

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии PhD по специальности «6D061100 – Физика и астрономия»

Жексебай Даурен Мурзатулы

Радиоастрономические характеристики молекулярных облаков и образования звезд

Общая характеристика работы

Настоящая работа посвящена изучению молекулярных оттоков, связанных с образованием массивных звезд. Струйки были выбраны из наблюдений с высоким разрешением (COHERS), имеющие относительно сильные выбросы CO (3–2) из обзора галактики с большой областью покрытия при помощи телескопа APEX. Идентификация оттока среди исходных образцов в основном осуществлялась путем поиска линейных крыльев в спектрах CO (3-2) и PV диаграммах, с разрезом по галактической широте и долготе.

Актуальность темы

Звездообразование – сложный процесс, включающий коллапс и аккрецию вещества на протозвездные объекты, а также потерю массы звездообразующей системой в виде биполярных оттоков. Механизм запуска молекулярных оттоков важен для понимания природы массивного звездообразования. Истечение в новых звездах передает импульс и энергию окружающему молекулярному облаку на расстояниях от нескольких а.е. до десятков пк. В 1976 году в области звездообразования Ориона KL был обнаружен первый, подобный молекулярный отток. За последние ~ 40 лет количество оттоков малой массы значительно увеличилось, что привело к появлению нескольких различных моделей объясняющих их природу. Однако количество наблюдений, связанных с образованием массивных звезд, относительно невелико. Учитывая, что процессы массивного звездообразования все еще активно обсуждаются, необходимо произвести поиски более массивных истечений и детальное их изучение.

Молекулярные оттоки – эффективный инструмент для улучшения нашего понимания процессов образования звезд всех масс, особенно звезд с большой массой. Для маломассивных звезд биполярные оттоки, вызванные аккреционными дисками, являются основными строительными блоками процесса формирования, подтвержденными теоретическими моделями и наблюдениями. Тем не менее, процесс образования массивных звезд все еще вызывает много споров.

Систематические исследования истечений, связанных с массивным звездообразованием начались намного позже, чем исследования маломассивных процессов. Поиск крыльев CO (1–0) в направлении 122

массивных областей звездообразования (MSF) показал, что 90% из них расположены на крыльях средней и высокой скорости. Картирование CO (1–0) в 10 регионах MSF выявило пять массовых оттоков. Более позднее исследование линии CO (2–1) у 69 массивных протозвездных кандидатов также показало, что высокоскоростной газ является общей чертой массивных молодых звездных объектов. Биполярный отток выявлен в 21 из 26 источников. Эти исследования показывают, что оттоки с большими массами намного энергичнее, чем оттоки с низкой массой. Коллимационные факторы массивных и маломассивных оттоков существенно не отличаются. В исследованиях, связанных с метанольными мазерами с частотой 6.7 ГГц, было обнаружено, что оттоки с большой массой подчиняются тому же закону масштабирования между активностью оттока и массами сгустков, что и для объектов с малой массой. Это указывает на общность процессов образования маломассивных и массивных звезд. Представленные оттоки являются достаточно мощными, чтобы вызывать турбулентность в окружающей среде, но при этом не вносят значительного вклада в турбулентность всего облака.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что требуется тщательное изучение молекулярных оттоков, связанных с массивным звездообразованием.

Традиционные методы поиска оттока обычно основаны на эталонных источниках известной активности звездообразования из других наблюдений. Инфракрасные источники использовались как индикаторы молекулярного оттока. Беспристрастный крупномасштабный поиск молекулярного оттока стал возможным в последнее десятилетие благодаря большому набору данных, полученных в результате серии исследований молекулярных линий с угловым разрешением в arcmin.

Однако, идентификации выполненные вручную занимают много времени, иногда невозпроизводимы и включают субъективные факторы, например то, как люди воспринимают изображение. Существует ограниченное количество попыток реализовать компьютерные методы поиска оттока. В последние годы алгоритмы машинного обучения получили широкое распространение в области распознавания образов благодаря своей простоте и точности. Опираясь на набор заранее обозначенных шаблонов, а не на фиксированные критерии, они были бы идеальными инструментами для выявления образов, таких как отток, которые трудно определить явно.

