

МЕТОД МНОЖЕСТВА ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ КОСМОСА СОГЛАСНО ТЕОРИИ ГИПЕРВСЕЛЕННОЙ

© 2022 Хачатуров Р.В.

Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление» РАН, Москва, Россия

В статье рассматривается метод Множества Эквивалентности, который является универсальным методом решения задач многокритериальной оптимизации и решения некорректных обратных задач математической физики и других наук. В статье описаны возможности применения этого метода в сочетании с математическим моделированием при комплексном освоении космического пространства. Обоснована необходимость объединения человечества для космических исследований с широким применением математических методов решения различных возникающих при этом задач, в том числе многокритериальной оптимизации и обратных задач. Описана математическая модель и основанная на ней теория Гипервселенной, с помощью которой были получены законы периодического изменения радиуса, скорости и ускорения расширения/сжатия нашей Вселенной в процессе её движения по четырёхмерной гиперповерхности пятимерного тора Гипервселенной, объяснена природа Гравитации, обосновано предположение трёхмерности и замкнутости Времени. Показано, что метод Множества Эквивалентности в псевдометрическом пространстве критериев является обобщением метода регуляризации Тихонова решения некорректно заданных задач.

Ключевые слова: теория Гипервселенной, метод Множества Эквивалентности, многокритериальные задачи, освоение космического пространства, комбинаторная оптимизация, обратные некорректные задачи, регуляризация.

По мере развития цивилизации, Человечеству становится всё теснее на нашей прекрасной, но очень маленькой планетке — фактически пылинке, несущейся на огромной скорости по спиралевидной траектории вслед за нашей маленькой звездой по имени Солнце вокруг центра нашей Галактики — Млечного Пути. Для справки, скорость движения Земли по её орбите вокруг Солнца составляет около 30 км/с, скорость движения Солнца вокруг центра нашей Галактики по последним данным составляет 240–250 км/с. Таким образом, суммарная скорость движения нашей планеты по её спиралевидной траектории вокруг центра нашей Галактики составляет 270–280 км/с.

Как говорил ещё К.Э. Циолковский: «Земля — колыбель Человечества, но нельзя вечно жить в колыбели». Бесконечные войны и конфликты будут продолжаться до тех пор, пока человечество не осознает необходимость

объединения в единую цивилизацию землян, начав активное изучение и освоение космического пространства. Только этот путь может уберечь человечество от гибели, даст возможность подготовиться к разного рода неизбежным космическим катастрофам (таким как, например, столкновения Земли с крупными астероидами), объединит всех людей для решения важных и интересных задач. Для их постановки и решения очень важно иметь правильную общую картину окружающего нас мира, который предстоит изучать и осваивать всему Человечеству в будущем, космологическую теорию, способную правильно и гармонично объяснить все наблюдаемые астрономические и астрофизические явления и процессы. Такой теорией является теория Гипервселенной, основные положения которой будут представлены в данной работе.

При будущем освоении космического пространства особенно важное значение получит применение математического

моделирования различных физических, химических и других процессов [1–5], информационных технологий, а также математических методов оптимального размещения, распределения, функционирования космических станций, предприятий, других объектов космической инфраструктуры, связей и путей сообщения между ними (логистики) и решения разнообразных возникающих при этом прямых и обратных задач [1–5]. Примером такого универсального метода для решения любых многокритериальных оптимизационных задач на различных типах решёток и обратных задач математической физики [1–4] является метод Множества Эквивалентности (обобщающий метод регуляризации Тихонова [6] для некорректных задач в псевдометрическом пространстве критериев), который будет кратко описан в этой статье.

Ниже предложены восемь основных возможных этапов освоения космического пространства, которое может стать общей целью развития человеческой цивилизации, способной объединить землян.

1. Освоение Земли и ближайшего космоса (околоземного пространства).

2. Активное освоение Луны, как первой ступени к другим планетам.

3. Активное освоение планет и других объектов Солнечной системы.

4. Полёты к ближайшим звёздам и их планетам.

5. Освоение всей нашей Галактики — Млечного Пути.

