



Б. В. Сазыкин М. В. Труханенко Н. С. Потемкина

015-92

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ
ОБЛАЧНОСТИ

4-558

Москва 1992



Министерство науки, высшей школы и технической
политики Российской Федерации

Московский ордена Трудового Красного Знамени
инженерно-физический институт

Б.В.Сазыкин М.В.Труханенко Н.С.Потемкина

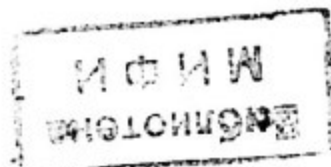
СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ОБЛАЧНОСТИ

Препринт 015-92

БИБЛИОТЕЧНЫЙ
ФОНД
ИИФУ МНФН

Утверждено
редсоветом института

Москва 1992



Сазыкин Б.В., Труханенко М.В., Потемкина Н.С. Система поддержки принятия решений для прогнозирования состояний облачности. М.: Препринт / МИИ, 015-92, 1992.-20 с.

Предложена концептуальная модель принятия решений, ориентированная на использование в прогностических экспертных системах. Описана архитектура системы, в основе которой лежит разработанная модель. Рассмотрен пример работы системы, реализованной на IBM PC/AT, для прогнозирования состояния облачных полей с использованием фотографий земной поверхности, сделанных с искусственных спутников Земли (ИСЗ).

© Московский инженерно-физический институт, 1992 г.

ВВЕДЕНИЕ

Системы поддержки принятия решений и экспертные системы (ЭС) сегодня стали реальным крупным достижением теории искусственного интеллекта (ИИ) и вычислительной техники. Ключевым понятием ИИ является база знаний. Специалисты по ИИ для ее описания традиционно используют "технологический подход", основанный на способах представления знаний (системно-структурные, декларативные, процедурные способы) [1]. Однако известен и другой, "концептуальный" подход [2,3], в основе которого лежит концепция выбора и механизм выбора.

В настоящей работе для описания специализированной системы принятия решений предлагается "синтетический" метод представления знаний, объединяющий "концептуальный" и "технологический" подходы. Формально это означает, что база знаний представима синтетической функцией выбора (ФВ), которая строится по заданному набору функций выбора, а механизм выбора есть последовательность процедур и моделей, реализующих синтетическую ФВ.

С практической точки зрения разрабатываемая система является первой в нашей стране метеорологической ЭС, позволяющей осуществлять комплексный прогноз состояний облачности. В ней используется статистическая информация многолетних наблюдений, а также вся доступная информация, поступающая от наземных измерительных систем и метеорологических спутников.

В моделях прогнозирующего механизма применяется метод построения решений, основанный на нечеткой логике. Этот метод подробно описан в работе [4] и здесь не излагается. Однако приводится пример использования системы для прогнозирования состояния облачности по ИСЗ - фотографиям, который поясняет работу указанного механизма.

1. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

1.1. Определение модели. Модель представима кортежем элементов:

$$BC = \langle \{ C_{M_i}(\cdot), B_i(G_i) \}_{i=1}^n, \{ M_i \}_{i=1}^n, S \rangle, \quad (1)$$

где $\{ C_{M_i}(\cdot), B_i(G_i) \}_{i=1}^n$ - набор из $i=\overline{1,n}$ непустых ФВ, так называемых координатных ФВ [2]; $\{ M_i \}_{i=1}^n$ - набор из $i=\overline{1,n}$ механизмов реализации ФВ; S - условия согласования, т.е. набор ограничений, сужающий синтез обобщенной ФВ по заданным координатным ФВ. В двухэлементных координатных ФВ $\{ C_{M_i}(\cdot), B_i(G_i) \}$ отображение $C_{M_i}(\cdot): B_i(G_i) \rightarrow \mathcal{B}(G_i)$ - функция выбора, удовлетворяющая условию строгого наследования [5], $B_i(G_i)$ - поле выбора, G_i - конечное множество, $\mathcal{B}(G_i)$ - множество подмножеств G_i .

Функции выбора таковы, что $C_{M_i}(X_i) \subseteq X_i, \forall X_i \in B_i(G_i)$, где элементы X_i - конечные множества предъявлений. Предъявление описывает конкретную ситуацию принятия решений в терминах допустимых решений. Примером может служить множество состояний облачности $X_i = (b_1, b_2, b_3)$, $b_1 = 0+3$ балла, $b_2 = 4+6$ баллов, $b_3 = 7+10$ баллов. Значение $C_{M_i}(X_i)$ на предъявлении X_i устанавливает множество рациональных решений (множество прогнозируемых состояний) в ситуации X_i . В частности, таковым решением является одно из значений $b_i, i=\overline{1,3}$.

