

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И КЛИМАТА НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ**

**PREDICTION OF SEISMIC ACTIVITY AND CLIMATE ON THE BASIS OF SEMANTIC INFORMATION MODELING**

Трунев Александр Петрович  
к. ф.-м. н., Ph.D.  
Директор, *A&E Trounev IT Consulting, Торонто, Канада*

Alexander Trunev, Ph.D.  
*Director, A&E Trounev IT Consulting, Toronto, Canada*

Луценко Евгений Вениаминович  
д. э. н., к. т. н., профессор

Lutsenko Evgeny Veniaminovich  
Dr. Sci. Econ., Cand. Tech. Sci., Professor

*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

На основе семантических информационных моделей исследована зависимость параметров сейсмической активности от гравитации небесных тел. Развита региональная семантическая информационная модель климата

On the basis of semantic information models examined the dependence of parameters of seismic activity on the gravity of celestial bodies. The regional semantic information model of climate is developed

Ключевые слова: АСТРОСОЦИОТИПОЛОГИЯ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ, СЕМАНТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ, КЛИМАТ, ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ, ПРОГНОЗ

Keywords: ASTROSOCIOTIPOLOGY, COMPUTATIONAL EXPERIMENT, SEMANTIC INFORMATION MODELS, CLIMATE, EARTHQUAKE FORECAST

**Введение**

В работах /1-2/ предложена модель прогнозирования землетрясений по астрономическим данным, опирающаяся на теорию и модели астросоциотипологии /3-7 /.

Моделирование событий осуществлялось по параметру сходства, который является аналогом коэффициента корреляции в статистике, на основе системы искусственного интеллекта «Эйдос-астра» /8-9/.

База данных землетрясений была сформирована на основе оперативного сейсмологического каталога ГС РАН /10/, содержащего 65541 запись событий землетрясений, произошедших в различных регионах мира в период с 1 января 1993 года по 20 ноября 2008 г.

Была обнаружена зависимость параметра сходства от магнитуды, глубины очага (гипофокуса) и числа землетрясений, происходящих ежедневно на нашей планете, как в месячном, так и в 2-3 дневном прогнозе.

В настоящей работе изучены вопросы прогнозирования параметров сейсмической активности и климата по астрономическим данным на основе семантических информационных моделей. Рассмотрено применение алгоритмов повышения адекватности моделей /11/, метода когнитивных функций /12-13/ и визуализации матрицы информативности для установления характера зависимости интенсивности сейсмических событий от гравитационных потенциалов небесных тел.

### **Задача о распознавании категорий событий в поле центральных сил**

Рассмотрим задачу распознавания категорий по астрономическим данным /1-5/. Имеется множество событий  $A$ , которому ставится в соответствие множество категорий  $C_i$ . Событием можно считать регистрацию землетрясения сейсмологической станцией, а категорией – его магнитуду, лежащую в определенном интервале и глубину гипофокуса. В климатологии событием будем называть любое измерение климатических параметров – температуры, осадков, скорости ветра и т.п., по результатам которых формируются категории климатических параметров. Каждое такое событие характеризуется моментом времени и географическими координатами места его происхождения. По этим данным можно построить матрицу, содержащую координаты небесных тел, например углы долготы и расстояния. Будем считать, что заданы частотные распределения  $N_i$  – число событий, имеющих отношение к данной категории  $C_i$ .

Определим число случаев реализации данной категории, которое приходится на заданный интервал изменения астрономических параметров, имеем в дискретном случае:

$$N_{ij}(x_j, k) = N_i w(\tilde{x}_j, k) \Delta x, \quad x_j < \tilde{x}_j < x_j + \Delta x$$
$$1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq 2m, \quad k = 1, \dots, k_0 \quad (1)$$

Здесь  $w$  – плотность распределения событий вдоль нормированной координаты /3/. Нормированная переменная определяется через угловую и радиальную координаты следующим образом:

$$x_{jk} = \begin{cases} \vartheta_j(k) / 2\pi, & 1 \leq j \leq m \\ \frac{r_{\max}(k) - r(k)}{r_{\max}(k) - r_{\min}(k)}, & m + 1 \leq j \leq 2m \end{cases}$$

где  $r_{\min}, r_{\max}$  - минимальное и максимальное удаление планеты от центра масс системы,  $k_0$  – число небесных тел, используемых в задаче.

Определим матрицу информативности согласно /9/

$$I_{ijk} = \log_2 \frac{N_{ij} / \sum_j N_{ij}}{\sum_i N_{ij} / \sum_{i,j} N_{ij}}, N_{ij}(x_{jk}) \neq 0$$

$$I_{ijk} = 0, N_{ij}(x_{jk}) = 0,$$

$$\delta I_{jk} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i \left( I_{ijk} - \frac{1}{n} \sum_i I_{ijk} \right)^2}$$

$$1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq 2m, \quad 1 \leq k \leq k_0 \tag{2}$$

Первая величина (2) называется информативность признака, а вторая величина является стандартным отклонением информативности или интегральная информативность (ИИ).

Каждой категории можно сопоставить вектор информативности астрономических параметров размерности  $2mk_0$ , составленный из элементов матрицы информативности, путем последовательной записи столбцов, соответствующих нормированной координате, в один столбец, т.е.

$$c_{is} = I_{ijk} \Big|_{jk=s}, \quad 1 \leq s \leq 2mk_0 \tag{3}$$

С другой стороны, процесс идентификации и распознавания может рассматриваться как разложение вектора распознаваемого объекта в ряд по векторам категорий (классов распознавания) /9/. Этот вектор, состоящий из

единиц и нулей, можно определить по координатам небесных тел, соответствующих дате и месту происхождения события  $l$  в виде

$$a_{ls} = \begin{cases} 1, & (j-1)\Delta x \leq x_{jk}(l) \leq j\Delta x, \quad jk = s \\ 0, & 1 \leq s \leq 2mk_0 \end{cases} \quad (4)$$

Таким образом, если нормированная координата небесного тела из данных по объекту исследуемой выборки попадает в заданный интервал, элементу вектора придается значение 1, а во всех остальных случаях – значение 0. Перечисление координат осуществляется последовательно, для каждого небесного тела.

В случае, когда система векторов (3) является полной, можно любой вектор (4) представить в виде линейной комбинации векторов системы (3). Коэффициенты этого разложения будут соответствовать уровню сходства данного события с данной категорией. В случае неполной системы векторов (3) точная процедура заменяется распознаванием. При этом уровень сходства данных события с той или иной категорией можно определить по величине скалярного произведения вектора (4) на вектор (3), т.е.

$$K_{il} = \frac{1}{|a_l||c_i|} \sum_{s=1}^{2mk_0} a_{ls}(A)c_{is} \quad (5)$$

Отметим, что возможны четыре исхода, при которых можно истинно или ложно отнести или не отнести данное событие к данной категории. Для учета этих исходов распознавание категорий в системе искусственного интеллекта «Эйдос-астра» /8/ осуществляется по параметру сходства, который определяется следующим образом /5-7/:

$$S_i = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N (BT_{il} + T_{il} - BF_{il} - F_{il}) \cdot 100 \% \quad (6)$$

$S_i$  – достоверность идентификации « $i$ -й» категории;

$N$  – количество событий в распознаваемой выборке;

$BT_{il}$  – уровень сходства « $l$ -го» события с « $i$ -й» категорией, к которой он был правильно отнесен системой;

$T_{il}$  – уровень сходства « $l$ -го» события с « $i$ -й» категорией, к которой он был правильно не отнесен системой;

$VF_{il}$  – уровень сходства « $l$ -го» события с « $i$ -й» категорией, к которой он был ошибочно отнесен системой;

$F_{il}$  – уровень сходства « $l$ -го» события с « $i$ -й» категорией, к которой он был ошибочно не отнесен системой.

При таком определении параметр сходства изменяется в пределах от -100% до 100%, как обычный коэффициент корреляции в статистике. Очевидно, что параметр сходства должен удовлетворять критерию простой проверки

$$S_i(N_i = 1) = 100 \%$$

В работах /5-6/ и других было показано, что процедура распознавания по параметру сходства (6), реализованная в системе искусственного интеллекта «Эйдос-астра» /8/, является устойчивой как относительно объема выборки, так и относительно числа ячеек модели. Математическое обоснование этой процедуры дано в монографии /9/. Причина, по которой оказывается возможным идентифицировать подмножества (категории) событий различной даже случайной природы, используя астрономические параметры, достаточно очевидна. Ведь фактически идентифицируются распределения, которые образуются при модулировании исходных распределений астрономическими параметрами /3-4/. В некоторых случаях этого достаточно, чтобы осуществить распознавание категорий. Эту задачу можно сравнить с разложением солнечного света призмой. Свет представляет собой смесь случайных электромагнитных колебаний, но после прохождения призмы свет разлагается в спектр категорий цвета. При этом случайная природа самого света не меняется.

