

*Б.Б. Поспелов, д.т.н., професор, вед. научн. сотр., НУГЗУ,  
К.М. Остапов, ад'юнкт, НУГЗУ*

## **ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ ГАУССОВОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ФОНОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

(представлено д-ром техн. наук Тарасенко А.А.)

Представлены результаты проверки соответствия закону Гаусса распределения фоновой температуры земной поверхности, регистрируемой радиометром спутника NOAA.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, закон распределения Гаусса, критерий согласия Пирсона.

**Постановка проблемы.** По данным ГСЧС Украины в 2013 г. большая часть чрезвычайных ситуаций обуславливалась пожарами и взрывами [1]. Лесные и другие пожары наносят значительный материальный ущерб и разрушения. Статистика свидетельствует, что ежегодно в среднем возникает около 3,5 тыс. природных пожаров, которыми уничтожается свыше 5 тыс. га леса [2]. Поэтому проблема оперативного и надежного обнаружения лесных пожаров становится одной из главных для Украины. В последнее время для обнаружения лесных пожаров широко используются спутниковые системы с различным пространственным разрешением. При этом надежность обнаружения пожаров по спутниковым данным существенно зависит от статистики температуры фонового излучения поверхности, регистрируемой бортовыми радиометрами.

В [3,4] задача повышения надежности обнаружения пожара по спутниковым данным формулируется в виде статистической задачи обнаружения сигнала на фоне шума. При этом статистика температуры фонового шума, полагается гауссовой. Однако известно, что характеристики обнаружения существенно зависят от статистики фонового шума.

Поэтому важным является проверка адекватности гипотезы о гауссовом распределении фоновой температуры земной поверхности, регистрируемой спутниковыми радиометрами.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Общие методы проверки гипотезы, о виде неизвестного распределения исследуемой выборки данных изложены в [5-7]. Данные методы базируются на соответствующем критерии согласия. Известны несколько критериев согласия. Наиболее универсальным следует считать критерий согласия

Пирсона [5]. При этом проверка адекватности гауссовой статистике распределения реальной фоновой температуры поверхности, регистрируемой бортовыми спутниковыми радиометрами, не проводилась. В силу высокой оперативности получения данных указанная проверка должна, прежде всего, выполняться для спутниковой группировки NOAA.

**Постановка задачи и ее решение.** Целью работы является проверка адекватности гипотезы о том, что реальная фоновая температура поверхности, регистрируемая спутниковыми радиометрами NOAA, распределена по закону Гаусса.

Проверка гипотезы о виде распределения осуществлялась на основе реализации критерия согласия Пирсона. В соответствии с методом, описанным в [7], определялась мера расхождения эмпирических и теоретических частот по критерию  $\chi^2$  в соответствии с выражением вида:

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}, \quad (1)$$

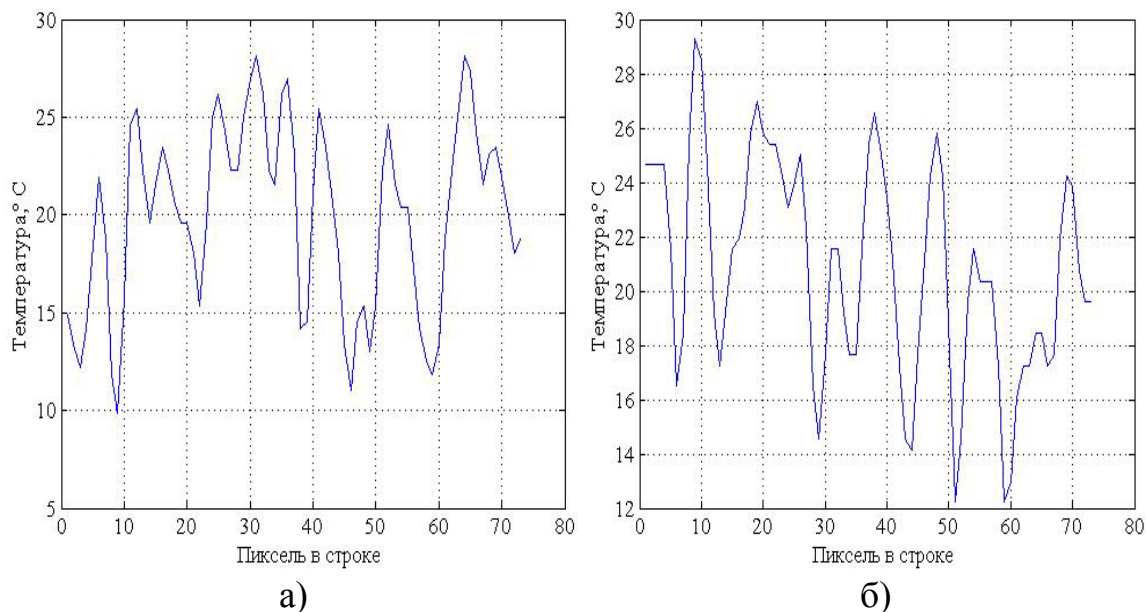
где  $n_i$  - эмпирические частоты,  $n'_i$  - теоретические частоты.

