

Для такой вероятностной структуры КЭС будет выполняться последовательность отношений с некоторой вероятностью, т.е.

$$P\{D^p \succ D^s \succ D^e\} = P_v \quad (2)$$

Равенство (2) определяется функцией распределения вероятностей $P_{(v)}$ на множестве цепочек взаимодействия подсистем со значением P_v . Поскольку введение КЭС в систему экологического мониторинга предполагало макроуровень, то для определения наиболее вероятного макросостояния используется не функция P , а ее энтропия, т.е. $S = C \ln P$, которая при больших N имеет вид

$$S = -\sum_{i=1}^n N_i \ln N_i + C_0 \quad (3)$$

В силу этого равновесное функционирование всех подсистем КЭС и ее в целом будет реализовано таким макросостоянием КЭС как физико-химической системы, которое соответствует максимуму энтропии, т.е. принципу максимизации энтропии.

В связи со стохастическим характером процессов, происходящих в подсистемах корпоративной системы согласно вероятностной структуре КЭС (2), при описании каждой из подсистем n макропараметрами (координатами состояния) $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ энтропия ее состояния будет иметь вид

$$S_{(p,e,s)} = S_{dV}^{(p,e,s)}(x_1(t), \dots, x_n(t)). \quad (4)$$

Общее же состояние КЭС характеризуется значением

$$S(t) = \int_V S_{dV}^{(p,e,s)}(x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)) dV, \quad (5)$$

где $S^{(p,e,s)}$ – энтропия состояния природной (экологической), экономической и социальной системы, соответственно; dV – характеристика размера (объема) макросистем.

В случае протекания необратимых процессов в составляющих корпоративной системы, являющихся физико-химическими системами, имеем изменение энтропии $\Delta S_{dV} \geq 0$, что соответствует интенсивности производства энтропии в КЭС:

$$\sigma(t) = \frac{dS_{dV}}{dt} \geq 0 \text{ при } t \rightarrow 0. \quad (6)$$

Эта величина связана с вероятностью реализации нового состояния КЭС с изменениями, происходящими во времени, т.е. с величиной производства энтропии макросистемы:

$$P(t) = \frac{dS_{dV}}{dt} = \int_V \sigma(x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)) dV. \quad (7)$$

Чтобы система не выходила за границы стационарного процесса, а управляющее воздействие не способствовало производству энтропии, необходимо выполнение условия для КЭС $P(t) \rightarrow \min$.

Если применить синергетический подход к реализации термодинамического описания (составления модели) взаимодействия трех сложных систем в одной корпоративной системе, то будем иметь сначала микроскопические уравнения состояния. Потеря устойчивости КЭС определяется небольшим числом коллективных мод, которые служат параметрами порядка, описывающими макроскопическую структуру [4]. В то же время эти макроскопические переменные определяют поведение микроскопических частей системы в силу принципа подчинения. Возникновение параметров порядка и подчинение им позволяют системе переходить в структуру, соответствующую устойчивому состоянию.

Вблизи точек неустойчивости информация, относящаяся к параметрам порядка, изменяется, а информация, относящаяся к подчиненным модам, не испытывает изменений:

$$P(\xi_u, \xi_s) = \prod_s P_s(\xi_s | \xi_u) f(\xi_u), \quad (8)$$

где ξ_u – вероятность, относящаяся к параметрам порядка; ξ_s – вероятность амплитуд подчиненных мод.

Условие нормировки состояния устойчивости макросистем имеет вид

$$\sum_{\xi_s} P_s(\xi_s | \xi_u) = 1. \quad (9)$$

Выход системы из состояния равновесия сопряжено с производством энтропии $P = \frac{d_i S}{dt}$.

Тогда для КЭС как квазиизолированной системы состояние равновесия $P=0$, а выход из

равновесия – $P = \frac{d_i S}{dt} \geq 0$. Согласно теореме Пригожина [5] при конечно малых возмуще-

ниях в КЭС производство энтропии будет удовлетворять условиям: $dP \leq 0$ – условие эволюции; $P = \min$, $dP = 0$ – условие равновесия или условие стационарности.

