

свой документ, выбрать один из существующих шаблонов и запускать проверку. На выходе пользователю необходимо возвращать проверенный файл с пометками в тех местах, которые по какому-либо параметру не соответствовали требованию, заданному в шаблоне.

В целом же, реализация описанной модели приложения весьма удачна, и, что не маловажно, масштабируема. Процесс нормоконтроля текстовых документов станет легче, удобнее, и сэкономит много времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Open XML SDK 2.5 Office [Электронный ресурс] / MSDN Microsoft. – Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/ruru/library/office/bb456487.aspx>. – Дата доступа: 20.04.2016.

2 Работа с документами WordprocessingML (Open XML SDK) [Электронный ресурс] / MSDN Microsoft. – Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/office/gg278327.aspx>. – Дата доступа: 21.04.2016.

УДК 524.8 + 519.2

Студ. Е. В. Пуйша

Науч. рук. ст. преп. А. С. Наркевич

(кафедра информационных систем и технологий, БГТУ)

## СРАВНЕНИЕ КОСМОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В 1998 г. две группы астрофизиков по результатам наблюдений за сверхновыми звездами типа Ia пришли к выводу, что расширение Вселенной происходит ускоренно, и сразу же предложили возможное объяснение: Вселенная заполнена некой новой формой материи – **темной энергией**, которая и вызывает ускоренное расширение [1,2]. Доля темной энергии и **темной материи** в полной энергии Вселенной должна быть велика – около 95%. Так что на обычную материю остается около 5%.

Что собственно наблюдается при больших красных смещениях? Световой поток от сверхновых звезд ослабляется заметно сильнее, чем ожидалось в старой стандартной космологической модели. Чтобы охарактеризовать ослабление потока, вводят модули дальности  $\mu(z)$ , где  $z$  – красное смещение. Эти модули можно рассчитать в данной модели и сравнить с их наблюдаемыми значениями для сверхновых или других удаленных объектов. Если считать Вселенную расширяющейся, то поведение функции  $\mu(z)$  зависит от темпа расширения, что и привело к заявлению об ускоренном расширении в настоящее время.

В настоящее время существует ряд космологических моделей, в которых рассчитываются значения модулей дальности для некоторых космических объектов. Каждая из моделей может быть подогнана к результатам наблюдений, причем можно оценить вероятность, показывающую, в какой мере та или иная модель соответствует данному набору результатов наблюдений.

Вероятность рассчитывается математически разными методами, один из них основан на  $\chi^2$ -распределении и сравнении гипотез (моделей) по критерию  $\chi^2$  (критерию Пирсона).

В данной работе сравнивались следующие космологические модели:

1) Модель Лямбда-CDM (The flat  $\Lambda$ CDM model) [3]. Является в настоящее время общепринятой (стандартной) космологической моделью. Дальность по светимости в ней равна:

$$D_L(z) = \frac{c}{H_0} * (1 + z) * \int_0^z \frac{du}{\sqrt{\Omega_m(1+x)^3 + \Omega_\Lambda(1+x)^{3(1+w_\Lambda)}}},$$

где  $z$  – красное смещение,  $c$  – скорость света,  $H_0$  – постоянная Хаббла, нормированная плотность материи  $\Omega_m = 0.3$  и нормированная плотность темной энергии  $\Omega_\Lambda = 0.7$ ;

2) Модель Эйнштейна – деСиттера (Einstein–de Sitter model) [3]. Отличается от модели  $\Lambda$ CDM отсутствием темной энергии:  $\Omega_m = 1$ ,  $\Omega_\Lambda = 0$ ;

3) Модель низкоэнергетической квантовой гравитации (Model of low-energy quantum gravity) [4]. Альтернативная модель без расширения и темной энергии, но со сравнимыми с моделью  $\Lambda$ CDM вероятностями подгонки. Дальность по светимости в ней равна:

$$D_L(z) = \frac{c}{H_0} \cdot \ln(1 + z) \cdot (1 + z)^{\frac{(1+b)}{2}},$$

где  $b = 2,137$ . Так как данные скорректированы на эффект замедления времени стандартной космологической модели, сделана замена:  $b \rightarrow b - 1$ .

Выбор двух последних моделей обусловлен тем, что они рассматриваются как возможные альтернативы стандартной космологической модели № 1. Исходными данными являлись значения красных смещений, модулей дальности, систематических и статистических стандартных отклонений для сверхновых звезд типа Ia [5], гамма-вспышек [6] и квазаров [3]. Данные взяты из указанных публикаций астрофизиков.

Если  $D_L(z)$  – дальность по светимости, то модуль дальности равен:

$$\mu_0(z) = 5 \cdot \lg D_L(z) + 25$$

Значение  $\chi^2$  для некоторой модели найдем по формуле:

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(\mu(z_i) - \mu_0(z_i))^2}{\sigma_i^2},$$

где  $\mu(z_i)$  – значения модулей дальности из файлов с исходными данными,  $\sigma_i^2$  – значение полной дисперсии, равной:

$$\sigma^2 = \sigma_{\text{статистическая}}^2 + \sigma_{\text{систематическая}}^2.$$

Соответствующую данному значению  $\chi^2$  при числе степеней свободы N-1 вероятность P можно найти, используя встроенную функцию MSEXCEL ХИ2.РАСП.ПИХ ( $\chi^2$ ; N- 1), которая возвращает правостороннюю вероятность  $\chi^2$ -распределения. Результаты вычислений для трех моделей и трех наборов данных наблюдений сведены в таблицу 1.

Сравнение вероятностей показывает, что «выживают» модели 1 и 3, тогда как модель 2 нужно отбросить из-за малой вероятности для двух наборов.

**Таблица 1 - Сравнение вероятностей P для трех моделей**

Модель / Данные	Сверхновые звезды Ia	Гамма-вспышки	Квazarы
1	1	0.999	0.21
2	0.40	4.1821E-22	0.009
3	1	0.998	0.137

Хотелось бы отметить важность и актуальность данной работы. В ее рамках была создана работоспособная программа на языке C++, позволяющая рассчитать вероятности для космологических моделей при их сравнении с любым количеством объектов в наборе данных.

Разработанная программа и проведенные в работе вычисления могут быть повторены для любой новой модели и любого нового набора данных наблюдений. Разработанная программа позволяет даже первокурснику почувствовать себя немножко исследователем и лично проверить новости с переднего края науки о Вселенной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Riess, A. et al. 1998, *Astronomical Journal*, 116, 1009.
2. Perlmutter, S. et al. 1999, *Astrophysical Journal*, 517, 565.
3. Lopez-Corredoira, M., Melia, F., Lusso, E. and Risaliti, G. [arXiv:1602.06743 [astro-ph.CO]].
4. Ivanov, M.A. In the book "Focus on Quantum Gravity Research", Ed.D.C. Moore, Nova Science, NY - 2006 - pp. 89-120; [hep-th/0506189].
5. Suzuki, N. et al. *ApJ*, 2012, 746,85; [arXiv:1105.3470v1 [astro-ph.CO]].
6. Wei, H. [arXiv:1004.4951v3 [astro-ph.CO]].