

ПРОБЛЕМНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КОСМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени В. В. КУЙБЫШЕВА

КОМИССИЯ ПО МЕТЕОРИТАМ И КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ СО АН СССР
ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО СССР. ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ. ТРУДЫ, ТОМ 6.
ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВСЕСОЮЗНОГО АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА

ПРОБЛЕМА ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

ВЫПУСК 2



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
Томск — 1967

АЛГОРИТМ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТУНГУССКОГО ПАДЕНИЯ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Д. В. ДЕМИН

Разработка исчерпывающей физической теории является конечной задачей исследования Тунгусской катастрофы. Попытки создания такой теории предпринимались неоднократно, но не привели пока к обобщающей концепции адекватной всей совокупности фактов. Опубликованные гипотезы [1, 2, 3] нередко несут на себе отпечаток умозрительности, излишней детализации. Выполненные в терминах баллистики, аэродинамики, астрономии и т. д., они создают иллюзию законченной теории, не являясь таковой, порождая предвзятость в отборе и интерпретации фактического материала. На наш взгляд, обсуждение содержательных гипотез такого типа несколько преждевременно. Более перспективным является, по-видимому, углубленный математический анализ имеющихся фактических данных с целью выяснения **простейших**, фундаментальных обстоятельств катастрофы. Именно на этом пути получены результаты, которые вряд-ли будут когда-либо пересмотрены: представление о надземном разрушении тела [4], представление о надземном источнике лучевого термического поражения [5], определение проекции и направления полета на заключительном участке траектории [6, 7].

Ввиду указанного разработка вычислительных методов математического программирования применительно к проблеме Тунгусского метеорита представляется задачей первостепенной важности. В настоящей работе предложен достаточно общий алгоритм статистической оценки параметров явления на основе идей теории информации.

Введем следующие предположения:

1. В физическом пространстве локализован источник сигнала, заданный многомерным вектором параметров ω из допустимого множества W .

2. Информация о состоянии источника воспринимается на плоскости наблюдения, где в точках r_i инструментально обнаруживаются эффекты, имеющие интенсивности $s(r_i) = s_i$ (данные полевых инструментальных наблюдений).

3. Для любой пары векторов ω и r_i может быть определен фактор взаимодействия $d(\omega, r_i) = d_i(\omega)$, соответствующий, например, геометрическому расстоянию от источника до точки r_i .

4. Фактор взаимодействия $d_i(\omega)$ и интенсивности эффекта s_i трактуются, как статистически взаимосвязанные случайные величины, эмпирические распределения которых определены для каждого ω :

$$p[d_i(\omega)], p(s_i), p[d_i(\omega), s_i].$$

5. Определена мера упорядоченности $M[d_i(\omega), s_i]$ как функция фактора взаимодействия $d_i(\omega)$ и интенсивности s_i . В качестве меры $M[d_i(\omega), s_i]$ может служить мера статистического соответствия случайных величин $d_i(\omega)$ и s_i , определяемая для канала с шумами по известной формуле через энтропии соответствующих распределений [8]:

$$I[d_i(\omega), s_i] = H[d_i(\omega)] + H(s_i) - H[d_i(\omega), s_i].$$

Функционал $I[d_i(\omega), s_i]$ характеризует среднее количество информации, содержащейся в случайной величине s_i относительно случайной величины $d_i(\omega)$.

При таких предположениях задача статистической оценки вектора ω на основании информации об интенсивностях s_i может быть поставлена так:

в условиях 1) — 5) найти вектор параметров ω , максимизирующий меру $M[d_i(\omega), s_i]$ на множестве допустимых значений W .

В такой формулировке решение задачи максимизации может быть осуществлено одним из известных методов [9].

В работе [10] алгоритм применен в простейшем варианте: в качестве источника принималась точка на плоскости с координатами ω , в качестве фактора взаимодействия — расстояние $d_i(\omega) = |\omega - r_i|$, в качестве меры упорядоченности $M[d_i(\omega), s_i]$ модуль коэффициента корреляции случайных величин $d_i(\omega)$ и s_i :

$$M[d_i(\omega), s_i] = |r[d_i(\omega), s_i]| = |r_i(\omega)|.$$

Интенсивность эффекта была определена по специальной лабораторной методике. Поиск вектора был осуществлен на ЭЦВМ методом сплошного перебора.

Отметим, что при нормальных распределениях $p[d_i(\omega)]$, $p[s_i]$ и $p[d_i(\omega), s_i]$ величин $d_i(\omega)$ и s_i функционал $I[d_i(\omega), s_i]$ связан с коэффициентом корреляции $r_i(\omega)$ формулой (см., напр., [11]):

$$I[d_i(\omega), s_i] = -\frac{1}{2} \ln [1 - r_i^2(\omega)]$$

и, следовательно, максимум $r_i(\omega)$ достигается в максимуме $I[d_i(\omega), s_i]$.