Сегодня, использование методов машинного обучения при анализе наборов астрофизических данных растет. Эти методы, позволяющие обрабатывать большие объемы данных за короткий промежуток времени, делают машинное обучение еще более привлекательным. Благодаря постоянному потоку инноваций в области машинного обучения его приложения в астрономии демонстрируют огромный потенциал. Этот новый метод анализа данных требует другого взгляда на астрономические проблемы, разработки новых представлений о данных и активного сотрудничества с исследователями в области компьютерных наук, инженерии и смежных областей.

Методы машинного обучения предоставляют многообещающий способ абстрагироваться от процесса идентификации и классификации по мере необходимости. Алгоритмы, определяющие эти методы, основаны на данных и предназначены для изучения взаимосвязи между контролируемыми и желаемыми параметрами без использования параметрических физических моделей. По мере того, как больше информации становится доступным, а качество и размер набора данных улучшаются, машинное обучение может улучшить свои «знания» и моделировать набор данных, делая более точные прогнозы. Кроме того, в отличие от человеческого подхода, модели машинного обучения могут быстро и автоматически предсказывать новые данные с помощью процесса масштабирования.

Целью работы является выявление крупных оттоков и их исследование, для понимания природы формирования массивных звезд.

Задачи исследования

1. Определить оттоки между исходными образцами, проверив линейные крылья спектров CO (3-2) и PV диаграмм с разрезом по галактической широте и долготе.
2. Рассчитать физические параметры оттоков.
3. Сравнить параметры истечения со свойствами сгустка и установление физических значений этих параметров.

Объекты исследования: Сгустки с относительно сильными выбросами CO (3-2) из каталога ATLASGAL.

Предмет исследования: закономерности явлений, происходящих в молекулярных оттоках.

Метод исследования

Для анализа радиоастрономических сигналов в данной диссертации используются методы комплексного анализа. Компьютерный анализ проводился с использованием программ Gildas и Python.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Анализ PV диаграмм (положение-скорость), построенные по данным COHRS, показывают наличие 157 новых сгустков звездообразования с массивными оттоками ($M_{clump} > 13M_{\odot}$) на участке Галактики $10^{\circ} < l < 55^{\circ}$ и $|b| \leq 0.5^{\circ}$.

2. На продвинутых стадиях звездообразования (MSF с областью H II) сгустки имеют высокие значения физических параметров ($M_{clump} > 2.5 \times 10^3 M_{\odot}$, $L_{bol} > 3.0 \times 10^5 L_{\odot}$, $T_{dust} > 20K$, $N_{H_2} > 10^{22.4} cm^{-2}$), а также высокий темп истечения вещества ($\dot{M}_{out} > 3.2 \times 10^{-3} M_{\odot} yr^{-1}$).

3. Механическая сила, определенная анализом спектров интенсивности молекул CO (3-2), в массивных сгустках растет с увеличением светимости аналогично сгусткам с малой массой, что соответствует линейной аппроксимации в логарифмическом масштабе ($\lg(F_{out}) = -4.90 + 0.70\lg(L_{bol})$).

Научная новизна работы заключается в том, что впервые

1. В общей сложности было идентифицировано 157 оттоков большой массы в полной выборке с уровнем обнаружения 20%, а свойства 84 оттоков с четко определенными биполярными оттоками и надежными расстояниями были рассчитаны.

2. Оттоки были идентифицированы в 5 неподвижных сгустках (5/19 или 26%), в 7 протозвездных сгустках (7/93 или 8%), в 67 сгустках YSO (67/386 или 17%) и в 78 сгустках MSF (78 / 269 или 29%) соответственно. Вероятность обнаружения неподвижных сгустков 26% является предварительным из-за небольшого размера выборки.

3. Статистическая связь между массой оттока и массами сгустков для нашей выборки имеет вид $\lg(M_{out}/M_{\odot}) = (-1.1 \pm 0.21) + (0.9 \pm 0.07)\lg(M_{clump}/M_{\odot})$.

Теоретическая и практическая значимость работы

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы для изучения процессов образования массивных звезд и понимания механизма их образования.