### **Технология моделирования сейсмической активности**

База данных землетрясений была сформирована на основе оперативного сейсмологического каталога ГС РАН /10/, содержащего 65541 запись

событий землетрясений, произошедших в различных регионах мира в период с 1 января 1993 года по 20 ноября 2008 г.

Из исходной базы было образовано несколько различных БД для исследования влияния астрономических параметров на магнитуду и глубину гипофокуса, на ежедневное число землетрясений и на их локализацию /1-2/, а также на средние параметры сейсмической активности. Эти параметры можно определить следующим образом.

Как известно, в сейсмологии широко используются энергетические оценки силы землетрясения, одной из которых является уравнение Гуттенберга-Рихтера /14/:

$$\log_{10} E_s = aMS + b$$

где  $E_s$  – сейсмическая энергия в джоулях,  $a = 1.5$ ,  $b = 11.8$ ,  $MS$  – магнитуда поверхностных волн. Используя это уравнение можно составить два энергетических критерия для оценки сейсмической активности на каждый день (эти определения отличаются от аналогичных, введенных в работе /1/):

$$E = \frac{2.36136}{n} \ln \sum_{i=1}^n \exp(aMPSP_i)$$

$$U = \frac{1}{n} \ln \sum_i H_i^3 \exp(aMPSP_i) \quad (7)$$

Здесь  $n$ ,  $MPSP$ ,  $H$  – число ежедневных событий, магнитуда и глубина гипофокуса каждого события соответственно. При таком определении параметры (7) изменяются в одной шкале. Определим среднюю магнитуду ежедневных событий в виде

$$M_a = \frac{1}{n} \sum_i MPSP_i \quad (8)$$

Отметим, что магнитуда  $MPSP$  рассчитывается по максимальной скорости смещения в объемных волнах /10/. Из трех параметров (7-8) было образовано 45 категорий сейсмической активности – таблица 1.

ТАБЛИЦА 1. Категории сейсмической активности, абсолютная частота их встречаемости и максимальный параметр сходства

KOD	CATS	ABS	S_MAX, %
1	A0-E=0	362	-9.605
2	A1-E=1	1928	-37.019
3	A2-E=2	1183	-20.912
4	A3-E=3	744	38.983
5	A4-E=4	453	49.805
6	A5-E=5	344	49.421
7	A6-E=6	141	46.146
8	A7-E=7	220	75.936
9	A8-E=8	31	38.345
10	A9-E=9	86	53.624
11	A10-E=10	137	50.854
12	A20-E=11-E=20	173	57.542
13	B0-U=0	389	-13.074
14	B1-U=1	1851	-32.437
15	B2-U=2	1246	-12.785
16	B3-U=3	739	28.199
17	B4-U=4	455	51.124
18	B5-U=5	275	50.278
19	B6-U=6	268	53.806
20	B7-U=7	110	62.876
21	B8-U=8	62	48.741
22	B9-U=9	142	50.915
23	B10-U=10	61	51.204
24	B20-U=11-U=20	204	52.375
25	C0-Ma=0	46	46.180
26	C41-Ma=1.6-Ma=4.1	104	38.956
27	C42-Ma=4.2	63	16.343
28	C43-Ma=4.3	165	-0.015
29	C44-Ma=4.4	367	-27.216
30	C45-Ma=4.5	546	-38.508
31	C46-Ma=4.6	724	-45.789
32	C47-Ma=4.7	753	-48.349
33	C48-Ma=4.8	636	-40.118
34	C49-Ma=4.9	526	-3.210
35	C50-Ma=5	422	18.823
36	C51-Ma=5.1	361	38.507
37	C52-Ma=5.2	293	44.078
38	C53-Ma=5.3	253	39.206
39	C54-Ma=5.4	197	43.987
40	C55-Ma=5.5	131	44.823
41	C56-Ma=5.6	87	48.499
42	C57-Ma=5.7	46	67.604
43	C58-Ma=5.8	42	72.045
44	C59-Ma=5.9	13	66.755
45	C60-Ma=6-Ma=6.9	27	70.916
	Всего случаев	17406	

В качестве астрономических параметров были использованы долгота и расстояние от Земли до десяти небесных тел – Солнца, Луны, Марса, Меркурия, Венеры, Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна и Плутона, и долгота Северного Узла Луны. Астрономические параметры вычислялись на каждый день в фиксированной точке с географическими координатами (36.61E; 55.08N) в 9:00 GMT в топоцентрической системе координат. Отметим, что выбор этой точки не является существенным для решаемого класса задач. Из астрономических параметров и категорий сейсмической активности была создана база данных – таблица 2.

ТАБЛИЦА. 2. Фрагмент базы данных категорий сейсмической активности

ID	NAME	CATS1	SUNLON	SUNDIST	MOONLON	MOONDIST
1	01.01.1993	A5:B5:C54:	280.9686024	0.983295322	13.61933091	0.002675829
2	02.01.1993	A9:B9:C49:	281.987777	0.983282741	25.80476273	0.002651433
3	03.01.1993	A4:B4:C54:	283.0068945	0.98327556	38.25244479	0.00262062
4	04.01.1993	A4:B4:C58:	284.0259499	0.983274028	51.03130743	0.0025854
5	05.01.1993	A20:B20:C47:	285.04494	0.983278415	64.19429015	0.002548373
6	06.01.1993	A10:B9:C53:	286.0638619	0.983288965	77.76948406	0.002512519
7	07.01.1993	A5:B4:C41:	287.0827136	0.983305893	91.75147799	0.002480873
8	08.01.1993	A7:B8:C51:	288.1014941	0.983329361	106.0953152	0.002456135
9	09.01.1993	A5:B4:C50:	289.120205	0.98335945	120.7161776	0.002440254
10	10.01.1993	A20:B20:C60:	290.1388518	0.983396142	135.4972702	0.002434135

Для проверки различных гипотез из астрономических параметров расстояний было образовано шесть гравитационных комплексов  $G_1$ - $G_6$ :

- 1) суммарный нормированный гравитационный потенциал восьми небесных тел - Луны, Марса, Меркурия, Венеры, Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна;
- 2) суммарный нормированный гравитационный потенциал семи небесных тел - Луны, Марса, Меркурия, Венеры, Сатурна, Урана, Нептуна;
- 3) суммарный нормированный гравитационный потенциал шести небесных тел - Марса, Меркурия, Венеры, Сатурна, Урана, Нептуна;



- 4) суммарный нормированный гравитационный потенциал пяти небесных тел - Марса, Меркурия, Венеры, Урана, Нептуна;
- 5) суммарный нормированный гравитационный потенциал четырех небесных тел - Марса, Меркурия, Урана, Нептуна;
- 6) суммарный нормированный гравитационный потенциал девяти небесных тел - Солнца, Луны, Марса, Меркурия, Венеры, Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна.

Таким образом, по определению

$$G_k = \frac{\varphi_{k,\max} - \varphi_k}{\varphi_{k,\max} - \varphi_{k,\min}}, \quad \varphi_k = \sum_{i=1}^{N_k} \gamma \frac{M_i}{R_i}, \quad k = 1, \dots, 6. \quad (9)$$