Для выбранного уровня значимости 0,05 по таблице  $\chi^2$  - распределения определялось критическое значение критерия  $\chi_{кр.}$  для числа степеней свободы  $k = b - r - 1$ . Здесь  $b$  — число групп (интервалов) выборки;  $r$  — число параметров предполагаемого распределения.

Если фактически наблюдаемое значение критерия  $\chi_{набл.}$  больше критического, т.е.  $\chi_{набл.} > \chi_{кр.}$ , то принимается решение о том, что распределение является негауссовым, если  $\chi_{набл.} \leq \chi_{кр.}$ , то выборки распределены в соответствии с гауссовым законом.

В качестве исходных использовался архив спутниковых данных за 2012-2014 года. Снимки были получены с помощью персональной спутниковой станции Национального университета гражданской защиты Украины. Исследовались данные радиометра NOAA с пиксельным разрешением 1,1км и 4км. Значения реальных температур земной поверхности выбирались для летнего периода, как наиболее пожароопасного. В качестве иллюстрации на рис. 1 представлены характерные фрагменты реальных значений температур участков земной поверхности для лесостепной и степной зон Украины.

Приведенные данные свидетельствуют о существенной неравномерности значений фоновой температуры для различных пикселей, что подтверждает необходимость проверки адекватности гипотезы о гауссовом распределении фоновой температуры земной поверхности, регистрируемой радиометрами NOAA.



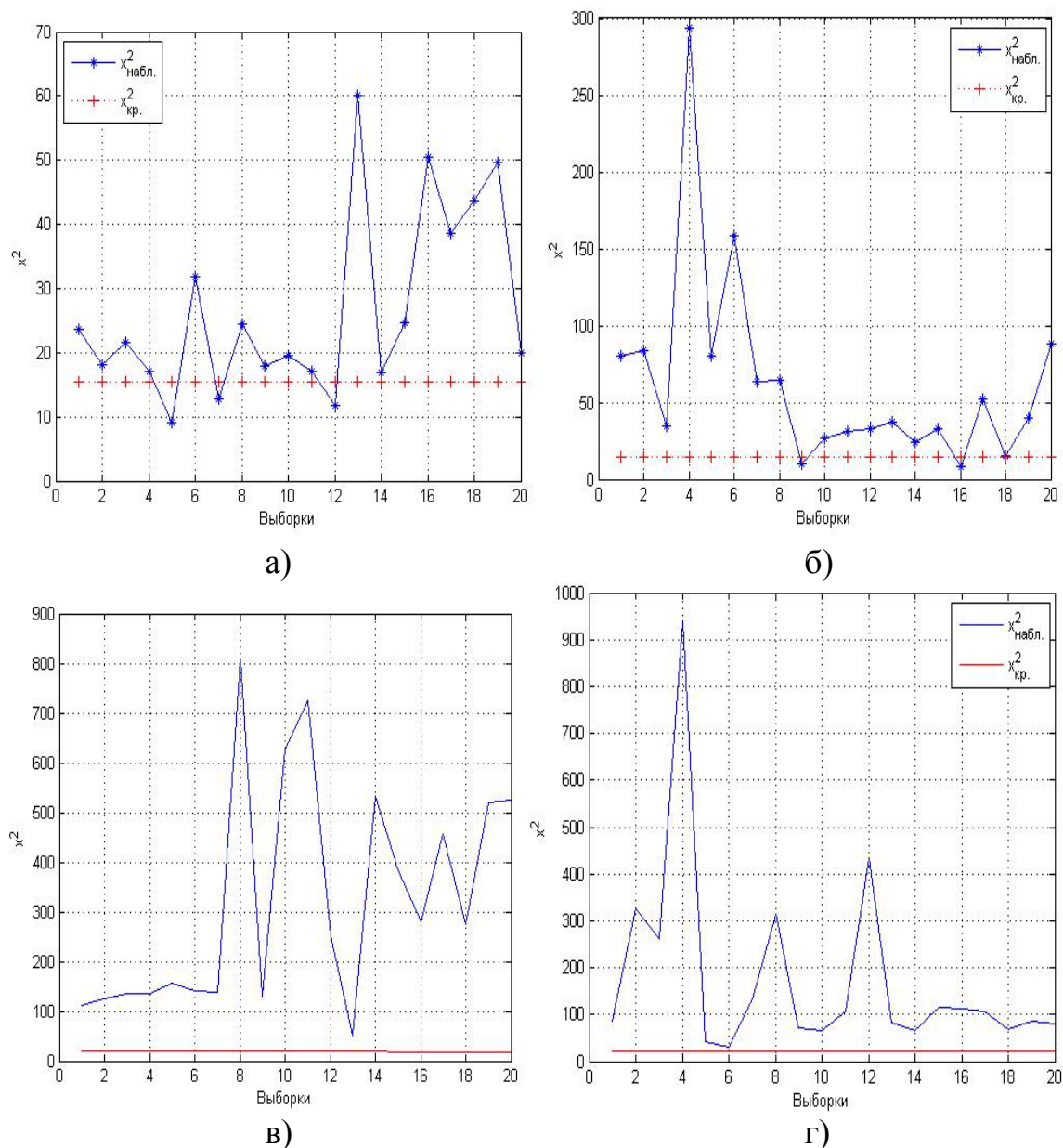
**Рис. 1. Фрагменты реальных значений температур по данным инфракрасного канала радиометра спутника NOAA для лесостепной (а) и степной (б) зон Украины**

На рис. 2 представлены значения критериев  $\chi_{набл.}$  и  $\chi_{кр.}$  для лесостепной и степной зон Украины, полученные на основе данных радиометра при разрешении 4 км и 1,1 км.