Личный вклад автора

Автор диссертации участвовал в обработке и анализе спектральных данных в Синьцзянской Астрономической Обсерватории (Xinjiang Astronomical Observatory (XAO), Chinese Academy of Sciences – г. Урумчи, КНР).

Результаты анализа получены кандидатом самостоятельно. Совместно с научными консультантами были поставлены задачи исследования и обсуждены результаты.

Достоверность результатов

Достоверность научных выводов работы подтверждается совпадением теоретических моделей, а также выводов об объектах исследования, полученные другими авторами в данной области.

Апробация работы

Основные результаты, содержащиеся в диссертации, были опубликованы в 7 научных работах, из них:

Статьи с высоким импакт-фактором по базе данных Thomson Reuters или в изданиях, входящих в международную научную базу данных Scopus:

1. Li Q., Zhou J., Esimbek J., He Y., Baan W.A., Li D., Wu G., Tang X., Ji W., Zhexeray D. High-mass Outflows Identified from COHRS CO (3–2) Survey // The Astrophysical Journal. – 2018. – Vol. 867, № 2. – P. 167.

Статьи в изданиях, рекомендуемых КОКСОН образования и науки МОН РК:

1. Жексебай Д.М., Хохлов С.А., Әсілхан Ә.Д., Хохлов А.А. Машиналық оқытудың (machine learning) көмегімен молекулалық бұлттарды және жұлдыздардың қалыптасуын жіктеу // Вестник КазНУ. – 2020. – Т. 139, № 3. – С. 142-149.

2. Жексебай Д.М., Хохлов С.А., Кожажулов Е.Т. Прогнозирования параметров и классификация молекулярного оттока с помощью сверточных нейронных сетей //Recent Contributions to Physics. – 2020. – Vol. 75, № 4. – С. 88-95.

3. Kozhagulov Y.T. , Zhexebay D.M., Sarmanbetov S.A., Sagatbayeva A.A., Zholdas D. Comparative analysis of object detection processing speed on the basis of neuroprocessors and neuroaccelerators //Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2020. – Vol. 332, № 4. – P. 61-67.

Публикации в сборниках тезисов докладов:

1. Zhanabaev Z.Zh., Kozhagulov Y.T., Khokhlov S.A., Ibraimov M.K., Zhexebay D.M., Agishev A.T. Commercialization of Studies of Neural Network Integrated Circuits //«Қоғамдық сананы жаңғыртудағы жоғары оқу орнының ролі: «Университет 4.0 моделіне көшу» атты 48-ші ғылыми-әдістемелік конференциясының материалдары, 2018. – Т. 18. – С. 216.

2. Жексебай Д.М., Сарманбетов С.А., Агишев А.Т. Биометрическая система на основе нейронных сетей для учета рабочего времени //Международная научная конференция студентов и молодых ученых, «ФАРАБИ ӘЛЕМІ», 2019. – С. 254.

3. Sagatbayeva A.A., Aitu B., Kanishuly I., Zhexebay D. Deep neural networks for object detection //Международная научная конференция студентов и молодых ученых, «ФАРАБИ ӘЛЕМІ», 2019. – С. 283.

Свидетельства об авторских правах:

1. Кожажулов Е.Т., Ибраимов М.К., Хохлов С.А., Жексебай Д.М., Сарманбетов С.А. FarabiVision 1 – Биометрическая система для учета рабочего времени по идентификаций лица //Авторское свидетельство, 2019. № 1464.

2. Агишев А.Т., Хохлов С.А., Кожажулов Е.Т., Сарманбетов С.А., Жексебай Д.М., Ибраимов М.К. KITC STAT – Система для подсчета посетителей и видеоаналитики //Авторское свидетельство, 2019. № 5461.

Связь темы диссертации с планами научных работ

Разработанные в диссертационной работе методы применяются в рамках реализации проекта КН МОН РК «Стимулирование продуктивных инноваций» по теме: «Машинное зрение на основе адаптируемой самоорганизующейся нейронной сети», в соответствии с планами научно-исследовательских работ.

Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и одного приложения. Работа изложена на 124 страницах машинописного текста, иллюстрируется 41 рисунками, приведено 2 формул и 5 таблицы. Список использованных источников содержит 211 наименований.