6. Полёты в другие соседние Галактики.

7. Путешествия к дальним Галактикам, освоение всей нашей Вселенной.

8. Выход за пределы нашей Вселенной, из нашего пространственно-временного континуума. Путешествия в другие Миры и Вселенные.

Последний восьмой пункт может показаться научно-фантастическим, но теория Гипервселенной описывает не только нашу Вселенную, но и параллельные ей, даёт чёткое представление, где они находятся и как связаны между собой.

На следующем рисунке представлена крупномасштабная структура нашей Вселенной, полученная по результатам многочисленных астрономических наблюдений в широком диапазоне частот [7].

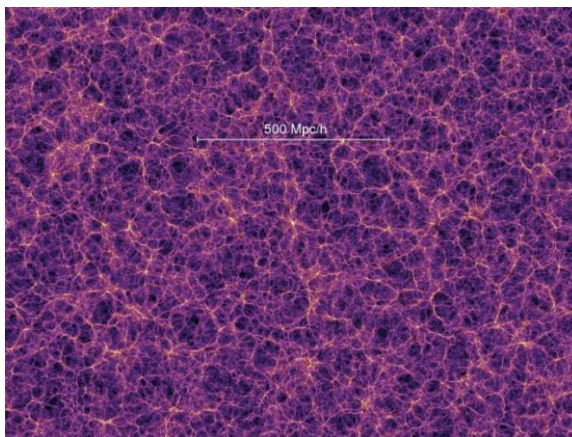


Рисунок 1 – Крупномасштабная структура Вселенной

Так как $500 \text{ Mpc/h} \approx 2.33$ миллиарда световых лет, то расстояние от левого до правого края рисунка 1 соответствует примерно 7 миллиардам световых лет.

Видно, что наша Вселенная имеет объёмную ячеистую структуру, которую трудно объяснить в рамках теории

«Большого Взрыва» (и её многочисленных ответвлений), утверждающей, что всё произошло из абсолютно однородной сингулярности, которая неизвестно откуда взялась и по неизвестным причинам взорвалась.

В соответствии с теорией Гипервселенной наша Вселенная представляет собой расширяющуюся (по закону Хаббла и в настоящий момент с дополнительным положительным ускорением [7-10]) трёхмерную гиперповерхность четырёхмерного шара (гиперсферу) радиусом около 10

миллиардов световых лет и объёмом, соответственно, $W_U = W_S = 2\pi^2 R^2 \approx 20000$ (млрд. св. лет), (1) а Гипервселенная — вращающийся пятимерный тор, по которому движется наша Вселенная, периодически изменяя свой размер, как это показано на рисунке 2.