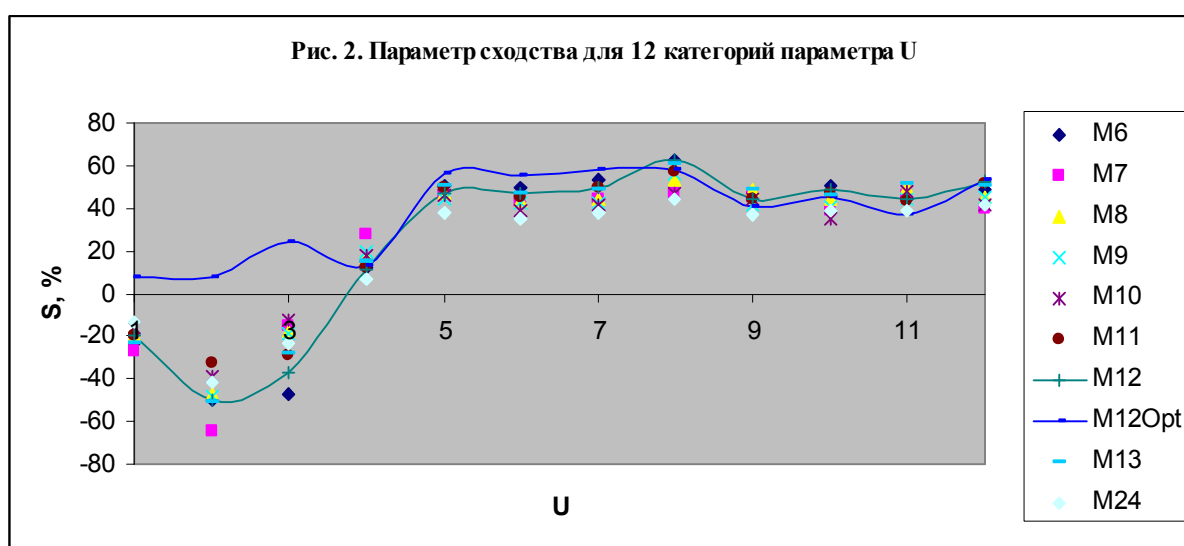
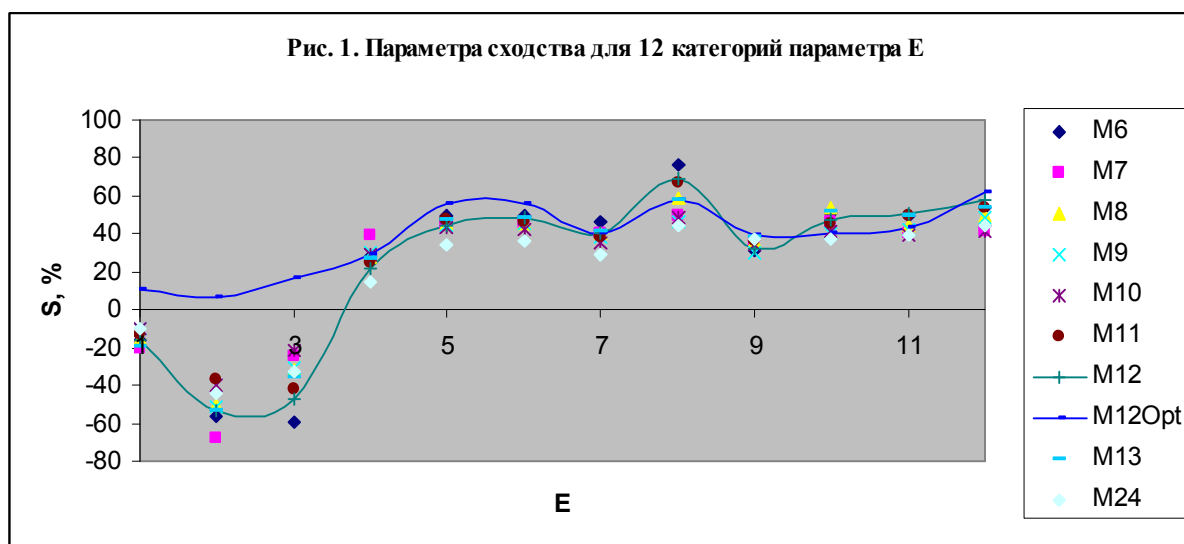
Здесь  $\gamma$ ,  $M_i$  – гравитационная постоянная и масса небесного тела соответственно. Отметим, что согласно (9) суммы  $\varphi_k$  являются положительно определенными, т.е. взяты с иным знаком, нежели гравитационные потенциалы небесных тел в классической теории. Из этих комплексов были также образованы шесть других комплексов  $G_7$ - $G_{12}$ , представляющих собой суточное изменение каждого из комплексов  $G_1$ - $G_6$  соответственно. Таким образом, параметры  $\varphi_k$  имеют размерность квадрата скорости, а комплексы  $G_k$  являются безразмерными.

Решение прямой задачи включает в себя нормирование входных параметров и приведение их к одному масштабу изменения в интервале (0;360), разбиение интервалов на  $M$  частей, вычисление матрицы абсолютных частот и информативности, в соответствии с формулами (1-2). Отметим, что в системе «Эйдос-астра» реализован режим синтеза нескольких семантических информационных моделей, в которых число ячеек принимает любое заданное значение  $M=2,3,\dots,173$ .

Решение обратной задачи включает в себя распознавание категорий по заданным астрономическим параметрам, в соответствии с уравнениями (3-6). Частным случаем задачи распознавания является определение достоверности идентификации категорий по астрономическим данным в каждой модели. Решение этой задачи в случае исследуемой совокупности собы-

тий землетрясений было рассмотрено в работах /1-2/. В настоящей работе наряду с задачей идентификации был изучен вопрос повышения достоверности идентификации в частной семантической информационной модели.

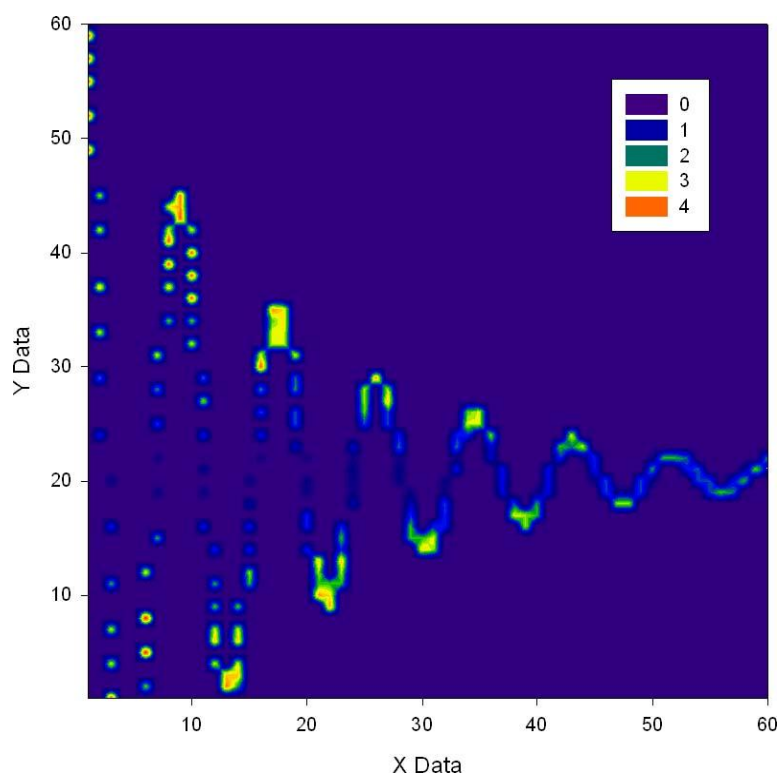
На рис. 1-2 представлен параметр сходства для 12 категорий параметров сейсмической активности  $E$  и  $U$  в 10 моделях M6-M13, M24 и M12Opt. Последняя модель получена путем оптимизации модели M12 в соответствии с алгоритмом /11/.



В результате разделения классов на типичную и нетипичную части с образованием новых классов, удается существенно повысить параметр сходства для плохо распознаваемых категорий – см. рис. 1-2.

Ранее было показано /12-13/, что матрица информативности может быть использована для выявления и визуализации *когнитивных функциональных зависимостей* в фрагментированных и зашумленных данных большой размерности. Кратко поясним суть этого метода. Матрица информативностей рассчитывается на основе системной теории информации [9] непосредственно на основе эмпирических данных и представляет собой таблицу, в которой столбцы соответствуют *обобщенным* образам классов, т.е. будущим состояниям моделируемой системы, строки – значениям факторов, влияющих на эту систему, а на пересечениях строк и столбцов находится количество информации, которое содержится в факте действия значения фактора, соответствующего строке, на переход системы в состояние, соответствующее столбцу. Максимальное количество информации, которое может быть в значении фактора, определяется числом будущих состояний моделируемой системы. Модуль количества информации отражает силу влияния значения фактора, а знак – направление этого влияния, т.е. то, способствует он или препятствует наступлению данного состояния. Если последовательности классов и значений факторов образуют порядковые шкалы или шкалы отношений, т.е. соответственно, на них определены отношения «больше-меньше» или, кроме того, единица измерения, начало отсчета и арифметические операции, то матрица информативностей допускает наглядную графическую визуализацию, *традиционного* для функций типа, когда значения факторов рассматриваются в качестве значений аргумента, а классы, о наступлении которых в этих значениях факторов содержится *максимальное* количество информации – в качестве значений функции. Другие классы, менее обусловленные данным значением фактора, а также те, наступлению которых это значение препятствует в большей или меньшей степени, также могут отображаться соответствующими цветами, и это также может представлять интерес, т.к. позволяет задействовать мощные способности человека к анализу изображений. Когнитивные функции, представляемые в форме матрицы информативностей, соответствуют очень общему виду функциональной зависимости: *многозначной*

*функции многих аргументов*, т.к. каждое значение фактора влияет на все состояния моделируемого объекта, и каждое его состояние обусловлено всеми значениями факторов. Простой пример визуализации матрицы информативностей, полученной на выборке, отражающей зависимость амплитуды затухающего гармонического колебания от времени, приведен на нижеследующем рисунке:



Для визуализации матрицы информативностей использовалась система SigmaPlot for Windows version 10.0. Для преобразования матрицы информативностей в форму, удобную для использования в системе SigmaPlot, применялся режим `_683` системы «Эйдос».

