

## **РЕЦЕНЗИЯ**

**на дисертационен труд**

**за придобиване на образователната и научна степен „доктор”**

**в професионално направление 4.1 Физически науки, ДП Астрономия и астрофизика,**

**по процедура за защита във Физически факултет (ФЗФ)**

**на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ)**

Рецензията е изготвена от: **доц. д-р Кирил Атанасов Стоянов, Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, БАН**, в качеството му на член на научното жури съгласно Заповед № РД 38-312 / 03.07.2023 г. на Ректора на Софийския университет.

**Тема на дисертационния труд: ”Анализ на вероятностното разпределение на плътността в звездообразуващи облаци”**

**Автор на дисертационния труд: Любов Любославова Маринкова**

### **I. Общо описание на представените материали**

#### **1. Данни за представените документи**

*Кандидатът Любов Маринкова е представила дисертационен труд и Автореферат, а така също и диплом за висше образование и удостоверение за зачисляване и отчисляване на докторанта.*

*Представените по защитата документи от кандидата съответстват на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“ (ПУРПНСЗАДСУ).*

#### **2. Данни за кандидата**

*Любов Любославова Маринкова е родена на 11 юни 1991 г. в град Самоков. В периода 2010 – 2014 г. е бакалавър инженер в Техническия университет в София по специалност “Компютърни системи и технологии”. В периода 2014 – 2017 г. е магистър по физика в Софийски университет “Св. Климент Охридски”, професионална квалификация “Космически изследвания”. През 2017 г. успешно защитава магистърска дипломна работа на тема “Изследване на оптичната променливост на блазара OJ287 в периода 2015-2017*

г.". От 2015 г. до 2016 г. работи като физик в Института по астрономия с НАО, БАН. През 2018 г. е зачислена като редовен докторант в Софийски университет "Св. Климент Охридски". В периода 2021 – 2023 г. е асистент в Техническият университет, София.

Научните интереси на Любов Маринкова са в областта на звездообразуването.

### **3. Обща характеристика на научните постижения на кандидата**

Дисертационният труд на Любов Маринкова на тема „Анализ на вероятностното разпределение на плътността в звездообразуващи облаци“ се състои от 78 страници. Дисертацията започва с Увод, в който са разгледани характеристиките на Молекулярните облаци – цел на изследването на дисертацията. Уводът е подробно разписан, като са дадени точните цитати, които да въведат дори неспециалистите в темата. Може да се направи заключение, че дипломантът познава добре темата на дисертацията.

В Глава 2 се разглеждат подходите за определяне на Опашката от степенен вид (OCB). В главата се аргументира нуждата от метод, който да извлича осреднените параметри на OCB независимо и достоверно. В тази глава се представя и адаптирания метод  $bPIfit$  и се показва неговата ефективност като се прилага върху симулационни данни за области на звездообразуване в галактичен мащаб и на мащаб на сгъстявания в молекулярни области. Изследвана е и чувствителността на метода към избрана картова рамка или към избора на изоконтур за очертаване на молекулярния облак от симулациите на галактичен мащаб.

В Глава 3 е предложен усъвършенстван адаптиран метод  $bPIfit$  с цел да се определи втора опашка от степенен вид с различен наклон и в режим на още по-големи плътности. Методът е тестван върху аналитични данни, за да се установи неговата ефективност, а след това е приложен за анализ на два вида функции на вероятностно разпределение – ФВР-р от данни от симулации на мащабите на сгъстявания и ФВР-N от наблюдателни данни, получени с телескопа Хершел.

В Глава 4 са представени перспективите за продължение на изследването. От тази глава става ясно, че дипломанта Любов Маринкова и екипа с който работи, вече са започнали работа върху симулации на образуването на протозвезди в първичен газ и с вариране на първоначалния енергиен баланс.

В Глава 5 са обобщени основните резултати от дисертацията.

Без съмнение, тематиката на дисертацията е актуална. В последните години темата за звездообразуване, а от там и планетообразуване, е модерна и това си личи от големия брой публикации в базите данни за публикационна активност в последните години. Физиката на молекулярните облаци, в които се раждат звездите, е изключително сложна. Разработването на нови модели и теории за звездообразуването е ключово за разбирането

на процеси като еволюция на единични и двойни звезди, образуването на планети и дори зараждането на живот.