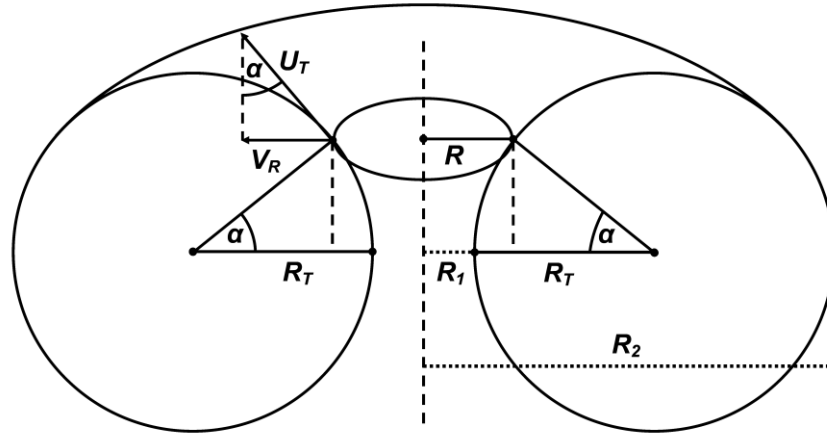


Рисунок 2 –Трёхмерная схема пятимерного тора Гипервселенной в разрезе

Для облегчения восприятия на рис. 2 редуцированы две пространственные координаты, поэтому наша Вселенная и параллельные ей предстают на нём в виде окружностей. Поверхность тора Гипервселенной вращается, выворачиваясь изнутри наружу и обратно, как показано на рисунке 2. При этом каждая из окружностей-Вселенных, двигаясь по поверхности тора, циклически увеличивает и уменьшает свой радиус. Период расширения плавно переходит в период сжатия и так далее. Важно отметить, что при этом параллельные Вселенные большего радиуса, уже начавшие сжиматься, не будут сталкиваться с Вселенными меньшего радиуса, продолжающими расширяться (рис. 2). Радиус кривизны Вселенной никогда не станет равным нулю: минимальное его значение будет равно внутреннему радиусу тора, а максимальное — внешнему.

В результате проведённых теоретических исследований, основанных на современных астрономических и астрофизических данных [7-10], были

определены приблизительные размеры пятимерного тора Гипервселенной (рис. 2).

На рисунке 2 используются следующие обозначения:

R_1, R_2 — внутренний и внешний радиусы тора Гипервселенной

$$R_1 = R - R_T (1 - \cos \alpha) \approx 4,7 (\text{млрд. свет. лет}) \quad (2)$$

$$R_2 = R_1 + 2R_T \approx 44,7 (\text{млрд. свет. лет})$$

где

$R_T \approx 20$ (млрд. свет. лет) — радиус тела тора Гипервселенной,

$R \approx 10$ (млрд. свет. лет) — радиус кривизны нашей Вселенной в настоящий момент времени,

V_R — скорость изменения радиуса Вселенной,

$U_T \approx C$ — линейная скорость движения Вселенной по четырёхмерной гиперповерхности пятимерного тора Гипервселенной,

C — скорость света в вакууме,

$\alpha \approx 0,73$ радиан ≈ 42 градуса — угол поворота поверхности тора от начала

периода расширения нашей Вселенной (рис. 2, 3).

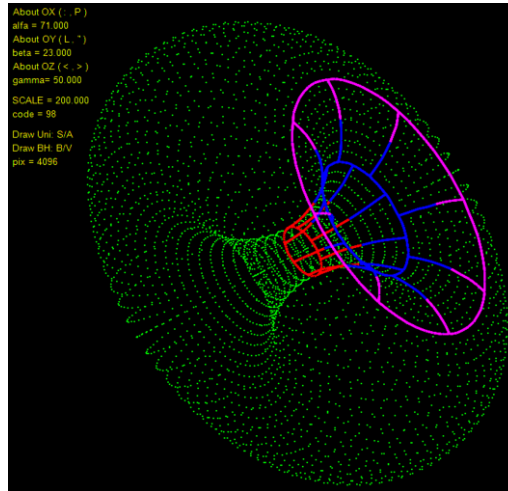


Рисунок 3 – Кадр из компьютерной программы, иллюстрирующей процесс циклического движения связанных между собой Чёрными Дырами параллельных Вселенных по пятимерному тору Гипервселенной

Теория Гипервселенной, кроме прочего, объясняет, где и как могут располагаться соседние, параллельные Вселенные. Как показано на рисунках 2 и 3, они могут быть представлены в виде параллельных окружностей на поверхности тора, следующих за и перед окружностью нашей Вселенной по углу α . Период обращения составляет около 125 миллиардов лет ($2\pi R_T/C$). Остаётся только вернуть редуцированные нами (для облегчения восприятия модели) две пространственные координаты, чтобы окончательно получить математическую модель нашей Гипервселенной в виде пятимерного тора с циклическидвигающимися по нему параллельными Вселенными — трёхмерными гиперповерхностями соответствующих четырёхмерных шаров разного радиуса. Обмен материей и энергией между ними происходит через связывающие их Чёрные Дыры, как это показано на рисунке 3.