Матрица информативности оптимизированной модели отличается высокой контрастностью при ее визуализации. На рис. 3-8 даны некоторые примеры визуализации фрагментов матрицы информативности, позволяющие оценить степень влияния гравитационных комплексов  $G_1$ - $G_{12}$  на параметры сейсмической активности (7-8).

Так, например, из данных, представленных на рис. 3-4 следует, что влияние гравитационного комплекса  $G_1$  на энергетические критерии  $E, U$

(7) является однотипным и сосредоточено в области, где согласно (9), сумма  $\varphi_1$  достигает максимального значения. Влияние же гравитационных комплексов G8 и G2, напротив, сосредоточено в области, где сумма  $\varphi_8$  или  $\varphi_2$  достигает минимального значения см. рис. 5-6.

Отметим, что каждый из гравитационных комплексов отражает влияние гравитации преимущественно одного небесного тела, а именно:

G1 – Юпитера (рис. 3-4);

G8 - Луны (рис. 5);

G2 – Сатурна (рис. 6);

G12 – Солнца (рис. 7);

G5 – Урана (рис. 8-9).

По данным на рис. 3-9 невозможно установить, какой из гравитационных комплексов влияет сильнее на интенсивность землетрясений. Однако, сравнивая данные на рис. 8-9 (влияние гравитации Урана) с данными на рис. 3-4 (влияние гравитации Юпитера), можно сделать вывод, что влияние Юпитера имеет отношение к событиям с большой сейсмической энергией, тогда как влияние Урана связано с событиями с низкой энергией. Влияние Луны и Сатурна (рис. 5-6 соответственно) охватывает область событий со средней сейсмической энергией. Гравитационное влияние Солнца (рис. 7) охватывает как область событий с малой сейсмической энергией, так и область событий со средней и большой энергией, причем все области влияния четко разделены. Эти результаты хорошо соотносятся с интенсивностью действующих факторов, которая велика в случае Юпитера и Солнца, мала в случае Урана и имеет среднее значение в случае Луны и Сатурна. Далее рассмотрим один пример визуализации матрицы информативности для хорошо изученного природного процесса (погоды), наблюдение за которым ведется на протяжении многих лет.

Рис. 3. Визуализация фрагмента матрицы информативности, представляющего 12 категорий параметра сейсмической активности E в зависимости от 12 градаций гравитационного комплекса G1

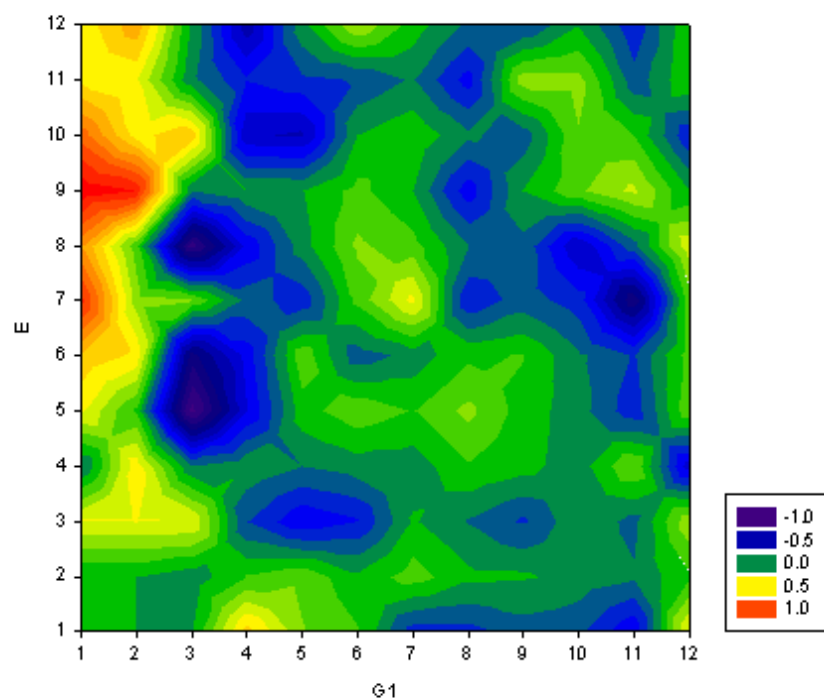


Рис. 4. Визуализация фрагмента матрицы информативности, представляющего 12 категорий параметра сейсмической активности U в зависимости от 12 градаций гравитационного комплекса G1

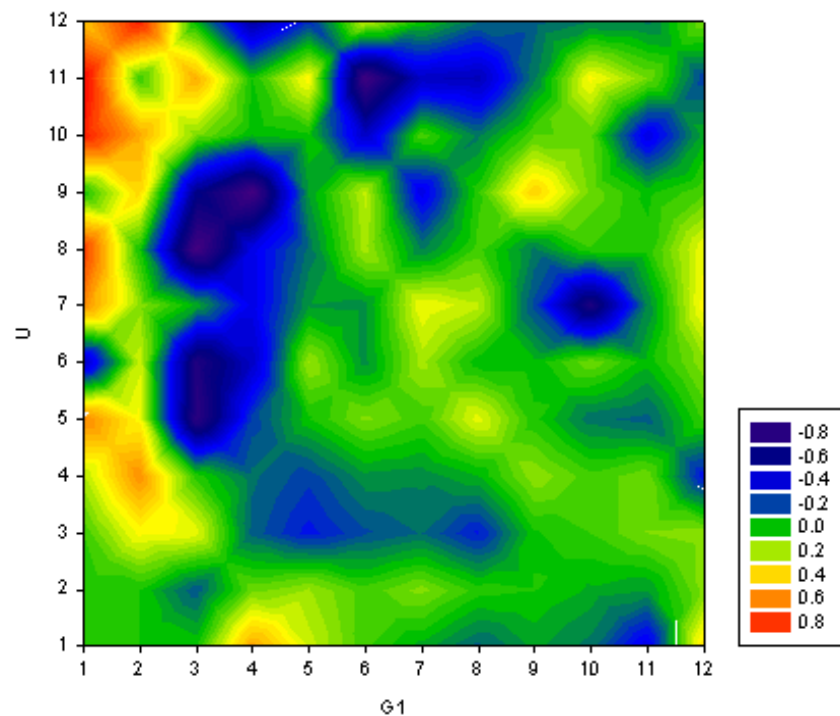


Рис. 5. Визуализация фрагмента матрицы информативности, представляющего 12 категорий параметра сейсмической активности E в зависимости от 12 градаций гравитационного комплекса G8