В модели (1) набор механизмов $\{ M_i \}_{i=1}^n$, реализующих набор ФВ, разбит на два класса: KR и CP; KR - класс механизмов принятия решений на основе отношений предпочтения; CP - класс механизмов на основе принципов оптимальности. Каждый из двух классов разделен на подклассы: KRR, KRF, KRS, CPR, CPF, CPS с механизмами, оперирующими неточной (R), нечеткой (F) и статистической (S) информацией соответственно.

Условия S согласования обобщенной ФВ $C_M(\cdot)$, синтезируемой по координатным ФВ $\{ C_{M_i}(\cdot), B_i(G_i) \}$ определяются соотношениями:

$$1) \quad G = \prod_{i=1}^n G_i, \quad (2)$$

$$2) \quad \bigcap_{i=1}^n B_i^1(G) \subseteq B(G) \subseteq \prod_{i=1}^n B_i(G_i), \quad (3)$$

$$B_i^1(G) = \{Y | Y = \prod_{k=1}^n X_k, \quad X_1 \in B_i(G_i), \quad X_k \in G_k, \quad k \neq 1\},$$

где $B(G)$ - поле выбора, $B_i^1(G)$ - пополненное множество допустимых предъявлений,

$$3) \quad C_M \left(\prod_{i=1}^n X_i \right) = \prod_{i=1}^n C_{M_i}(X_i), \quad \forall X \in B_i(G_i). \quad (4)$$

Условия согласования (2) - (4) формализуют представления ЛПР о принципах компромисса при выработке синтетического решения, получаемого из набора координатных ФВ на поле выбора, заданного параллелепипедом $\prod_{i=1}^n B_i(G_i)$.

Таким образом, целью описания концепции выбора является построение обобщенной функции выбора C_M и механизма M ее реализации по набору заданных координатных ФВ $\{C_{M_i}, B_i\}$ и механизмов $\{M_i\}$ соответственно.

1.2. Многомерный синтез. Условия согласования и условия строгого наследования ФВ позволяют построить синтетическую ФВ $\{C_M(\cdot), B(\prod_{i=1}^k G_i)\}$ по координатным ФВ [2,3]. Синтез осуществляется с участием ЛПР и включает четыре этапа.

Этап 1. На множествах $B_i(G_i)$ вводится базис $N_i(G_i) \subseteq B_i(G_i)$, который обеспечивает выполнение условий:

1) $\forall Z \in B_i(G_i)$ существует его покрытие элементами из $N_i(G_i)$;

2) $\forall Z \in N_i(G_i), \quad C_{M_i}(Z) \in N_i(Z)$.

Этап 2. На базисном множестве

$$\mathcal{M} \left(\prod_{i=1}^k G_i \right) = \{ Z | Z = \prod_{i=1}^k X_i, \quad X_i \in N_i(G_i) \}$$

вводится отношение предпочтения R , позволяющее выделить из множества $\mathcal{M}$ подмножества элементов, максимальных по отношению R . Полагается $T = \bigcup_{i \in I} A_i$, где A_i - элементы множества $\mathcal{M}$; I -

множество индексов элементов.

Этап 3. Из множества индексов I выделяется подмножество $J \subseteq I$ для элементов A_1 из T , максимальных по выбранному предпочтению R .

Этап 4. Строится синтетическая ФВ в соответствии с выражением

$$\tilde{C}_M(Z) = \bigcup_{i \in J} C_M(A_1) \quad (Z = T),$$

где $C_M(\cdot)$ – функция выбора, удовлетворяющая соотношению (4).

В результате приведенного алгоритма может быть построена синтетическая ФВ на предъявлениях Z , принадлежащих множеству T , сформированному из параллелепипедов. Чтобы построить ФВ по произвольным предъявлениям $Z \in B \left(\bigcap_{i=1}^k G_i \right)$, необходимо решить сложную в реализации задачу восстановления ФВ. Эта задача в настоящее время полностью не решена. Некоторые предложения по ее решению опубликованы в работе [3].

2. ПРОЦЕДУРНАЯ МОДЕЛЬ И АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

Концептуальная модель принятия решений (1) позволяет представить модель предметной области в виде процедурной системы

$$\langle BD, BC, M_B \rangle, \quad (6)$$

где BD – база данных, содержащая константы и текущие переменные состояний атмосферы; BC – база знаний, содержащая набор функций выбора, механизмов выбора и условий согласования; M_B – машина выводов (интерпретатор), реализующая процедуры выбора и синтеза решений:

$$M_B = \langle V, W, SV, RSV \rangle, \quad (7)$$

где V – процесс выбора процедур, реализующих подмножество механизмов $\{M_1\}$ из всего набора механизмов ФВ; W – процесс сопоставления механизмов $\{M_1\}$ и данных; SV – процесс синтеза (планирования) механизма прогноза M ; RSV – процесс выполнения процедур прогноза.