Из распределений  $\chi_{набл.}$  и  $\chi_{кр.}$ , полученных на основании снимков с разрешением 4 км., лишь в 10-15% случаев распределение соответствует гауссовскому. Из распределений  $\chi_{набл.}$  и  $\chi_{кр.}$ , полученных на основании снимков с разрешением 1,1 км. на всех выборках  $\chi_{набл.} > \chi_{кр.}$ . Поэтому есть основание утверждать, что температура земной поверхности, регистрируемая спутниковой группировкой NOAA, распределена не по гауссовскому закону.

Из анализа значений  $\chi_{набл.}$  и  $\chi_{кр.}$ , полученных для различных участков на основе данных радиометра с разрешением 4км, справедливость гипотезы о гауссовом распределении температур имеет место в 10-15% случаев. Аналогичный анализ значений  $\chi_{набл.}$  и  $\chi_{кр.}$ , полученных на основе данных радиометра с разрешением 1,1км свидетельствует о том, что  $\chi_{набл.} > \chi_{кр.}$  и поэтому есть основание утверждать, что гипотеза о гауссовом распределении фоновой температуры земной поверхности, регистрируемой радиометром спутника NOAA, не может быть признана адекватной (истинной). Поэтому она должна быть отвергнута.

Исследования в данном направлении целесообразно продолжить в направлении поиска адекватного распределения для описания реальных данных фоновых температур спутникового радиометра NOAA.



**Рис. 2.** Значения критериев  $\chi^2_{\text{набл.}}$  и  $\chi^2_{\text{кр.}}$  для различных участков: а) лесостепной зоны при разрешении 4 км; б) степной зоны при разрешении 4 км; в) лесостепной зоны при разрешении 1,1 км; г) степной зоны при разрешении 1,1 км

**Выводы.** Проверка адекватности закону Гаусса распределения реальной фоновой температуры радиометра NOAA показала, что для исходных спутниковых данных с разрешением 4 км гипотеза о гауссовом распределении оказывается справедливой в 10-15% случаях. Для данных с разрешением 1,1 км гипотеза о гауссовом распределении фоновой температуры является неадекватной или ложной. Поэтому она не может быть признана состоятельной при синтезе вероятностных методов для повышения эффективности обнаружения пожара по спутниковым данным радиометра NOAA [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Информационно-аналитический справочник о чрезвычайных ситуациях, которые произошли на территории Украины за 2013 год [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.mns.gov.ua/opinfo/7094.html>.
2. Моніторинг надзвичайних ситуацій: підручник/ [Ю.А. Абрамов, Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін, П.А. Коротинский и др.]; Акад. цив. зах. України. – Х.: АЦЗУ, 2005. – 530 с.
3. Швецов Е.Г. Вероятностная технология обнаружения и оценки интенсивности природных пожаров по данным спутниковой съемки / Швецов Е.Г., Сухинин А.И. // Сопряженные задачи механики реагирующих сред, информатики и экологии: Материалы междунар. конф., 25 июня 2007 г., Томск / Томский госуд. ун-т – Томск, 2007. – С. 188-189.
4. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы: Аналит. обзор / [Н.А. Абушенко, Д.А. Алтынцев, В.Н. Антонов, С.В. Афонин и др.] – Н.: СО РАН. ИОА. ГПНТБ, 2003. – 135 с. (Сер. Экология. Вып. 70).
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель – М.: Наука, 1969. – 576 с.
6. Ткачев Н.Н. Статистические методы в математическом моделировании и научных исследованиях / Н.Н. Ткачев. – К.: Красноярский Государ. техн. ун-т, 1996. – 151 с.
7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.

Б.Б. Поспелов, К.М. Остапов

### **Перевірка адекватності розподілу температур земної поверхні при виявленні надзвичайних ситуацій за допомогою супутникових даних**

Представлені результати експериментальної перевірки відповідності розподілів температур земної поверхні, реєстрованої супутниковим угрупованням NOAA, закону розподілу Гауса.

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, нормальний розподіл Гауса, критерію згоди Пірсона.

B.V. Pospelov, K.M. Ostapov

### **Check of earth's surface temperatures distribution adequacy at detection of emergency situations by means of satellite data**

It is experimentally checked temperatures distributions compliance of the terrestrial surface registered by satellite group NOAA, to the law of distribution of Gauss, results of research are presented.

**Keywords:** emergency, Gaussian distribution, Pirson criterion.