Тогда в зависимости от «энтропии» или «информативности» в каждой из подсистем КЭС можно оценить решение на управление как следствие по состоянию КЭС в целом, т.е. параметром или критерием исходов будет энтропия состояния КЭС. Реализация данного решения в пределах некоторого временного интервала $[t_0, T]$ может привести к целому ряду взаимоисключающих исходов, учитывая схему КЭС локального уровня (рис. 4). Критерием оптимальности функционирования такой системы является сохранение равно-

весного термодинамического равновесия, т.е. $\Delta S \rightarrow \min \rightarrow 0$ или состояние $S = \max$ по отношению к другим состояниям.

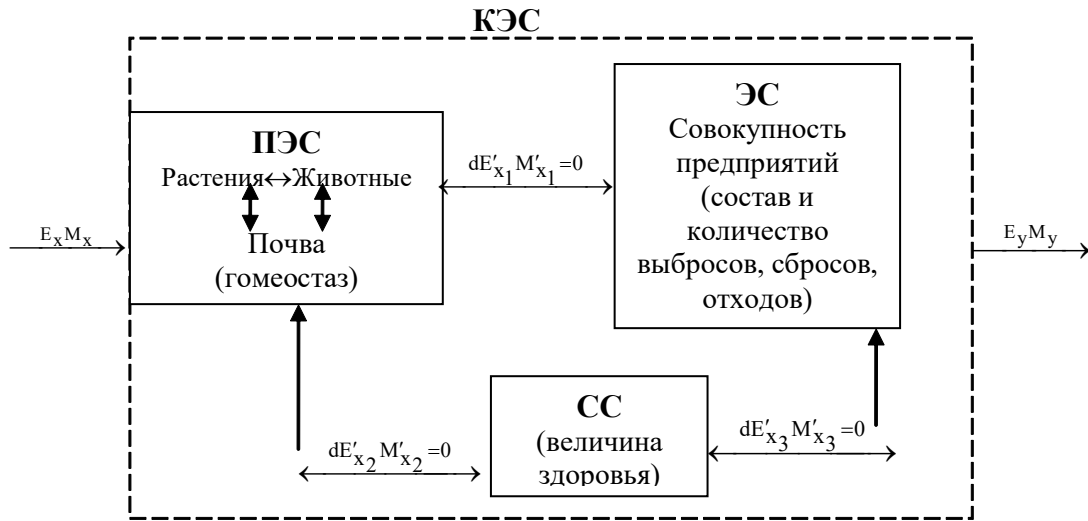


Рис. 4. Локальная корпоративная система экологического мониторинга и критерии оценки состояния

Следствия принятия управленческого решения для данной системы имеют следующий вид: S_1 – запланированный ход событий в интервале $[t_0, T]$, например, увеличение экономической мощности в ЭС с учетом существования взаимосвязей с другими составляющими КЭС посредством термодинамических потоков вещества и энергии – $dE'_{x_n} M'_{x_n} = 0$, при $n = 1, 2, 3$; в результате система не выйдет из состояния равновесия, что не приведет к возникновению альтернатив развития событий; S_2 – функционирование КЭС с допустимым отклонением от планового развития событий S_4, S_5 (или в отдельные моменты на данном отрезке времени, или на всем его протяжении), что также соответствует стационарному состоянию КЭС; S_3 – нарушение состояния КЭС как следствие самоорганизации каждой из подсистем S_6, S_7, S_8 , что приводит к поиску нового стационарного состояния КЭС: S_0^1 – состояние, обусловленное изменением характера взаимодействия между подсистемами; S_0^{11} – состояние стабилизации, обусловленное достижением подсистемами нормативного состояния (рис. 5).