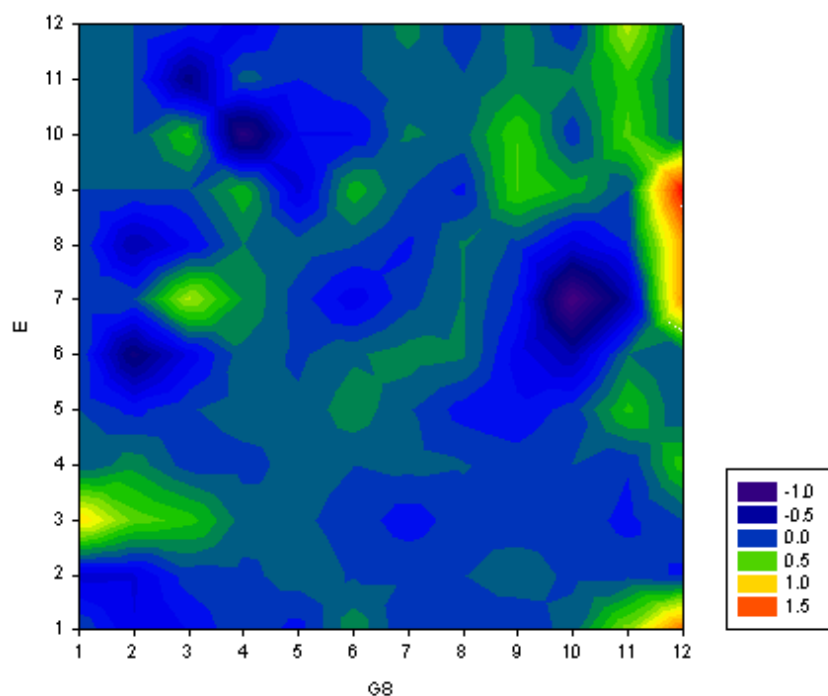
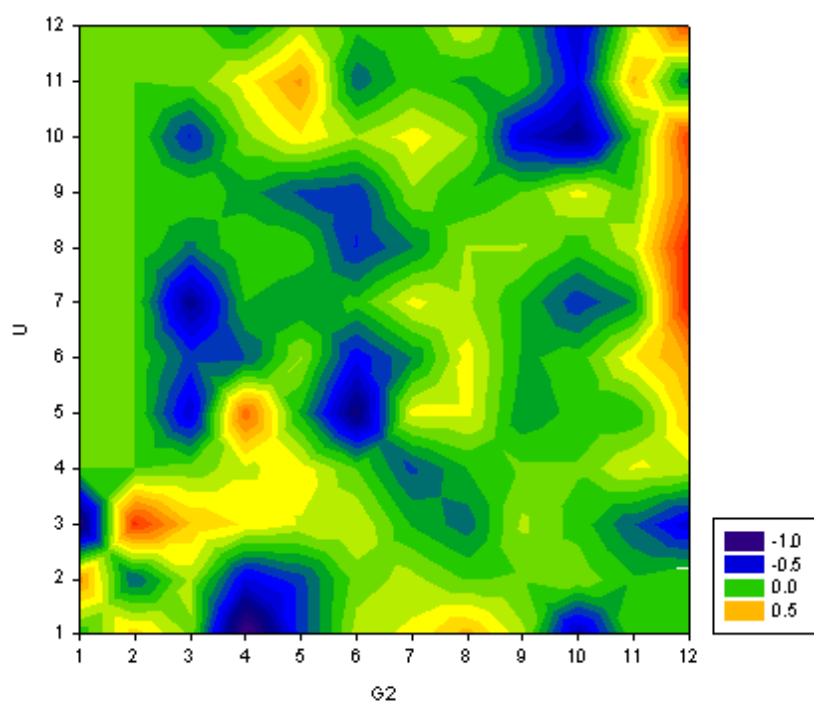
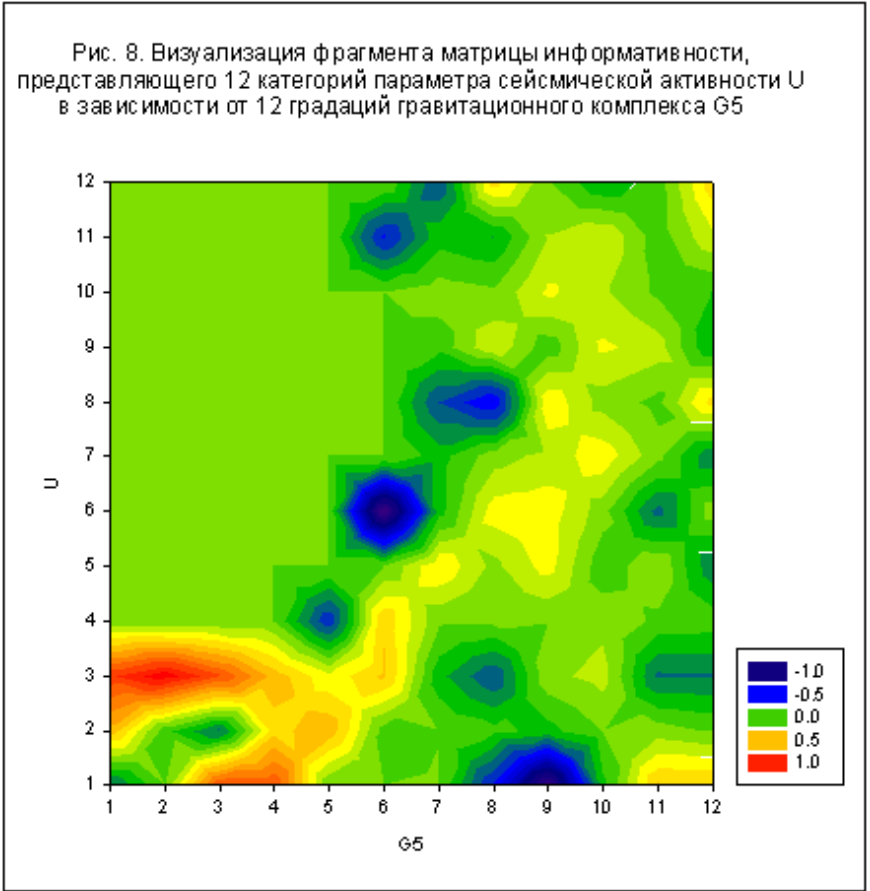
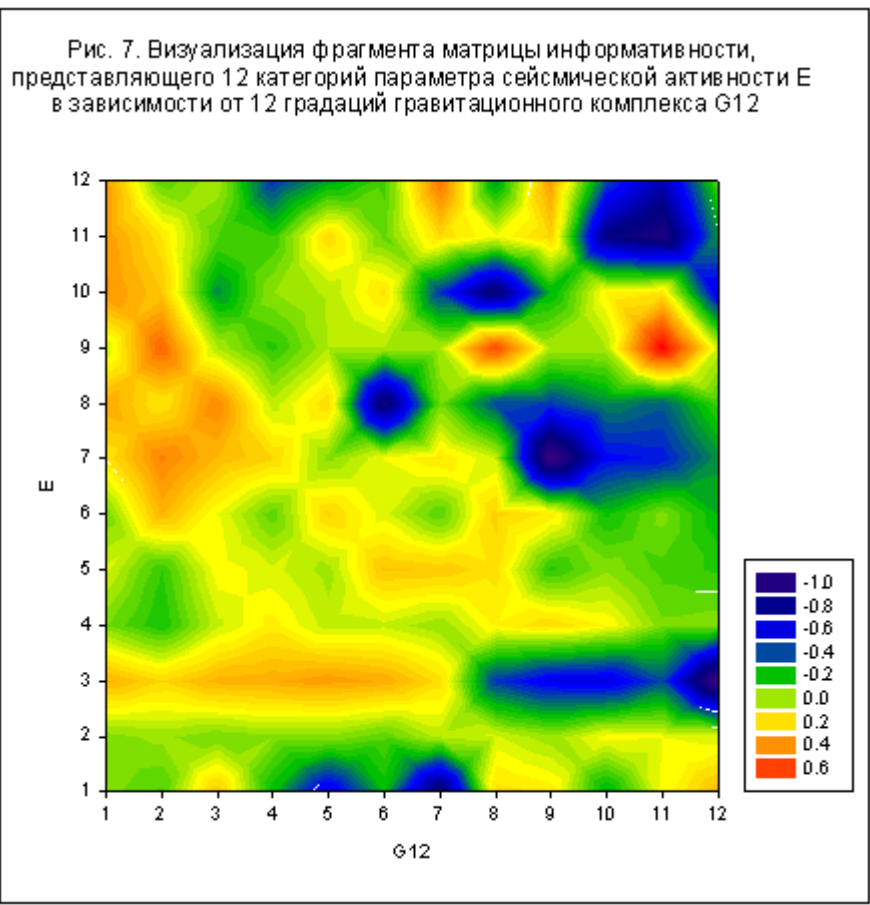
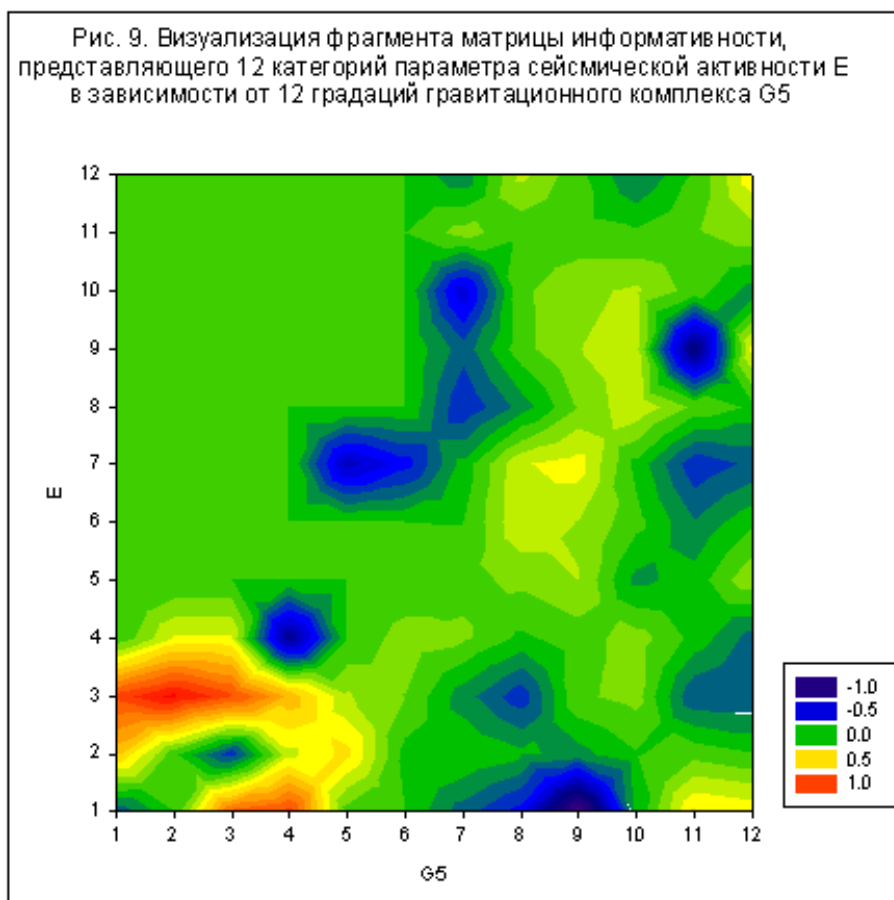