Архитектура системы прогнозирования представлена на рис. 1. Система работает в трех режимах. В первом режиме происходит заполнение базы знаний и базы данных при помощи диалога с экспертом через интерфейс взаимодействия. Осуществляется ввод

констант и статистических характеристик облачности для различных районов анализируемой территории. Вводятся оперативные параметры атмосферы в пункте прогноза на исходный момент прогноза. Эти данные поступают через блок поддержки базы данных и базы знаний. Функции поддержки реализуют редакторы (текстовый и графический). Оперативные параметры атмосферы (давление, температура, относительная влажность и количество облачности) вводятся в базу данных от измерительного комплекса, имеющего собственный интерфейс. Изображения облачных полей для районов прогноза поступают от подсистемы обработки фотографий.

Во втором режиме осуществляется прогноз состояний облачности, т.е. генерация локального алгоритма вычисления количества облачности на момент прогноза из исходного состояния. Полученное решение представляет собой результат последовательного применения механизмов (M_1) прогноза и процедуры выделения единственного решения из множества рациональных решений. Построение решений производится интерпретатором, реализующим процедуры вывода на "доске объявлений". "Доска объявлений" [1] – условное наименование компонента, отображающего элементы плана, элементы решения и промежуточные результаты вычислений.

В третьем режиме осуществляются моделирование состояний облачности и их графическое отображение на экране дисплея, которое выполняет блок моделирования. Блок объяснений осуществляет описание процессов, происходящих на "доске объявлений" при синтезе решения, и представление их в форме удобной пользователю. Блок интерфейса содержит блок общения пользователя с системой и блок поддержки базы данных. Управляющий компонент инициализирует работу различных блоков и координирует их действия в зависимости от режима работы системы.

Наличие множества моделей прогноза, покрывающих предметную область, алгоритмов, реализующих механизмы прогноза и согласованных с ними данных позволяет разработать единые средства описания информации и организовать ее автоматизированную обработку в рамках системы поддержки принятия решений.

3. МОДЕЛИ ПРОГНОЗА ОБЛАЧНОСТИ

3.1. Статистическая модель облачности. Модель позволяет рассчитать вероятность перехода облачности из одного состояния в другое по времени и пространству, и по полученным характеристикам принимать решение о возможности хотя бы однократного наблюдения наземного объекта. В основе модели лежат предположения о том, что потоки событий, управляющие переходами количества облачности из состояния в состояние по времени и пространству, — пуассоновские. Модель описывается следующими элементами [8]:

$$\langle \tau, r, B, Q, G \rangle, \quad (8)$$

где τ — интервал прогноза, r — расстояние между районами, расположенными в зоне однородности на поверхности Земли;

$B = \{b_i\}$ ($i = \overline{1,3}$) — конечное число состояний облачности над районами осреднения; $Q(\tau)$ — матрица вероятностей перехода состояний облачности над районом осреднения по времени; $G(r)$ — матрица вероятностей перехода состояний облачности для различных районов осреднения из зоны однородной облачности в один и тот же момент времени по пространству.

В модели (8) вся территория бывшего СССР разбита на 71 район осреднения и 15 зон однородности. При формировании зон однородной облачности принято, что районы осреднения следует считать расположенными в единой зоне, если для любой пары районов данной зоны выполняется гипотеза о независимости различий между вычисленными вероятностями состояния облачности $b_i = (0 + 3)$ балла.

3.2. Модель, использующая данные измерений. Модель предназначена для прогнозирования количества конвективной облачности B на момент $t = \tau$ ее максимального развития в дневные часы суток. Исходными данными для прогнозирования служат результаты вертикального зондирования атмосферы в утренние часы ($t = 0$). Модель описывается следующими элементами [6]:

$$\langle X_H, X_B, K_{\text{стр}}, F_1, B, F_2 \rangle, \quad (9)$$

где $X_H \subset E^4$ — замкнутое ограниченное множество измеряемых параметров; $X_B \subset E^8$ — замкнутое ограниченное множество

вычисляемых параметров; $K_{\text{стр}}$ - коэффициент стратификации аэрозольной атмосферы; $K_{\text{стр}} = F_1(X_I, X_B)$; $F_1: X_I \times X_B \rightarrow E^1$ - непрерывное аналитическое преобразование; $B = \{B_i\}$ ($i=\overline{1,3}$) - множество состояний облачности; $F_2: K_{\text{стр}} \rightarrow B$ - непрерывное преобразование.

Измеряемыми на поверхности Земли параметрами модели $x_I \in X_I$ являются: $T(0)$ - температура на поверхности в момент $t = 0$; $f(0)$ - атмосферная влажность; $D(0)$ - дефицит точки росы; $h_{\text{нг}}$ - высота нижней границы облачности. Вычисляемыми параметрами модели $x_B \in X_B$ являются: $t_{\text{max}}, t_{\text{min}}$ - среднемесячные сроки наступления максимальной и минимальной температуры соответственно; N - среднемесячные значения количества облачности; A_N - среднемесячные амплитуды приращений температуры воздуха; γ_1 и γ_2 - среднесезонные значения вертикальных градиентов температуры под облаками и в облаках соответственно; $N_{\text{нг}}, N_{\text{вг}}$ - среднесезонные высоты нижней и верхней границы облачности.