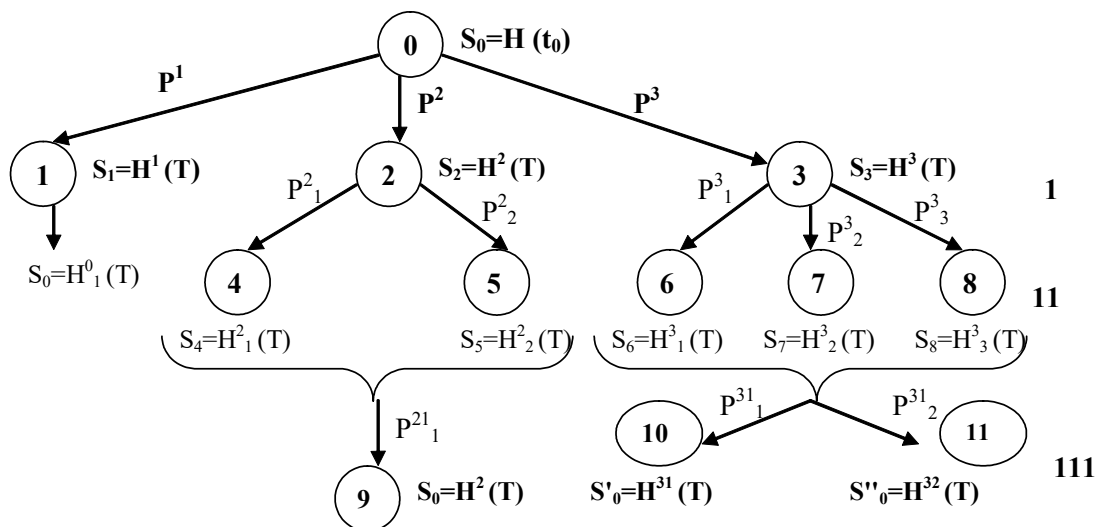


Рис. 5. Дерево альтернатив состояния КЭС в случае принятия решения и обобщения следствий H^n

Отсюда S_1, S_2, S_3 – следствия первой ступени, а S_4, S_5, S_6, S_7, S_8 – второй ступени детализации. Выбор общего числа следствий решения, т.е. степени детализации, предопределяется необходимостью получения надежных оценок следствия: «вероятности» наступления следствия и его «полезности».

Вероятность следствий данного решения обозначена P . В силу свойств следствий любое следствие произвольно выбранной ступени реализации является суммой несовместимости событий – следствий очередной (более детальной) ступени:

$$P_{\varphi}^v = \sum_{\psi} P_{\varphi, \psi}^v ; P^v = \sum_{\varphi} P_{\varphi}^v ; \sum_v P^v = 1 , \quad (10)$$

где v – номер следствия на первой ступени; φ – на второй ступени; ψ – на третьей ступени реализации управления.

Если принять i – условный номер альтернативы, а j – номер следствия данной i -й альтернативы, то информация о принимающемся решении задается в виде рядов, упорядочивающих вероятности:

$$(\forall i, \alpha, j_{\alpha} \in J) P_{ij_{\alpha}}^N \geq P_{ij_{\alpha+1}}^N , \quad (11)$$

$$(\forall j \in J, \xi, i_{\xi} \in I) P_{i_{\xi}j}^N \geq P_{i_{\xi+1}, j}^N , \quad (12)$$

где $J = \{j | j = \overline{1, n}\}$, $I = \{i | i = \overline{1, m}\}$; α – порядковый номер в ряду вероятностей следствий одной i -й альтернативы, расположенных по убыванию их величин ($\alpha = \overline{1, n}$); j_{α} – номер следствия, имеющего α -й порядковый номер от начала в ряду (11); ξ – порядковый номер в упорядоченном по убыванию ряду вероятностей одноименного следствия всех рассматриваемых альтернатив; i_{ξ} – номер альтернативы, j -е следствие которой имеет ξ -й порядковый номер в ряду (12). Число рядов вида (11) равно числу альтернатив (m), число рядов вида (12) – числу следствий (n). Для фиктивных следствий $P_{ij}^N = 0$. Тогда P_{ij}^N – это неизвестное истинное значение субъективной вероятности j -го следствия из i -й альтернативы.

На первом этапе согласно имеющимся данным мониторинга определяются доверительные интервалы для каждой субъективной вероятности P_{ij}^N , после чего по дополнительной информации о состоянии каждой из подсистем КЭС находят некоторые точечные оценки P_{ij}^N , отвечающие задаваемой степени «риска». Для любых двух соседних членов рядов (12), определяющих отношение порядка между вероятностями одноименного следствия, с номером j выполняется условие:

$$\min P_{i, \xi, j} \geq \min P_{i, \xi+1, j}, \quad \max P_{i, \xi+1, j} \leq \max P_{i, \xi, j}, \quad (13)$$

где \max и \min – наибольшие и наименьшие значения оценок P_{ij} на множестве всех условий (11) и (12).