Рис. 6. Визуализация фрагмента матрицы информативности, представляющего 12 категорий параметра сейсмической активности U в зависимости от 12 градаций гравитационного комплекса G2









### Технология моделирования климата

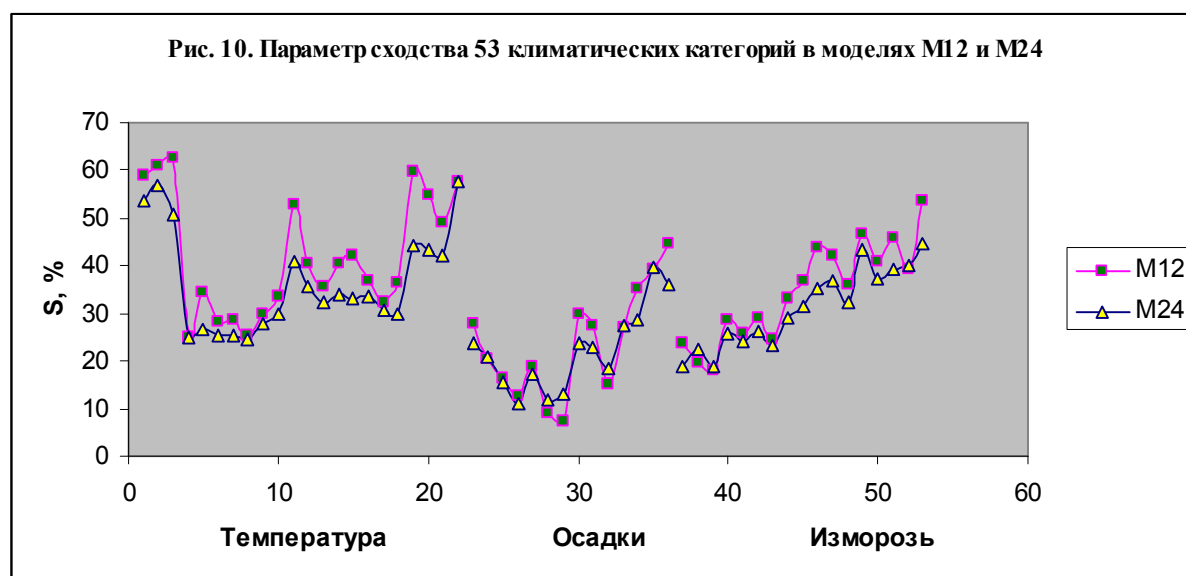
Описанный метод распознавания категорий по астрономическим данным можно применить для исследования любых природных процессов, например, климата. Рассмотрим решение этой задачи для одного города (Оксфорда). В качестве климатических категорий были выбраны усредненные за месяц данные по максимальной температуре, осадкам и заморозкам, собранные в единую базу данных /15/ на станции наблюдения за погодой в Оксфорде за период с января 1853 г по сентябрь 2009 г – всего 1881 запись.

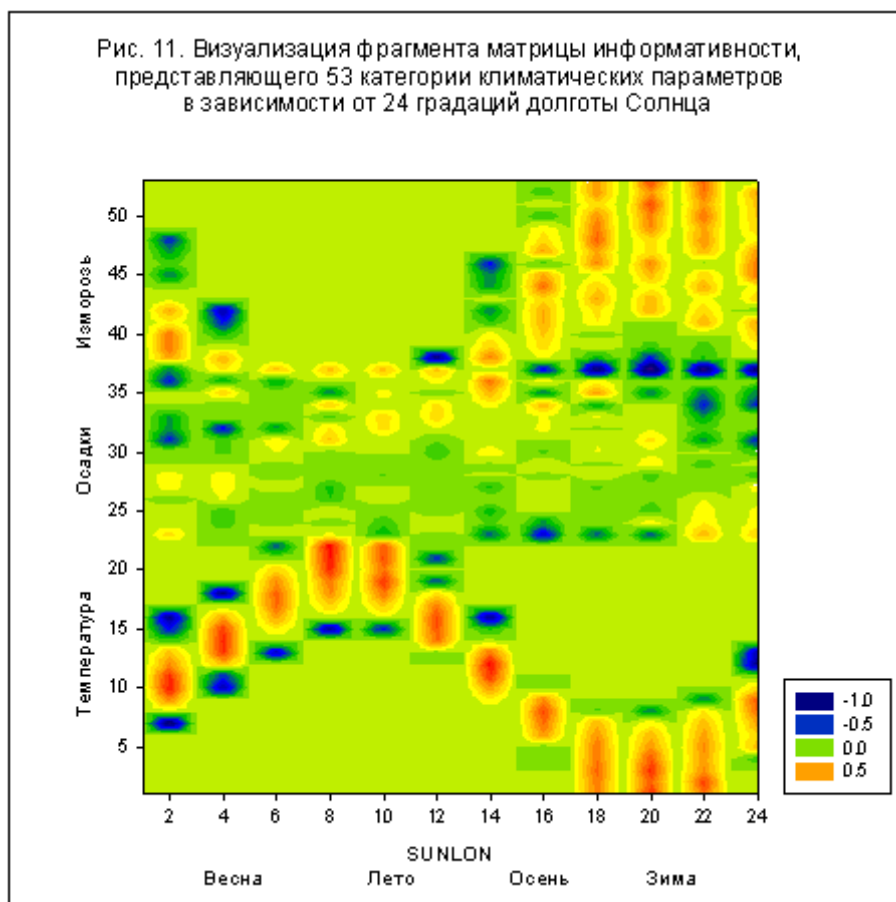
Из данных /15/ было образовано 53 категории климатических параметров, в том числе: 22 категории температуры (градус С), 14 категорий осадков (мм) и 17 категорий заморозков (дней в месяц). Из этих категорий и из астрономических параметров, вычисленных на середину каждого месяца, была образована БД, на основе которой были синтезирована семантические информационные модели.

На рис. 10 представлен параметр сходства 53 климатических категорий в моделях M12 и M24. Отметим, что параметр сходства является положительным для всех категорий, а его значение довольно велико в исследованных моделях. Это означает, что климатические параметры зависят от астрономических данных. Чтобы установить характер этой зависимости, рассмотрим визуализацию фрагмента матрицы информативности модели M24 (для наглядности), представляющего 53 климатические категории в зависимости от 24 градаций долготы Солнца – рис. 11.

В нижней части рис. 11 хорошо просматривается сезонный ход температуры воздуха в приземном слое атмосферы, что обусловлено, главным образом, колебанием потока солнечной радиации, связанным с движением нашей планеты вокруг Солнца (описывается долготой Солнца).

Заметим, что данные /15/ являются ежемесячными, что хорошо отражено на рис. 11, содержащем 12 областей (окрашены в красный цвет), соответствующих максимальной температуре воздуха. Данные по осадкам менее информативны в сравнении с температурой, а данные по заморозкам (иней в воздухе), хотя и являются информативными, неоднозначны, т.е. в разные годы число дней заморозков в данный месяц изменяется в широких пределах.