Получены следующие законы периодического изменения радиуса, скорости и ускорения расширения/сжатия нашей Вселенной в процессе её движения по четырёхмерной гиперповерхности пятимерного тора Гипервселенной:

$$R(t) = R_l + R_T (1 - \cos \alpha) = R_l + R_T \left(1 - \cos \left(t \cdot \frac{C}{R_T} \right) \right), \quad (3)$$

$$V_R(t) = C \sin(\alpha) = C \sin \left(t \cdot \frac{C}{R_T} \right),$$

$$A_R(t) = C \omega_T \cos(\alpha) = \frac{C^2}{R_T} \cos \left(t \cdot \frac{C}{R_T} \right).$$

Исходя из этих законов и полученных значений параметров пятимерного тора Гипервселенной, можно подсчитать значение ускорения расширения Вселенной для расстояний равных радиусу кривизны нашей Вселенной ($R_0 \approx 10$ млрд. свет. лет) в настоящий момент времени

$$A_{R_0} = \frac{C^2}{R_T} \cos(\alpha_0) \approx 5 \times 10^{-10} \times 0,745 = 3,725 \times 10^{-10} \quad (м/с^2). \quad (4)$$

Это теоретически полученное значение соответствует самым современным данным астрофизических измерений.

Положительное ускорение расширения Вселенной было впервые обнаружено и измерено астрофизиками Perlmutter S., Schmidt B. P., Riess A. G. За это открытие в 2011 году им была присуждена Нобелевская премия. Теоретически вычисленное по законам теории Гипервселенной ускорение расширения

Вселенной A_{R_0} с высокой точностью совпало с их экспериментальными данными [8-10].

Суть метода Множества Эквивалентности метода заключается в том, что для каждого из n критериев ($n \geq 2$) определяются не только оптимальные решения, но и множество решений, близких к оптимальному (т.е. отличающихся от оптимального значения не более, чем на заданное число $R_j \geq 0$, $j = 1, 2, \dots, n$, которое называется допуском по данному критерию), а затем ищется пересечение этих n множеств, которое и называется Множеством Эквивалентности.

Обозначим через $S = \{1, 2, \dots, n\}$ множество всех критериев $E_j(X) \in S$, $X \in D$, где D — область определения задачи. Для каждого $j \in S$ определяем множество $\Omega_j(R_j)$, которое является множеством всех оптимальных и близких к оптимальному решений по критерию $E_j(X) \in S$. Затем находим следующим образом Множество Эквивалентности, как пересечение полученных множеств по всем критериям:

$$\Omega_0(R_1, \dots, R_n) = \bigcap_{j \in S} \Omega_j(R_j).$$

Обозначим число элементов множества $\Omega_0(R_1, \dots, R_n)$ через r , $r \geq 0$. Возможны два случая:

1) $\Omega_0(R_1, \dots, R_n) \neq \emptyset$, т.е. $r > 0$. В этом случае в качестве решения задачи может быть взято любое значение $X \in \Omega_0(R_1, \dots, R_n)$, при этом оценка точности решения по каждому критерию $E_j \in S$ будет определяться компонентами вектора $(R_1, \dots, R_n)$.

2) $\Omega_0(R_1, \dots, R_n) = \emptyset$, т.е. $r = 0$. В этом случае надо изменить одно или несколько значений R_j , повторить расчёты по определению новых множеств $\Omega_j(R_j)$ и получить соответствующее им множество эквивалентности $\Omega_0(R_1, \dots, R_n)$.

Любое решение из полученного Множества Эквивалентности $\Omega_0(R_1, \dots, R_n)$ удовлетворяет всем формализованным критериям и может быть принято экспертом в качестве окончательного решения.

В работах [1-5] указаны методы получения заведомо не пустого множества эквивалентности $\Omega_0(R_1, \dots, R_n)$, доказано, что это множество всегда содержит хотя бы один элемент из соответствующего множества оптимальных по Парето решений, описаны преимущества метода Множества Эквивалентности по сравнению с другими методами дискретной оптимизации. Например, описанный метод не имеет недостатка метода нахождения множества оптимальных по Парето решений, поскольку при добавлении дополнительного критерия множество эквивалентности никогда не растёт, а наоборот, как правило, сужается (рис. 5).