Отсюда нижние и верхние оценки P_{ij} в общем случае определяются как:

$$\min P_{ij} > \inf P_{ij}; \quad \max P_{ij} < \sup P_{ij}. \quad (14)$$

Таким образом, чем больше альтернатив реализации принятия управленческого решения, тем больше накладывается ограничений на каждую из оценок P_{ij} и тем меньше может быть длина предельного доверительного интервала, содержащего P_{ij}^N .

Согласно рис. 5 в качестве оцениваемых рассматриваются вероятности следствий $S_1, S_0, S'_0, S''_0, P_1^N, P_9^N, P_{10}^N, P_{11}^N$. В соответствии с допущением имеем:

$$P_3^N = P_6^N + P_7^N + P_8^N; \quad P_2^N = P_4^N + P_5^N. \quad (15)$$

На практике для реализации подобного подхода для КЭС используем рекомендации [5] и для произвольного j -го следствия из i -й альтернативы одной из границ 100%-ного доверительного интервала сформулируем для α порядкового номера следствия в виде задачи нахождения оптимального значения P_{ij} при ограничениях

$$\begin{aligned} (\forall i, \alpha, j_\alpha \in J) P_{ij\alpha} - P_{ij\alpha+1} - \gamma_{ij\alpha+1} &= 0; \\ (\forall j \in J, \xi \in I) P_{i\xi j} - P_{i\xi+1j} - \beta_{i\xi+1j} &= 0; \\ (\forall i) \sum_{j_\alpha \in J} P_{ij\alpha} &= 1; \\ (\forall j_{\alpha+1} \in J; i; j_{\xi+1} \in I, j \in J) \gamma_{ij\alpha+1} &\geq 0, \beta_{i,\xi+1,j} \geq 0. \end{aligned} \quad (16)$$

Система ограничений (16) получена преобразованиями соответствующего порядка:
 – уравнения (11) путем добавления к правой части дополнительной неотрицательной переменной $\gamma_{ij\alpha+1}$ с последующим переносом правой части в левую часть;
 – аналогичного преобразования уравнения (12);
 – следствий альтернативы, которые составляют полную группу несовместных событий.
 Тогда $\text{opt}P_{ij} = \max P_{ij}$ – ищется верхняя граница доверительного интервала;
 $\text{ort}P_{ij} = \min P_{ij}$ – ищется нижняя граница доверительного интервала.

В качестве меры неопределенности количественной оценки отдельно взятой вероятности принимаем разность

$$\Delta_\alpha = \sup P_\alpha - \inf P_\alpha. \quad (17)$$

А меру неопределенности всей совокупности величин рассчитываем как среднеарифметическое

$$\partial(n) = \frac{\sum \Delta_\alpha}{n}. \quad (18)$$

Такая постановка задачи оценки принятого управленческого решения в целях гармонизации взаимодействия всех подсистем КЭС и стабилизации состояния КЭС в целом позволяет ввести в качестве измерителя или критерия оценки состояния системы или ее степени дестабилизации экологический компаратор (ЭК) [6].

Изменения состава и структуры фиксируются в информационной системе экологического мониторинга и представляют физические сигналы $E_{x_1} M_{x_1}, E_{x_2} M_{x_2}, \dots, E_{x_n} M_{x_n}$, что находит отражение в поступающем сигнале f_1, f_2, \dots, f_n по входам в компаратор ЭК (рис. 6).

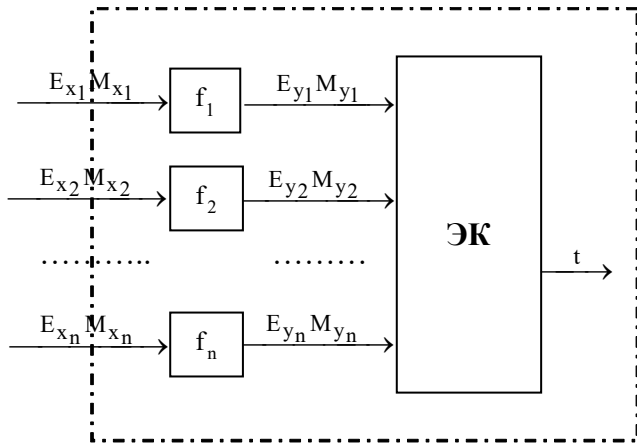


Рис. 6. Схема работы экологического компаратора

Таким образом, имеем следующий вид предиката ЭК:

$P(E_{x_1} M_{x_1}, E_{x_2} M_{x_2}, \dots, E_{x_n} M_{x_n}) = \Delta K(f_1(E_{x_1} M_{x_1}), f_2(E_{x_2} M_{x_2}), \dots, f_n(E_{x_n} M_{x_n})), (19)$
 что позволяет судить об общем состоянии КЭС на выходе по значению t .

Если принять за основу термодинамическое описание КЭС и ее составляющих, т.е. использовать термодинамический поток как некую информацию, поступающую в систему, которая преобразуется в подсистемах КЭС и связывает их в единое целое, то информация выступает в таком качестве отражением физико-химических преобразований в системе благодаря характеристической термодинамической функции энтропии. Исходя из сказанного, будем иметь следующее предикатное соотношение:

$$P(S_1, S_2, S_3) = \Delta K(f_1(S_1), f_2(S_2), f_3(S_3));$$

$$\Delta K(y_1, y_2, y_3) = \begin{cases} 1, & \text{если нарушение равновесия в КЭС,} \\ 0, & \text{если КЭС функционирует без нарушений.} \end{cases} \quad (20)$$

Выводы. Принятие управленческого решения в системе экологического мониторинга, целью которого является обеспечение эволюции природной (экологической), социальной и экономической систем с сохранением гомеостаза и нормативного состояния каждой из них, рассмотрено в области концепции корпоративной экологической системы, что позволило определиться в решении следующих задач:

1) состояние каждой из составляющих КЭС и ее самой в целом можно определить, используя термодинамический подход и основы синергетики, посредством общего критерия состояния – энтропии (уравнения (8)-(9));

2) оптимизация исходов принятия того или иного управленческого решения благодаря универсальной оценке состояния системы посредством статистической термодинамики реализована на вероятностной оценке следствий и альтернатив (уравнения (11)-(18));

3) благодаря реализации основ статистической термодинамики для описания функционирования КЭС принята величина качественной и количественной меры дестабилизации в КЭС и критерий оценки качества принятия управленческого решения – экологический компаратор (условие (20)).

Научное и практическое значение. Решение экологических проблем перенесено в область макроэкологии. Определен новый уровень оценки стабильности состояния функционирования экологической природной системы, экономической и социальной систем посредством корпоративного подхода, применения основ статистической термодинамики, синергетики и компараторной идентификации.

Сравнение с аналогами. Рассмотренная КЭС является системным объектом, который характеризуется социально-системным аспектом, большей конкретизацией системных факторов и механизмов упорядочения в системном скелете объекта вещественно-энергетических, информационно-регулирующих, химических и других характеристик. Системы, которые представлены в экологической кибернетике, имеют многоуровневую организационную структуру и иерархию, построенную с применением элементов теории М. Месаровича, Мако и Такахара [7]. КЭС, как кибернетическая система, в отличие от разработанных моделей экологических систем, имеет три равнозначные составляющие. При определении состояния КЭС предпочтение отдано факторам координации обеспечения взаимосогласованности разнородных характеристик сложной корпоративной системы и термодинамическим параметрам идентификации равновесия, целостности и гармонизации эволюции корпоративной системы. Необходимое условие равновесия в КЭС и ее оптимального функционирования – установление термодинамического равновесия, которое отвечает максимальному значению энтропии.

Перспективы развития исследований. Макроуровень решения экологических задач позволит разработать комплексную теорию принятия управленческого решения для стабилизации общей ситуации функционирования природной, экономической и социальной систем. Введение КЭС и разработка теории принятия решения с учетом корпоративных связей даст возможность комплексно решать задачи локального и регионального уровня.