Дисертацията на Любов Маринкова се базира на 3 публикации в списания с импакт-фактор, една публикация в сборник от конференции и една публикация в Годишника на Софийски университет "Св. Климент Охридски". На три от публикациите, Любов Маринкова е първи автор. Представеният списък с публикации удовлетворява минималните национални изисквания (по чл. 2б, ал. 2 и 3 на ЗРАСРБ) и съответно на допълнителните изисквания на СУ „Св. Климент Охридски“ за придобиване на образователната и научна степен „доктор“.

#### **4. Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата съдържащи се в материалите за участие в конкурса**

Основните резултати, постигнати в дисертацията на Любов Маринкова, могат да се групират по следния начин:

1. Разработена е процедурата *bPifit* за извличане на опашка от степенен вид на ФВР-р и ФВР-N по числени и наблюдателни данни за междузвездните облаци и области на звездообразуване в тях. Методът работи с големи масиви от данни и използва бинираща схема на разпределение. Предимството на този метод е, че не изключва възможността нестепенна функция да се използва за апроксимация на разпределението на данните. Това дава възможност да се определят точката на отклонение на опашката и наклона на най-добрата степенна апроксимация, ако такава съществува. Разработена е схема за извличане на достоверни опашки от степенен вид, които не се влияят от избраното биниране на разпределението и обхващат поне два порядъка по колонкова плътност. Получените осреднени параметри на опашките от степенен вид, наклон и точки на отклонение на опашката са определени максимално обективно (Veltchev et al. 2019).

2. Адаптираният *bPifit* метод е приложен към данни от симулации. Данните са взети от проекта SILCC (отчитащи обратното въздействие на новообразуваните звезди към средата и позволяващи адаптивно увеличение на разделителната способност в сгъстени зони на молекулярния облак) и симулацията HRIGT (получени при по-опростена физична картина, но с много висока разделителна способност, позволяваща да се изследва звездообразуването на мащаби на сгъстявания и протозвездни ядра в молекулярните области). Данните от SILCC дават възможност за проследяване на еволюцията на ФВР-р и ФВР-N в области на звездообразуване на галактичен мащаб. Изучена е еволюцията на параметрите на опашката от степенен вид. Наклоните на опашките на ФВР-р в късните етапи от еволюцията на молекулярните облаци клонят към  $q \sim 1.5$  и при данните от SILCC, и при тези от HRIGT. От друга страна, получената по наблюдателни данни от телескопа Хершел опашка от степенен вид на ФВР-N има наклони  $-2 \leq p \leq -4$ .

3. Изследвана е опашката от степенен вид, извлечена от ФВР- $N$  на два гигантски молекулярни облака в напреднал стадий от тяхната еволюция, симулирана от SILCC. Облаците се намират в зони с повишена разделителна способност, което позволява да се установят евентуални гранични ефекти върху параметрите на опашката от степенен вид при очертаването на областта на интерес. За целта еволюцията на опашката от степенен вид на ФВР- $N$  е проследена чрез два различни подхода. При единият се налагат четири правоъгълни рамки с нарастващ размер, обхващащи избраните молекулярни области и разределения газ в близката им околност. При другият подход, се използват рамките на изоконтур, дефиниран от долна гранична стойност на колонковата плътност, която е по-малка от средната точка на отклонение на опашката, установена от анализа на опашката в рамките на първия подход (Marinkova et al. 2020a).

4. Показано е, че параметрите на опашките от степенен вид, извлечени чрез адаптирания метод  $bP\text{I}fit$  са в добро съответствие с тези, получени чрез прилагането на метода  $bP\text{I}fit$  върху небинирани данни. Това потвърждава, че адаптирания метод  $bP\text{I}fit$  е надеждна техника за извличане на опашки от степенен вид. Параметрите на опашките във всички правоъгълни рамки, при даден етап на еволюцията на молекулярния облак, са с много подобни стойности. Това означава, че молекулярният водород с ниска плътност, разположен извън главните влакнести структури на гигантските молекулярни области, не допринася за обхвата на опашките от степенен вид. Средната точка на отклонение грубо съвпада с колонковата плътност, при която големите сгъстявания стават свържкритични. Това загатва за гравитационната връзка между структурите на облаците, очертани от изоконтури, съответстващи на нейната стойност. Показано е, че наклонът на опашката на ФВР- $N$  в изоконтурата остава почти постоянен във времето ( $n \geq -1.2$ ), като стойността му е много по-малка както от тази, получена при теоретични изследвания на самогравитиращи облаци ( $n \sim -2$ ), така и от тази, получена при наблюдения на области на звездообразуване или разреждени облаци. Предложено е обяснение, че това може да се дължи на факта, че опашките на ФВР- $N$  на молекулярния газ не следва задължително очакваната еволюция на ФВР- $N$ , получено от карти на целия газ (Marinkova et al. 2020a).