3.3. Модель прогноза по фотоснимкам с ИСЗ. Наиболее реальным способом прогноза эволюции и перемещения облачности с использованием снимков облачного покрова, сделанных с ИСЗ, является метод формальной экстраполяции, т.е. метод логического переноса наблюдаемого в данный момент облачного поля на будущее, исходя из тех изменений, которые уже наметились в предыдущей эволюции. Прогноз осуществляется на основе модели, использующей логическую структуру [4]. Модель прогноза описывается следующими элементами:

$$\langle \tau, X, B, \Pi, \Phi, A \rangle, \quad (10)$$

где τ - дискретная переменная времени, X - область пространства, разделенная на 9 зон, над которой исследуются облачные поля; B - последовательность множеств состояний облачности; Π - множество процессов пространственно-временной изменчивости облачности; Φ - последовательность множеств фотографий области X ; A - множество, служащее для параметризации понятия α - оптимальности прогноза ($\alpha \in [0,1]$) [4].

Модели прогноза (8), (9) имеют оправдываемость от 65% до 87% случаев [6]. Модель (10) позволяет существенно повысить

достоверность прогноза. Вычислительные эксперименты [7] показали, что из 18 предъявлений выборки объемом $N_v = 18 \times 3$ фотографий (18 предъявлений при трех обучающих фотографиях для области X) в 16 случаях был получен верный прогноз.

4. ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИИ ОБЛАЧНОСТИ ПО ИСЗ-ФОТОГРАФИЯМ

Ниже рассматривается пример оценки состояния облачности с помощью механизма выбора, в основе которого лежит модель (10).

Пусть необходимо определить возможные состояния облачности через интервал $\Delta T = 12$ час над районом X_0 , ограниченным параллелями 45° с.ш. и 50° с.ш., меридианами 55° з.д. и 60° з.д., летом. Районами области X, прилегающими к $X_0 = X(2,2)$, в этом случае будут трапеции, образованные параллелями с шагом 5° по широте и меридианами с шагом 5° по долготе (рис.2). Предполагается, что на момент T принятия решения в базе данных системы имеются последовательности $\{\Phi_\tau(X)\} \in \Phi$, $\tau = \overline{1,3}$ фотографий облачности для всех зон $x_{ij} \in X$, $i, j = \{1, 2, 3, \dots\}$. Моменты τ съемки полей облачности предшествуют моменту принятия решений T и сдвинуты друг относительно друга по времени на величину ΔT . На рис.3 в качестве примера приведена одна из последовательностей фотографий облачности. Исходная информация, содержащаяся в базе данных на момент $\tau = T$, сведена в таблицу. Представленные в таблице значения степеней принадлежности μ_{ij}^k нечетких множеств были получены заранее путем обработки статистической информации по программе ОБЛАКО, реализующей модель (8), и размещены в базе данных системы. Матрица Q вероятностей перехода по времени в данном примере полагалась постоянной для всех зон области X и равной

$$Q = \begin{bmatrix} 0.771 & 0.145 & 0.085 \\ 0.418 & 0.316 & 0.266 \\ 0.182 & 0.297 & 0.521 \end{bmatrix}.$$

Необходимо определить состояние $b \in \{b_1, b_2, b_3\}$ на момент $(T + \Delta T)$, где $b_1 = 0 + 3$ балла, $b_2 = 4 + 6$ баллов, $b_3 = 7 + 10$ баллов.

Таблица

Исходная информация для прогнозирования состояний облачной системы

Район	Терм процесса	Номер терма k	Состояние системы на момент $t=T$, баллы	Значения степеней принадлежности функции $\mu_{ij}^{(k)}$		
				$b_1 = (0-3)$ балла	$b_2 = (4-6)$ баллов	$b_3 = (7-10)$ баллов
X_{11}	У	1	7-10	0,20	0,56	1
X_{12}	Н	2	7-10	0,34	0,77	1
X_{13}	П	3	0-3	1	0,40	0,16
X_{21}	У	1	4-6	0,38	0,80	1
X_{22}	Н	2	4-6	0,41	1	0,57
X_{23}	Н	2	0-3	1	0,54	0,42
X_{31}	П	3	0-3	1	0,40	0,18
X_{32}	Н	2	4-6	0,41	1	0,57
X_{33}	П	3	7-10	0,62	1	0,35

Решение задачи прогноза находится путем использования программы PROKRF системы, реализующей механизм М функции последовательного выбора

$$C_M(Y) = C_{R(n)}(\dots C_{R(2)}(C_{R(1)}(Y))), \quad Y \in \mathcal{Y}, M \in KRF,$$