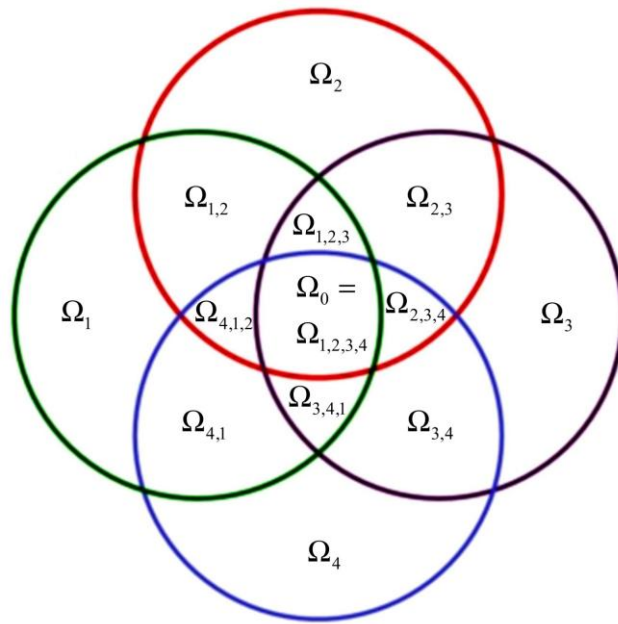


Рисунок 5 – Иллюстрация нахождения и сужения множества эквивалентности $\Omega_0(R_1, \dots, R_n)$ при увеличении количества критериев для $n = 4$

Методы, определяющие $\Omega_0(R_1, \dots, R_n) \neq \emptyset$, являются методами регуляризации [6] для некорректных задач в псевдометрическом пространстве (даже при наличии неформализованных критериев), а решение $X \in \Omega_0(R_1, \dots, R_n)$ — решением такой некорректной задачи.

В самом деле, наличие нескольких формализованных критериев $E_j(X)$, $X \in D$, позволяет на множестве D определить n функций расстояния между двумя элементами $X' \in D$ и $X'' \in D$:

$$R_j(X', X'') = |E_j(X') - E_j(X'')|, \quad j \in S = \{1, 2, \dots, n\}.$$

Эти функции обладают следующими свойствами:

$$R_j(X, X) = 0, \quad R_j(X, Y) \geq 0, \quad R_j(X, Y) = R_j(Y, X), \\ R_j(X, Y) + R_j(Y, Z) \geq R_j(X, Z), \quad j \in S, \quad X, Y, Z \in D.$$

Введённые нами функции являются псевдометриками, а множество D с такой метрикой называется псевдометрическим пространством (так как условие

$R_j(X, Y) = 0$ может выполняться также и для некоторых $X \neq Y$).

Из определения множества эквивалентности

$$\Omega_0(R_1, \dots, R_n) = \bigcap_{j \in S} \Omega_j(R_j) \subset D$$

следует, что для любых элементов $X, Y \in \Omega_0(R_1, \dots, R_n)$ будет выполняться условия типа Тихоновских условий для устойчивых задач [6]:

$$R_j(X, Y) \leq R_j, \quad j \in S.$$

То есть расстояние $R_j(X, Y)$ между любыми двумя элементами $X, Y \in \Omega_0(R_1, \dots, R_n) \subset D$ не превосходит заранее заданной величины R_j .

Следовательно, метод множества эквивалентности $\Omega_0(R_1, \dots, R_n)$ является методом, обобщающим метод регуляризации Тихонова [6] для некорректных задач, так как позволяет отказаться от метричности пространства D .

Описанный метод «множества эквивалентности» можно аналогичным образом применять для решения различных

обратных задач в естественных науках [1–5] и многокритериальных задач дискретной оптимизации, заданных на различных типах решёток, в том числе, и на новом типе решёток — решётке кубов.