5. Усъвършенстван е адаптирания метод  $bP\text{I}fit$  с цел да се извлече втора опашка от степенен вид на ФВР- $\rho$  и ФВР- $N$ . Идеята се основава на зависимостта на параметрите на опашката от степенен вид от избраната долна граница на обрязване на разпределението. Разработеният подход първоначално е приложен върху аналитичен ФВР- $\rho$  с основна логнормална част и две опашки, а след това – върху данни от числени симулации на самогравитиращи изотермични облаци на звездообразуване с пространствена скала на типичните сгъстявания  $0.5 \text{ pc}$  и с допълнителна адаптивна разделителна способност в зоните с голяна плътност. Изискването за достоверност на втората опашка е обхвата ѝ да бъде поне един порядък, а наклонът да се различава поне с  $0.4$  от наклона на първата опашка. Във всички случаи, с изключение на един, се установяват две опашки от степенен

вид. Първата е по-стръмна, а наклона на втората е по-плосък и клони към -1. Получените резултати се съгласуват добре с числените и теоретичните изследвания. Това показва, че усъвършенствания метод *bPIfit* може да се ползва успешно за откриване на втора опашка на гладка функция на вероятностно разпределение на плътността и да дава достоверни оценки на параметрите на опашката от степенен вид. Прилагането на метода към ФВР-р и ФВР-*N* на данни от наблюдения с висока разделителна способност и/или числени симулации на области на звездообразуване може да помогне да се изяснят физическите условия в най-гъстите подструктури на молекулярните облаци (Marinkova et al. 2021).

6. Приложен е усъвършенстваният адаптиран метод *bPIfit* към наблюдателни данни за няколко области с активно звездообразуване, получени с космическия телескоп Хершел. Получените резултати показват наличие на двойни опашки, като втората е по-плоска от първата. Този резултат е потвърден от независимо изследване на няколко десетки области на звездообразуване с различна маса (Marinkova et al. 2020b).

Резултатите, получени в дисертацията на Любов Маринкова, имат теоретичен характер, като те се потвърждават както от други теоретични изследвания, така и от реални астрономически наблюдения. Явно е, че личния принос на Любов Маринкова е основен - тя е участвала в разработването на метода и прилагането му, като това е отразено и в публикациите, на които се базира дисертацията.

## **5. Критични бележки и препоръки**

Основните критични бележки се отнасят към описанието на целите на дисертацията. Редно е те да бъдат представени в началото на уводната част на дисертацията. Въпреки, че те са загаднати в началото, същинската част на целите са описани в края на увода.

Тази забележка не променя отличното ми впечатление от дисертацията и се надявам, че ще бъде приета като съвет за бъдещите изследвания на дипломанта.

## **6. Лични впечатления за кандидата**

Личните ми впечатления за Любов Маринкова са формирани от краткия период, в който тя работеше като физик в Националната астрономическа обсерватория Рожен. Оставам с впечатлението, че тя е амбициозен човек с желание за научаване на нови методи и техники от теоретичен характер, нетипични за основаната почти изцяло на наблюдения българска астрономическа колегия.

## **7. Заключение**

След като се запознах с представените дисертационен труд, Автореферат и другите материали, и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях

научни и научно-приложни приноси, **потвърждавам**, че научните постижения отговарят на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за приложението му и съответния Правилник на СУ „Св. Климент Охридски“ за **придобиване на образователната и научна степен „доктор“**. В частност кандидатът удовлетворява минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените по конкурса дисертационен труд, автореферат и научни трудове.

Давам своята **положителна** оценка на дисертационния труд.

## **II. ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Въз основа на гореизложеното, **препоръчвам** на научното жури да присъди **образователната и научна степен „доктор“** в професионално направление **4.1 Физически науки** на **Любов Любославова Маринкова**.

07.08.2023 г.

Изготвил рецензията:

доц. д-р Кирил Стоянов

ИА с НАО, БАН