где $\mathcal{Y} = \{y, \mu_{22}^{(k)}(y)\}$ - семейство нечетких множеств с функциями принадлежности $\mu_{22}^{(k)}: B \rightarrow [0,1]$, $k=\overline{1,3}$, определяемых на множестве состояний B ; $R(1) = R_\alpha$ - нечеткое отношение, зависящее от параметра $\alpha \in [0,1]$; $C_{R(1)}$ - ФВ 1-го шага, использующая механизм выбора на основе нечеткого отношения $R(1)$ из класс KRF; $i=\overline{1,n}$; n - глубина выбора.

Нечеткое отношение

$$R_\alpha = (\Pi_{11} \circ \Pi_{33}) \cdot (\Pi_{12} \circ \Pi_{32}) \cdot (\Pi_{13} \circ \Pi_{31}) \cdot (\Pi_{21} \circ \Pi_{22}) \quad (11)$$

вычисляется системой после анализа множества фотографий Φ по цепи импликаций [4]:

$$\Pi_{ij}(T) \rightarrow \Pi_{lr}(T+1), \quad i,j,l,r \in [1,2,3],$$

где $\Pi_{ij} \in \Pi$, $\Pi_{lr} \in \Pi$ - процессы, соответствующие наметившимся тенденциям эволюции полей облачности в однородных зонах, окружающих зону прогноза $X_0 \subset X$. Тенденцию эволюции

облачности определяет ЛПР с помощью термов

$$\begin{aligned}\langle Y \rangle &= \langle \text{увеличение облачности} \rangle \rightarrow k=1; \\ \langle H \rangle &= \langle \text{облачность не изменяется} \rangle \rightarrow k=2; \\ \langle \Pi \rangle &= \langle \text{прояснение} \rangle \rightarrow k=3\end{aligned}$$

по последовательности фотографий $\{ \Phi_{\gamma}(X) \}$ (см. данные таблицы).

В начале интерактивной процедуры PROKRF ЛПР задает степень уверенности прогнозирования $\alpha=0.7$. Система рассчитывает матрицу отношений R_{α} согласно выражению (11). Однако сначала на парах (Π_{11}, Π_{33}) , (Π_{12}, Π_{32}) , (Π_{13}, Π_{31}) , (Π_{21}, Π_{23}) проверяется условие непротиворечивости логических высказываний [4]:

$$\sup_{b \in B} \min (\mu_{ij}^{(k)}(b), \mu_{lr}^{(k)}(b)) > \alpha. \quad (12)$$

То есть

$$\sup_{b_i} \min [\mu_{11}^{(1)}(b_i), \mu_{33}^{(3)}(b_i)] = 0.56,$$

$$\sup_{b_i} \min [\mu_{12}^{(2)}(b_i), \mu_{32}^{(2)}(b_i)] = 0.77,$$

$$\sup_{b_i} \min [\mu_{13}^{(3)}(b_i), \mu_{31}^{(3)}(b_i)] = 1,$$

$$\sup_{b_i} \min [\mu_{21}^{(1)}(b_i), \mu_{23}^{(2)}(b_i)] = 0.54.$$

Условие (12) не выполняется на парах (Π_{11}, Π_{33}) , (Π_{21}, Π_{23}) и система исключает их из рассмотрения. С учетом этого

$$\begin{aligned}R_{\alpha} &= (\Pi_{12} \circ \Pi_{32}) \cap (\Pi_{13} \circ \Pi_{31}) = \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0.41 & 1 & 0.57 \\ 0.41 & 1 & 0.57 \end{bmatrix} \cap \begin{bmatrix} 1 & 0.40 & 0.18 \\ 1 & 1 & 0.18 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 & 0.40 & 0.18 \\ 0.41 & 1 & 0.18 \\ 0.41 & 1 & 0.57 \end{bmatrix}.\end{aligned}$$

Далее вычисляются значения $\Pi_{22}(T+1)$ на момент прогноза [4]:

$$\begin{aligned} \Pi_{22}(T+1) &= \Pi_{22}(T) * R_{\alpha} = \\ [0.41 \quad 1 \quad 0.57] &* \begin{bmatrix} 1 & 0.40 & 0.18 \\ 0.41 & 1 & 0.18 \\ 0.41 & 1 & 0.57 \end{bmatrix} \\ &= [0.41 \quad 1 \quad 0.57], \end{aligned}$$

где операция (*) – взятие максиминного произведения множеств.