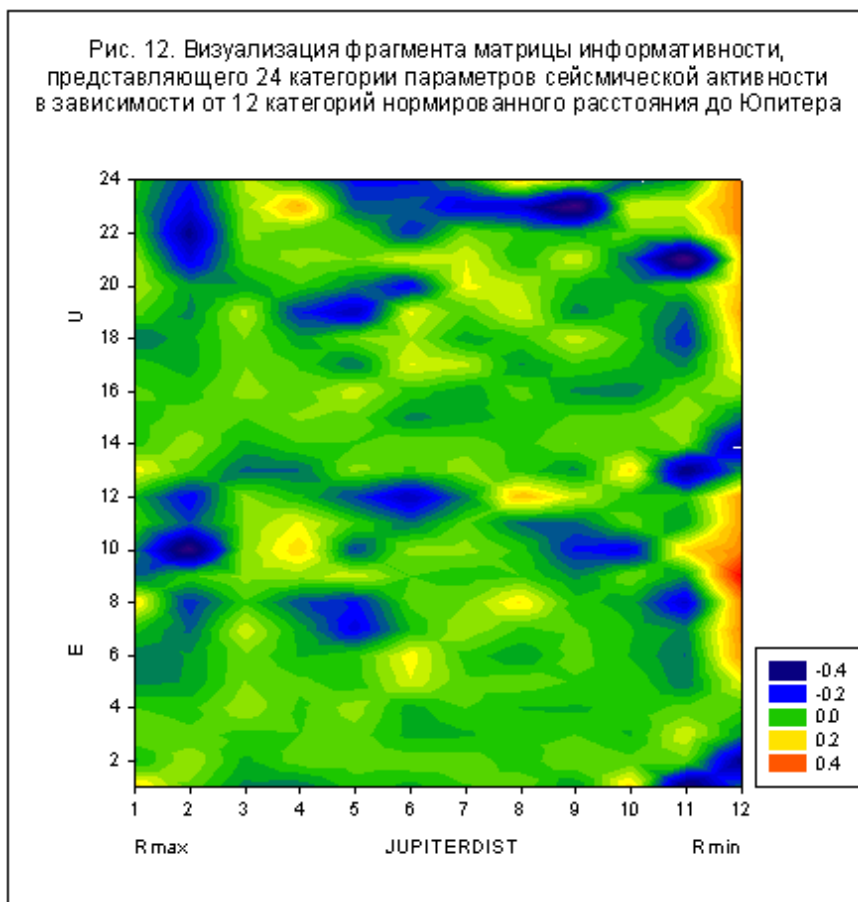




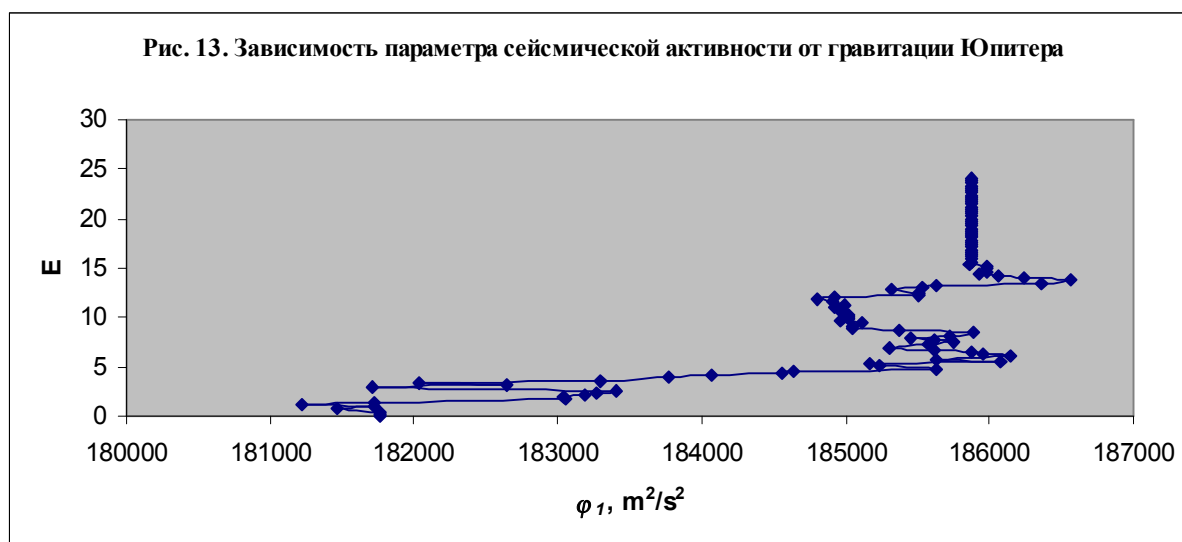
Таким образом, метод визуализации матрицы информативности позволяет установить наличие зависимости категорий от астрономических параметров, хотя бы качественно. Например, по данным на рис. 11 видно, что зимой заморозки более вероятны, нежели летом, а осадки в Оксфорде более вероятны летом, нежели весной.

### Модель сейсмической активности

Возвращаясь к данным на рис. 3-4, отметим, что параметры сейсмической активности E и U зависят от гравитационного комплекса G1, причем эта зависимость в наибольшей степени проявляется при минимальном расстоянии от Земли до Юпитера – рис. 12. Отметим, что аналогичная зависимость от расстояния проявляется в случае Луны, тогда как в случае Сатурна максимум влияния приходится на максимальное расстояние от Земли до этой планеты – рис. 6, что соответствует соединению (по долготе) Сатурна и Солнца.



Данные на рисунках 3-4 свидетельствуют о наличии зависимости параметров сейсмической активности от гравитационного комплекса G1. Прямая же фильтрация данных позволяет установить характер этой зависимости – рис. 13.



Полученная зависимость параметра сейсмической активности от гравитационного комплекса Юпитера не является однозначной, но она свидетельствует о накоплении данных с высокой энергией вблизи более высокого значения  $\varphi_1$ , а данных с низкой энергией вблизи более низкого значения гравитационного комплекса Юпитера.

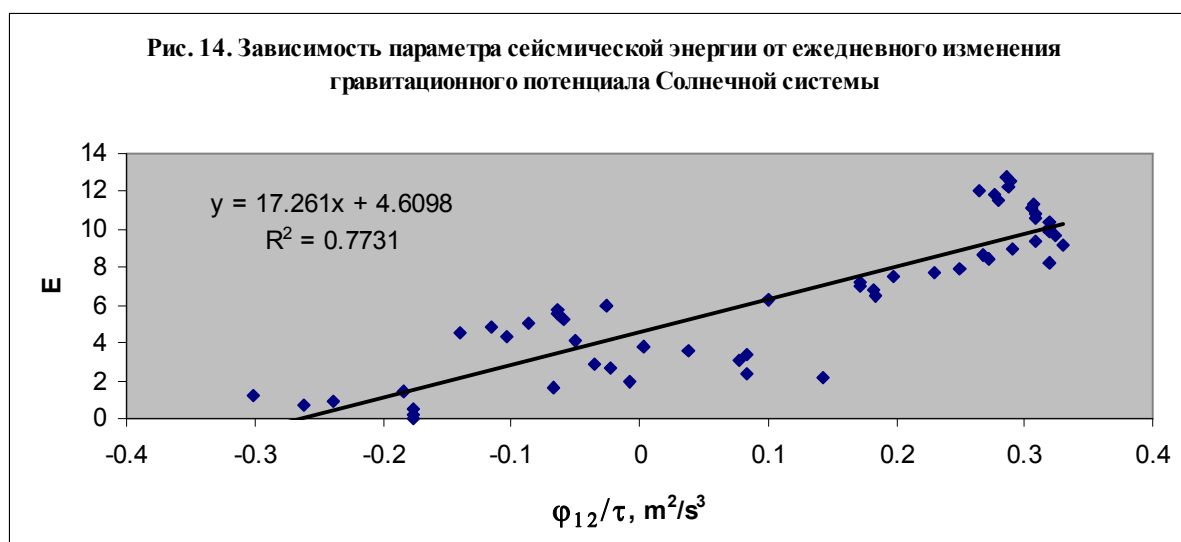
Аналогичная зависимость была получена и в случае гравитационного комплекса Солнца. В этом случае разделение данных с высокой и низкой сейсмической энергией является более заметным. Отбрасывая данные с высокой сейсмической энергией из условия  $0 < E < 13$ , и нормируя параметр  $\varphi_{12}$  на число секунд в сутках, находим линию тренда – рис. 14.

