

О Т З Ы В

научного руководителя

о выпускной квалификационной работе *Кривошеина Сергея Борисовича*
«Кинематическое моделирование дисковой подсистемы планетарных туманностей
Галактики и коррекция их шкал расстояний»
(направление 03.06.01 «Физика и астрономия»,
основная образовательная программа МК.3007.2015 Астрономия)

Выпускная работа посвящена совместному решению двух связанных задач — кинематическому моделированию системы планетарных туманностей (ПТ) диска Галактики и калибровке шкал расстояний до ПТ, которая традиционно составляет серьезную проблему при использовании данных об этих объектах в различных исследованиях.

Большая часть работы относится к кинематической калибровке, возможность которой возникает при сравнении формальной оценки расстояния до центра Галактики R_0 как до центра вращения системы ПТ диска в принятой шкале расстояний с современными «наилучшими» значениями R_0 , которые не испытывают значительных вариаций в последнюю четверть века. Однако для дисковых ПТ такое, пространственно-кинематическое, моделирование осложнено тем, что их выборка в общем случае «загрязнена» туманностями балджа и другими объектами, которые могут систематически смещать результат или даже делать его получение невозможным. Для решения этой проблемы аспирант разработал и реализовал мультиитеративный, максимально формализованный алгоритм, который дает самосогласованное решение следующих задач: получение оценок модельных параметров; оптимизацию сглаженности модели вращения дисковой подсистемы ПТ; исключение объектов балджа с оптимизацией границы исключения; исключение объектов с большими невязками; исключение объектов, смещающих оценку R_0 , на основе метода складного ножа. Достижение сходимости алгоритма с такими сложными свойствами является несомненным успехом.

Для верификации результатов кинематического анализа автор использует непосредственное сравнение шкал по общим объектам, что дает коэффициенты перехода между шкалами и оценки средних случайных ошибок модулей расстояния для индивидуальных ПТ. Показано, эти ошибки даже для современных шкал остаются значительными ($0^{m.2} \div 0^{m.5}$). Кроме того, автор впервые выполнил статистически корректную калибровку фотометрических шкал, в данном случае для ПТ, по тригонометрическим параллаксам методом наибольшего правдоподобия, учитывающего ошибки модулей расстояния и параллаксов и допускающего среднюю смещенность параллаксов в каталоге, в данном случае Gaia DR2. Кинематическая и тригонометрическая калибровка, а также непосредственное сравнение шкал дают универсальные инструменты исследования любой шкалы для дисковых ПТ.

Автором были выявлены четыре наиболее надежные современные шкалы для ПТ, к которым были применены все указанные способы анализа. Найдены кинематические параметры ансамбля дисковых ПТ и калибровочные коэффициенты, которые могут быть в дальнейшем использованы для построения сводного каталога расстояний до ПТ. Наиболее важным результатом работы является установление того, что лучшие шкалы для ПТ в среднем корректны: ни одним способом не получено поправочных коэффициентов, отличных от единицы на уровне $\geq 3\sigma$ и при этом робастных.

Другим важным выводом является ненадежность калибровки шкал ПТ по современным тригонометрическим параллаксам: устойчивое решение получено только для одной шкалы из четырех. При этом показано, что использование для калибровки небольшого числа близких объектов может создать сильные смещения калибровок при формально высокой статистической точности. Это объясняет, в частности, почему шкалу Zhang (1995) ранее ошибочно считали «длинной». Поправки к тригонометрическим параллаксам Gaia DR2 для разных шкал ПТ получились разных знаков, часто являясь при этом формально значимыми. Это говорит в пользу того, что декларируемое среднее смещение параллаксов GAIA DR2 ≈ -0.03 мсд не является универсальной характеристикой, а, очевидно, зависит от региональной систематики, превалирующей для данной выборки.

Дипломник в разные периоды работал с разной интенсивностью. Эта нерегулярность в работе не позволила достичь все намеченные цели. Но все же многие важные задачи С.Б. Кривошеину решить удалось, некоторые из них — впервые. Он показал себя хорошим программистом, способным за короткий срок реализовывать сложные алгоритмы. Полученные результаты и сделанные выводы представляют научный интерес как для исследования ПТ, так и в рамках других задач галактической астрономии.

Считаю, что дипломная работа может быть оценена на «отлично».

Доцент Кафедры небесной
механики СПбГУ



И. И. Никифоров

11.06.2019