Полученный результат выдается ЛПР и может рассматриваться как характеристическая функция $\mu_{22}^{(k)}$ прогнозируемого процесса $\Pi_{22}(T+1)$ в районе $X_0 = X_{22}$. Поскольку максимальное значение $\mu_{22}^{(k)}$ равно единице для состояния b_2 , то со степенью уверенности $\alpha = 0.7$ ЛПР может предполагать, что тенденция процесса Π_{22} не изменится за время $\Delta T = 12$ час, и что количество облачности над зоной X_0 будет оцениваться величиной $b_2 = (4 + 6)$ баллов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе описана концептуальная модель принятия решений, ориентированная на использование в прогностических ЭС. Ее особенностью является представление базы знаний в виде синтетической функции выбора, синтезируемой по заданным координатным функциям выбора. Применение этой концепции позволило представить модель предметной области в виде процедурной системы, включающей базу данных, базу знаний и машину выводов, реализующую процедуры выбора и синтеза решений. Рассмотренные модели нашли применение в системе поддержки принятия решений для прогнозирования наблюдаемости наземных объектов в условиях облачности. Система реализована на IBM PC/AT и доведена до уровня исследовательского прототипа ЭС. Моделирование прогнозируемых состояний облачности и их сопоставление с реальными состояниями облачных полей над исследуемыми районами земной поверхности позволяет сделать заключение о работоспособности системы.