Представленная в этой работе математическая модель и основанная на ней теория Гипервселенной дают общее и при этом математически точное представление о бесконечной красоте и гармоничном устройстве окружающего нас огромного мира. Такое представление необходимо для осознания грандиозности цели, к которой может идти Человечество, направив свои совместные усилия на исследование и освоение окружающего нас космического пространства. В случае

достижения Человечеством 7-8 этапов этого освоения, описанных во введении к этой статье, понадобятся и конкретные знания о топологической форме, структуре и параметрах нашей Вселённой и Гипервселенной, которые даёт теория Гипервселенной. Однако, чтобы добраться до этих этапов, необходимо решить большое количество разнообразных задач, о которых было написано во введении к этой работе. Для решения многих из них (в частности, многокритериальной оптимизации, логистики, некорректных обратных задач) целесообразно использовать метод Множества Эквивалентности, также представленный в данной работе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хачатуров Р.В. Математическое моделирование и методы определения параметров многослойных наноструктур по угловому спектру интенсивности отражённого рентгеновского излучения // Математическое моделирование композиционных объектов. - М.: Вычислительный центр РАН, 2007. - С.115-130.
2. Хачатуров Р.В. Прямая и обратная задачи определения параметров многослойных наноструктур по угловому спектру интенсивности отраженного рентгеновского излучения // Журнал вычислительной математики и математической физики. - 2009. - Т.49. - № 10. - С.1860-1867.
3. Хачатуров Р.В. Прямая и обратная задачи исследования свойств многослойных наноструктур по двумерной математической модели отражения и рассеяния рентгеновского излучения // Журнал вычислительной математики и математической физики. - 2014. - Т.54. № 6. - С.977-987.
4. Хачатуров Р.В. Прямая и обратная задачи исследования процесса самофокусировки рентгеновских импульсов в плазме // Журнал вычислительной математики и математической физики. - 2020. - Т.60. - № 2. - С.323-337.
5. Андреев А.В., Хачатуров Р.В. Самофокусировка импульсного рентгеновского излучения в плазме // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. - 1995. - Т.36. № 3. - С.25-33.
6. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979.
7. Springel V., Simon D.M., Jenkins A. et al. Simulating the joint evolution of quasars, galaxies and their large-scale distribution // Astro-physics. - 2005. - Vol. 2. - 42 p.
8. Perlmutter S. Nobel Lecture: Measuring the acceleration of the cosmic expansion using supernovae // Rev. Mod. Phys. - 2012. - Vol. 84. - P. 1127-1149.
9. Riess A.G., Raccanelli A. et al. Did LIGO Detect Dark Matter? // Physical Review Letters. - 2016. - Vol. 116. – Pp. 201301.
10. Schmidt B. P., Schommer R. A. et al. UBVRIz light curves of 51 type ii supernovae // The Astronomical Journal. - 2016. - Vol. 151:33. - 25 p.

THE EQUIVALENCE SET METHOD AND MATHEMATICAL MODELING IN INTEGRATED EXPLORATION OF OUTER SPACE ACCORDING TO THE HYPERUNIVERSE THEORY

© 2022 Khachaturov R.V.

Federal Research Center «Computer Science and Control» of RAS, Moscow, Russia

The Equivalence Set method is a universal method for solving problems of multiobjective optimization and solving ill-posed inverse problems of mathematical physics and other sciences. The article describes the possibilities of using this method in combination with mathematical modeling in the integrated exploration of outer space. The necessity of uniting mankind for space research with the wide use of mathematical methods for solving various problems arising in this case, including multicriterial optimization and inverse problems, is substantiated. A mathematical model and the Hyperuniverse theory based on it are described, with the help of which the laws of periodic change in the radius, speed and acceleration of the expansion/contraction of our Universe in the process of its movement along the four-dimensional hypersurface of the five-dimensional torus of the Hyperuniverse were obtained, the nature of Gravity was explained, the assumption of three-dimensionality and the closure of Time was substantiated. It is shown that the Equivalence Set method in the pseudometric space of criteria is a generalization of the Tikhonov regularization method for solving ill-posed problems.

Keywords: Hyperuniverse theory, Equivalence Set method, multicriterial problems, outer space exploration, combinatorial optimization, inverse ill-posed problems, regularization.