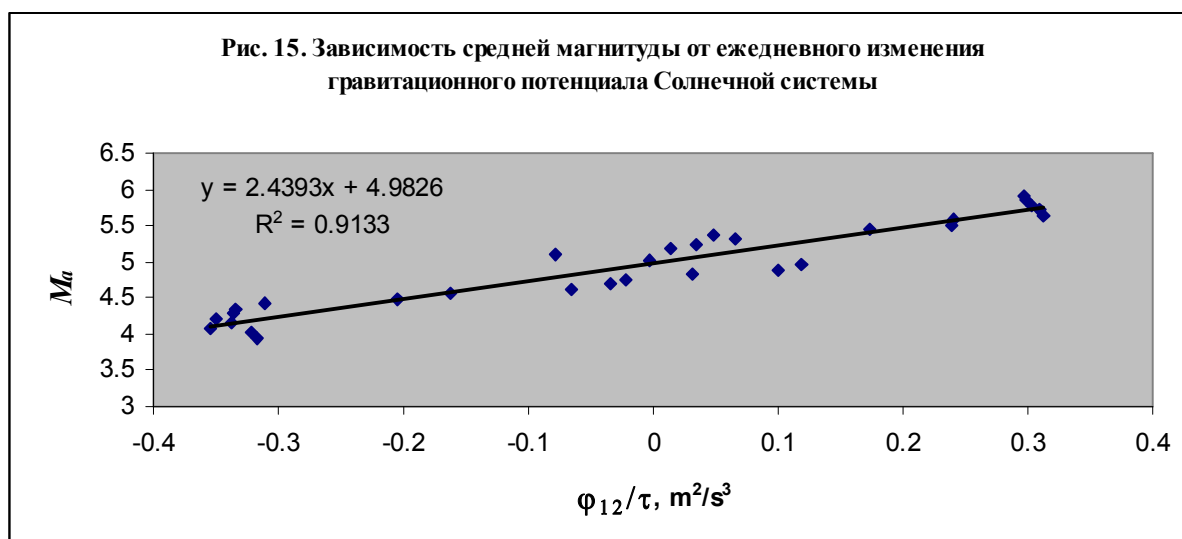
Однако наиболее четко происходит разделение событий по средней за сутки магнитуде MPSP, вычисленной по формуле (8) – рис. 15. В этом случае линия тренда определяется с наибольшей достоверностью. Отметим, что данные на рис. 13-15 получены путем обработки по формулам (7) и сглаживания исходных данных /10/.

Приведем окончательные формулы зависимостей для параметров сейсмической активности от параметра гравитации небесных тел:

$$\begin{aligned}
 E &= 17.261x + 4.6098, & 0 \leq E \leq 13, & R^2 = 0.7731 \\
 U &= 20.464x + 4.8755, & 0 \leq U \leq 13, & R^2 = 0.7376 \\
 M_a &= 2.4393x + 4.9826, & 4 \leq M_a \leq 6, & R^2 = 0.9133 \\
 x &= \frac{\varphi(t + \tau) - \varphi(t)}{\tau}, & \varphi(t) &= \sum_{i=1}^9 \gamma \frac{M_i}{R_i}
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Здесь  $\tau=86400$  – число секунд в сутках.





Полученные уравнения (10) свидетельствуют о наличии некоего механизма перехода гравитационной энергии Солнца и других небесных тел в сейсмическую энергию.

Для установления природы этого эффекта заметим, что в указанных в (10) пределах все параметры связаны между собой линейной зависимостью, поэтому для определения сейсмической энергии можно использовать любую из них. Потенцируя третье из уравнений (10) и, используя уравнение Гуттенберга-Рихтера [14], представим физический параметр средней сейсмической энергии в виде:

$$E_s = B \exp(aM_a) = B_1 \exp(a_1 x)$$

$$x = \frac{\varphi(t + \tau) - \varphi(t)}{\tau}, \quad \varphi(t) = \sum_{i=1}^9 \gamma \frac{M_i}{R_i} \tag{11}$$

Здесь  $a$ ,  $B$  – константы в уравнении Гуттенберга-Рихтера,  $B_1 = B \exp(4.9826a)$ ,  $a_1 = 2.4393a$ .

Используя уравнение (10) из работы [1], связывающее магнитуду поверхностных и объемных волн, находим  $a_1 = 10.3527$ . Отметим что формула (11) описывает диапазон изменения сейсмической энергии, занимающий три порядка.

Уравнению (11) можно придать наглядный вид, используя идею о процессе активации сейсмических событий на молекулярном уровне, в котором скорость реакции имеет вид /16/:

$$K = K(0) \exp(-m_0 \Delta \varphi_G / kT) = K(0) \exp(m_0 x \tau / kT) \quad (12)$$

Здесь  $m_0$  – масса молекулы,  $\Delta \varphi_G$  – изменение гравитационного потенциала,  $k=1.380662 \cdot 10^{-23}$  Дж/К - постоянная Больцмана,  $T$  – абсолютная температура. Следовательно, константа  $a_1$  в уравнении (11) связана с молекулярными свойствами вещества, используя же величину этой константы, можно оценить массу молекулы вещества, вовлеченной в реакцию активации, имеем:

$$m_0 = a_1 kT / \tau \approx 4.93 \cdot 10^{-25} \text{ кг} = 297.1 \text{ а.е.м.}$$

Отметим, что эта величина вычислена при температуре 300К, а при более высокой температуре масса молекулы может быть больше. Полученный результат свидетельствует, что механизм активации сейсмических событий, видимо, действительно обусловлен молекулярными процессами, причем в этот процесс вовлечены тяжелые молекулы типа группы оливина ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$  и т.п.). Однако исследование этих процессов, как и процессов развития трещин, порождающих сейсмические волны, выходит за рамки настоящей работы.

В заключение укажем, что развитая модель сейсмической активности позволяет прогнозировать средние за сутки параметры для всей земли в целом. Для нахождения же распределения сейсмических событий по долготе и широте необходимо исследовать региональные базы данных. Решение этой задачи, которая может иметь большое практическое значение, сопряжено с определенными трудностями, главным образом, с недостатком данных, необходимых для формирования семантической информационной модели. Исключение составляют лишь сейсмически активные регионы, для которых можно сделать достаточно достоверный прогноз.

## Литература<sup>1</sup>

1. Трунев А.П. Прогнозирование землетрясений по астрономическим данным с использованием системы искусственного интеллекта / А.П. Трунев, Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №08(52). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/08/pdf/13.pdf>
2. A. Trunev, E. Lutsenko. EARTHQUAKE FORECAST ON ASTRONOMICAL DATA//Chaos and Correlation, October 27, 2009, [http://trounev.com/Chaos/LT\\_10\\_2009.pdf](http://trounev.com/Chaos/LT_10_2009.pdf)
3. Трунев А.П. Распределение случайных событий в поле центральных сил / А.П. Трунев // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №05(49). – Шифр Информрегистра: 0420900012\0046. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/05/pdf/03.pdf>
4. Трунев А.П. Теория и прикладные вопросы астросоциотипологии / А.П. Трунев // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №05(49). – Шифр Информрегистра: 0420900012\0045. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/05/pdf/04.pdf>
5. Трунев А. П., Луценко Е. В. Астросоциотипология: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008, – 279 с.
6. Луценко Е.В. Астросоциотипология и спектральный анализ личности по астросоциотипам с применением семантических информационных мультимodelей / Е.В. Луценко, А.П. Трунев // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №01(35). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0002. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/01/pdf/10.pdf>
7. Трунев А.П. Прогнозирование курсов валют по астрономическим данным с использованием системы искусственного интеллекта// Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №51(07). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0002. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/07/pdf/15.pdf>
8. Patent 2008610097, Russia, System for Typification and Identification of the Social Status of Respondents Based on the Astronomical Data at the Time of Birth - "AIDOS-ASTRO" / E.V. Lutsenko, A.P. Trunev, V.N. Shashin; Application № 2007613722, January 9, 2008.
9. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем). – Краснодар: КубГАУ, 2002, – 605 с.
10. Operative Seismological Catalogue// Central Experimental-Methodical Expedition (Obninsk), [http://www.wdcb.ru/sep/seismology/cat\\_OBN.ru.html](http://www.wdcb.ru/sep/seismology/cat_OBN.ru.html)
11. Луценко Е.В. Повышение адекватности спектрального анализа личности по астросоциотипам путем их разделения на типичную и нетипичную части / Е.В. Луценко, А.П. Трунев // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №02(36). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0017. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/10.pdf>
12. Луценко Е.В. Численный расчет эластичности объектов информационной безопасности на основе системной теории информации / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2003. – №01(1). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2003/01/pdf/05.pdf>

---

<sup>1</sup> Для удобства читателей некоторые из этих работ размещены на сайте: <http://lc.kubagro.ru/>



13. Луценко Е.В. АСК-анализ как метод выявления когнитивных функциональных зависимостей в многомерных зашумленных фрагментированных данных / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №03(11). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/03/pdf/19.pdf>
14. Kanamori H., Anderson D.L. Theoretical basis of some empirical relations in seismology // Bull. Seismol. Soc. Amer. 1975. V. 65. P. 1073-1095
15. <http://www.metoffice.gov.uk/climate/uk/stationdata/>
16. Трунев А.П. Устойчивость зависимости интегральной информативности от расстояния до небесных тел Солнечной системы / А.П. Трунев, Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №02(46). – Шифр Информрегистра: 0420900012\0016. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/02/pdf/12.pdf>