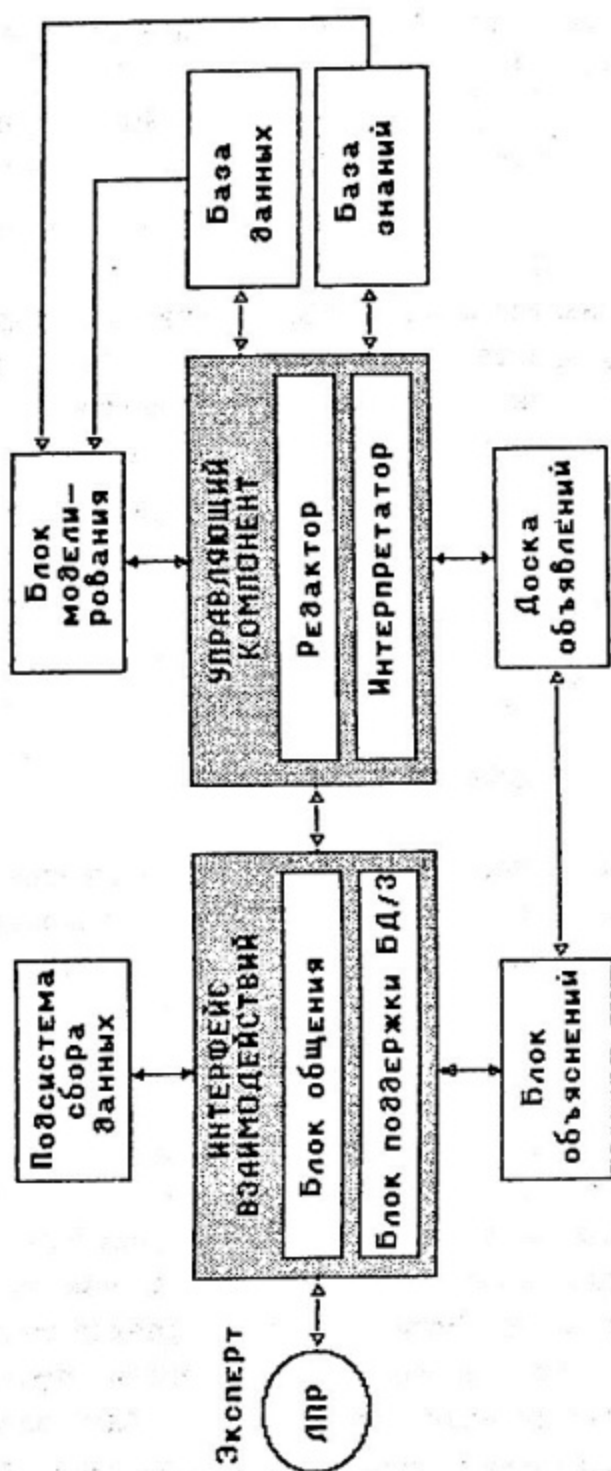


Рис. 1. Архитектура системы

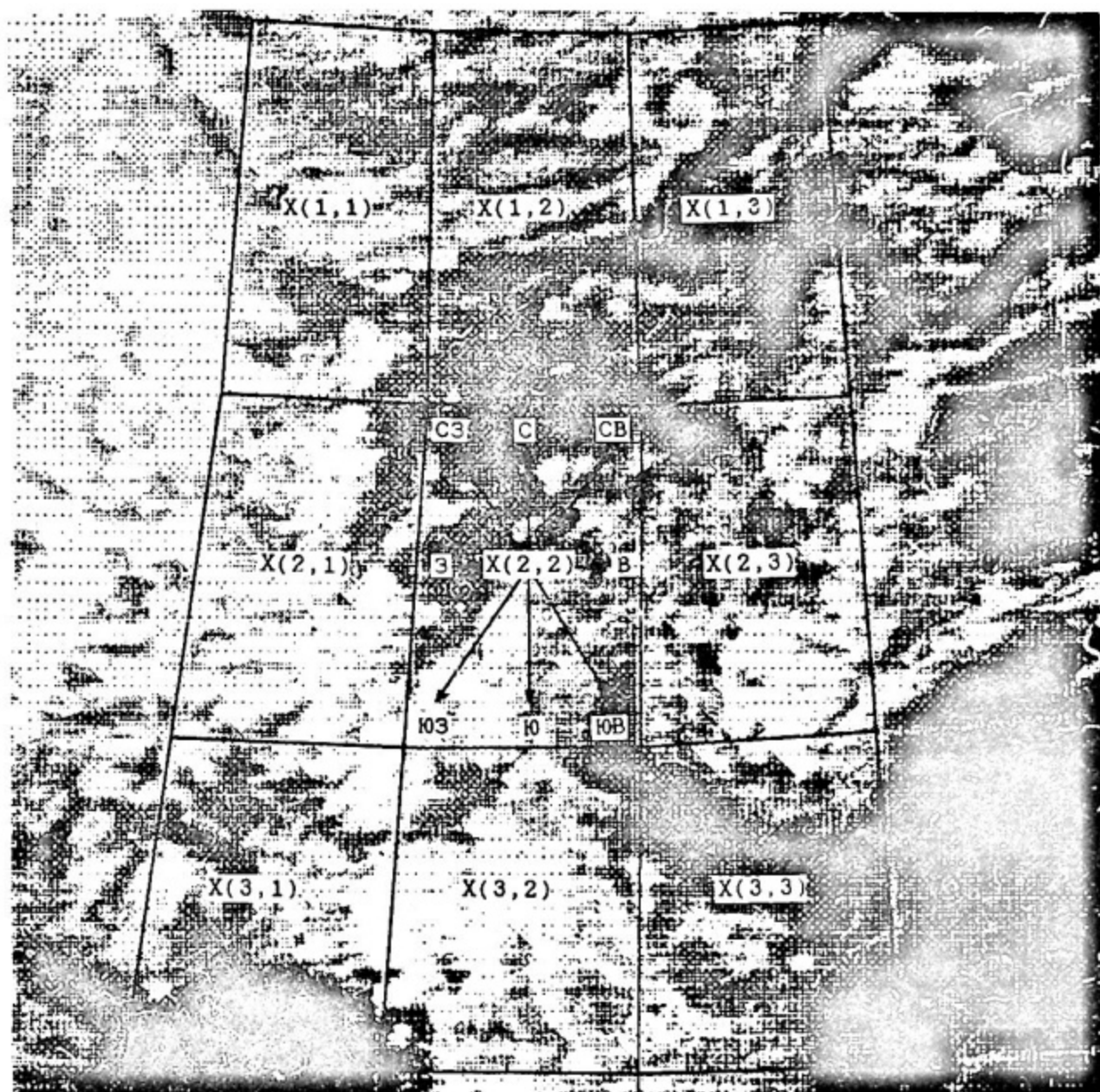
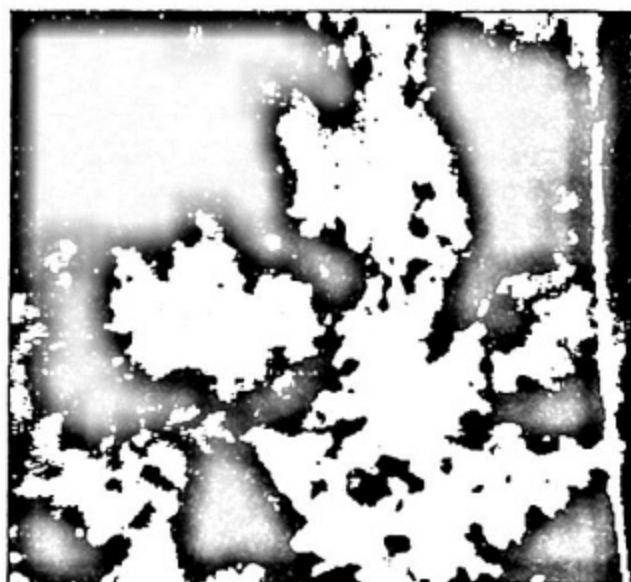
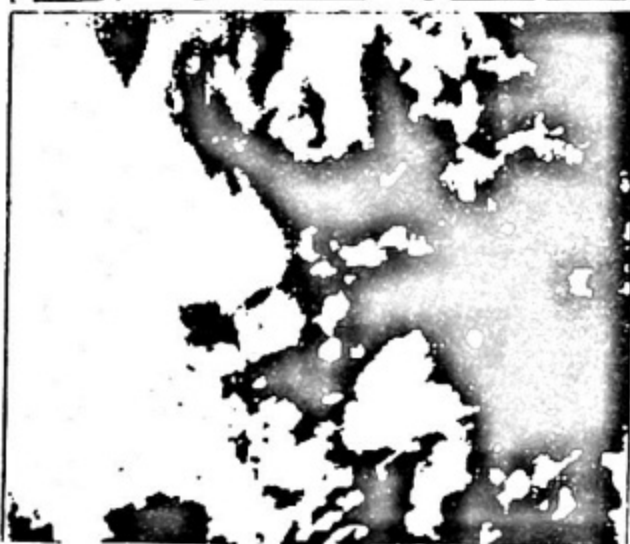