В заключение автор выражает признательность В. Воробьеву, А. Егоршину и В. Журавлеву, а также участникам руководимого В. Фастом семинара по теории вероятностей ТГУ за обсуждение и ценные советы и С. Петровой — за помощь в реализации алгоритма на ЭЦВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Фесенков. Проблемы падения Тунгусского метеорита. *Астрономический журнал*, т. 43, вып. 2, 1966 г., стр. 241—265.
2. К. Г. Иванов. Геомагнитный эффект Тунгусского падения. *Метеоритика*, вып. 24, 1964 г., стр. 141—51.
3. Д. Ф. Анфиногенов. О Тунгусском метеоритном дожде. *Успехи метеоритики*, Новосибирск, 1966 г., стр. 20—22.
4. Е. В. Маслов. К вопросу о высоте и мощности взрыва Тунгусского метеорита. Труды Томского отд. Всесоюзного географ. общ-ва, 5, «Проблема Тунгусского метеорита», Томск, 1963 г., стр. 105—112.
5. Г. М. Зенкин, А. Г. Ильин. О лучевом ожоге деревьев в районе взрыва Тунгусского метеорита. *Метеоритика*, вып. 24, 1964 г., стр. 129—140.
6. В. Г. Фаст. Статистический анализ параметров тунгусского вывала. См. наст. сборник.
7. И. Т. Зоткин, М. А. Цикулин. Моделирование взрыва Тунгусского метеорита. *ДАН СССР*, 1966 г., том 167, № 1, стр. 59—62.

8. К. Шеннон. Математическая теория связи. В ст. «Работы по теории информации и кибернетике», М., 1963 г.

9. Ю. М. Ермолев. Методы решения нелинейных экстремальных задач. Кибернетика, № 1, 1966 г., стр. 1—17.

10. В. Б. Василенко, Д. В. Демин, В. К. Журавлев. Термолюминисцентный анализ пород из района Тунгусского падения. См. наст. сбор.

11. Н. А. Лившиц, В. Н. Пугачев. Вероятностный анализ систем автоматического управления. «Сов. радио», М., 1963.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Н. В. Васильев, В. К. Журавлев, Ю. А. Львов, Г. Ф. Плеханов. Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита	5
И. М. Сулов. Опрос очевидцев тунгусской катастрофы в 1926 г.	21
В. Г. Коненкин. Сообщение очевидцев о Тунгусском метеорите 1908 года	31
Г. М. Иванова, Ю. А. Львов, А. Ф. Ковалевский. Новые опросные данные о падении Тунгусского метеорита, полученные в 1964 г.	36
В. Г. Фаст. Статистический анализ параметров Тунгусского вывала	40
В. Г. Фаст, А. П. Бояркина, М. В. Бакланов. Разрушения, вызванные ударной волной Тунгусского метеорита	62
А. Г. Ильин, В. А. Воробьев, В. В. Байер. Связь параметров поражения веток лиственниц со световой энергией	105
В. А. Воробьев, А. Г. Ильин, Б. Л. Шкута. Изучение термических поражений веток лиственниц, переживших тунгусскую катастрофу	110
И. И. Журавлев. О возможной причине повреждения ветвей лиственницы в районе падения Тунгусского метеорита	118
В. К. Журавлев. К оценке световой энергии тунгусского взрыва	120
В. И. Некрасов, Ю. М. Емельянов. К вопросу восстановления таксационных характеристик (докатастрофного) леса в районе падения Тунгусского метеорита	123
В. И. Некрасов, Ю. М. Емельянов. Некоторые итоги и задачи изучения роста леса в районе падения Тунгусского метеорита	127
Ю. М. Емельянов, В. Б. Лукьянов, Р. Д. Шаповалова, В. И. Некрасов. Использование многофакторного дисперсионного анализа для оценки факторов, оказавших влияние на изменение хода роста древесной растительности в районе тунгусского падения	134
Р. Д. Шаповалова, В. Б. Лукьянов, Ю. М. Емельянов, В. И. Некрасов. Биостатистическая обработка лесотаксационных данных из района падения Тунгусского метеорита с использованием критерия знаков	137
Ю. А. Львов. О нахождении космического вещества в торфе	140
Г. М. Иванова, Р. В. Брувер, Ю. А. Львов, Н. Н. Боронтова. О поисках вещества Тунгусского метеорита	145
Н. В. Арнаут, А. Д. Киреев. Спектрографическое исследование металлических шариков, найденных в районе падения Тунгусского метеорита	149
А. В. Золотов. К вопросу о кажущемся запаздывании начала магнитного возмущения относительно момента взрыва Тунгусского космического тела 1908 г.	151
В. К. Журавлев, Д. В. Демин, Л. Н. Демин. О механизме магнитного эффекта Тунгусского метеорита	154
А. В. Золотов. К вопросу о зависимости геомагнитного эффекта, вызванного ядерным взрывом, от высоты взрыва	162
А. В. Золотов. О радиоактивности образцов тунгусских деревьев	168
А. В. Золотов. К вопросу о возможности пылевой структуры Тунгусского космического тела	173
Н. В. Васильев, В. А. Филимонова. Библиография литературы о Тунгусском метеорите	187
	237