Список литературы: 1. Козуля Т.В. Теоретично-практичні підходи при оптимізації прийняття рішення в системі екологічного моніторингу // Вестник НТУ «ХПИ». Системный анализ, управление и информационные технологии. 2004. № 45. С. 110–118. 2. Мартин Н., Ингленд Дж. Математическая теория

энтропии. М.: Мир, 1988. 350 с. 3. Системный анализ и проблемы развития городов // Ю. С. Попков, М. В. Посохин, А. Е. Гутнов и др. М.: Наука, 1983. 512 с. 4. Хакен Г. Информация и самоорганизация: макроскопический подход к сложным системам. М.: Мир, 1991. 240 с. 5. Федюлом А. А., Федюлом Ю. Г., Цыгичко В. Н.. Введение в теорию статистически ненадежных решений. М.: Статистика, 1979. 278 с. 6. Бондаренко М. Ф., Шабанов-Кушнаренко Ю. П. О бионике интеллекта // Бионика интеллекта. Харьков: ХНУРЭ, 2004. №1(61). С. 3 – 14. 7. Черныш В. И. Введение в экологическую кибернетику. М.: Наука, 1990. 568 с.

Поступила в редколлегию 21.03.2006

Козуля Татьяна Владимировна, канд. геогр. наук, доцент кафедры НТУ «ХПИ». Научные интересы: система экологического мониторинга, оптимизация и процессы управления в экологии, математическое моделирование в системе экологического мониторинга. Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 12, тел. 707-60-42.

УДК 004.01

Я.П. КІСЬ, Н.Б. ШАХОВСЬКА, О.Б.ВАЛЬЧУК

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ. МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ТА ШЛЯХИ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

Описується історія, міжнародний досвід та сучасний стан інтелектуальних геоінформаційних систем. Пропонується модель системи та наводиться низка вимог щодо її функціонування.

Вступ

Географічна інформація завжди була важливим елементом життя суспільства і ключовим засобом пізнання довкілля. Дослідження археологів показують, що географічні карти з'явилися значно раніше писемності. Це не випадково, оскільки як ми, так і об'єкти навколо нас знаходимося у визначених точках простору, причому для рішення більшості практичних задач наше географічне положення виявляється важливим і впливає на кінцевий результат.

Геоінформаційна система (ГІС) – сучасна комп'ютерна технологія, що дозволяє поєднати модельне зображення території (електронне відображення карт, схем, аерозображень земної поверхні) з інформацією табличного типу (різноманітні статистичні дані, списки, економічні показники тощо). Інтелектуальна ГІС – система управління просторовими даними та асоційованих з ними атрибутів; це комп'ютерна система, що забезпечує можливість використання, збереження, редагування, відображення та аналізу географічних даних.

Для опису реальних об'єктів у програмному середовищі ГІС використовується модель просторових даних, тобто спосіб цифрового опису просторових об'єктів, що включає відомості про їхнє розміщення і властивості, просторові та непросторові атрибути. Найчастіше на практиці застосовується пошарова модель даних. Сутність пошарової моделі просторових даних полягає в тому, що реальний світ моделюється структурою, що складається з декількох шарів. Кожен шар є сукупністю однорідних об'єктів реального світу, що знаходяться в межах заданої території. Для точного відображення об'єктів у просторі вводиться єдина для всіх шарів система координат.

Геоінформаційні системи ефективно застосовуються в усьому світі органами державного управління, приватними фірмами й окремими громадянами для рішення різноманітних задач. Планування і розвиток територій – найважливіша задача органів державного управління різних рівнів. На базі ГІС можна раціонально спланувати розміщення об'єктів (промислових підприємств, шляхово-транспортної мережі, магазинів, кінотеатрів, парків тощо) [1]. Для вирішення цієї проблеми необхідно забезпечити виконання суперечливих вимог. З одного боку, потрібно будувати нові та розвивати старі об'єкти промисловості, щоб забезпечити достатню кількість робочих місць у регіоні, покращувати транспортну інфраструктуру територій, піклуватися про стабільне поповнення бюджету за рахунок здачі в оренду об'єктів нерухомості. Інтелектуальні ГІС дозволяють інтегрувати всю необхідну для цього інформацію, виконати аналіз і моделювання різних ситуацій на території, а також наочно відобразити результати цього аналізу.

У статті пропонуються загальна модель інтелектуальної ГІС та ряд вимог щодо її функціонування.