Рис. 2 . Выделенные зоны однородности и направления переноса облачности



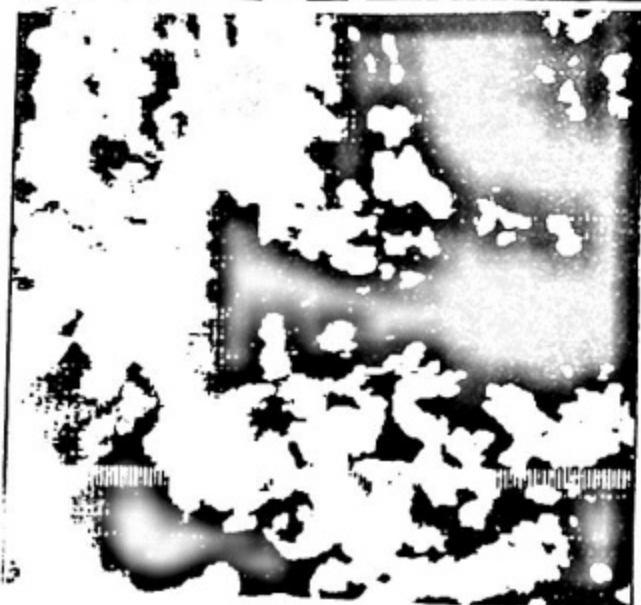
Параметры процесса:

Время t		1
Состояние S		2
Балльность b		4



Параметры процесса:

Время t		2
Состояние S		2
Балльность b		5



Параметры процесса:

Время t		3
Состояние S		2
Балльность b		5

Терм процесса: «неизменно»

Рис. 3 . Результат компьютерной обработки изображений процесса изменчивости облачности в районе $X(2,2)$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прангишвили И.В. Экспертные системы // Вычислительная техника. Системы. Управление. - Москва - София. - 1990. - Вып.2. с.3 - 16.
2. Цой Э.В., Юдин Д.В. Прямая задача синтеза знаний в теории принятия решений // Известия АН СССР. Техн. кибернетика.- 1990.- N 1. - с.130 - 139.
3. Цой Э.В. Юдин Д.В. Расширенная прямая задача синтеза процедурных знаний // Известия АН СССР. Техн. кибернетика. - 1990. - N 5. - с.126 - 133.
4. Сазыкин Б.В. Модель принятия решений в условиях неопределенности для прогнозирования состояний стохастической системы // Известия АН СССР. Техн. кибернетика. - 1991. - N 6. - с.122 - 129.
5. Юдин Д.В. Вычислительные методы теории принятия решений. М.: Наука, 1989. - 320 с.
6. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть 1. Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 698 с.
7. Сазыкин Б.В., Беленков А.Ю. Разработка прогнозирующей экспертной системы, основанной на логической структуре // Тезисы 5-й Всесоюзной научно-технической конференции "Однородные вычислительные системы, структуры и среды". Часть 1. М.: ВМТО радиотехники, электроники и связи, 1991. - с.72.
8. Бобронников В.Т. Математические модели облачности для априорного планирования наблюдений Земли из космоса// Исслед. Земли из космоса.-1981.-Т.1.-С.83-89.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Концептуальная модель принятия решений.....	4
2. Процедурная модель и архитектура системы.....	6
3. Модели прогноза облачности.....	8
4. Пример использования системы для прогнозирования состояний облачности по ИСЗ-фотографиям.....	10
Заключение.....	13
Список литературы.....	18

Борис Витальевич Сазыкин
Маргарита Владимировна Труханенко
Наталия Серафимовна Потемкина

Система поддержки принятия решений для прогнозирования
состояний облачности

Рукопись поступила в издательский отдел 22.06.92

Ответственный за выпуск Б.В.Сазыкин
Редактор Е.Г.Станкевич

Подписано в печать 29.06.92	Формат 60x84 1/16
П.л. 1,25	Уч. - изд.л. 1,25
	Тираж 120 экз.
С-015-92	Заказ : 7207

Московский инженерно физический институт.
Типография МИФИ. 115522, Москва, Каширское шоссе, 31