

RASTALL GRAVITATSIYASIDA AKSIAL-SIMMETRIK QORA O'RANING OPTIK XUSUSIYATLARI

Xudoyberdiyeva Malika Karomat qizi

O'zbekiston Milliy Universiteti

Fizika fakulteti katta o'qituvchisi, PhD

E-mail: xudoyberdiyeva94@inbox.ru

Annotatsiya: Ushbu maqolada Rastall gravitatsiya nazariyasining zaryadlangan va aylanuvchi NUT Kiselyov (CRNK) qora o'raning optik xususiyatlarini o'rganishga bag'ishlangan. Rastall gravitatsiya kuchida CRNK qora o'raning fazo vaqtidagi fotonlarning harakatini o'rganib, gravitatsion ob'yektivlashtirish tufayli fotonni kesish burchagi asosan NUT zaryadiga, holat parametrining kvintessensa tenglamasiga va kvintessensiya intensivligiga bog'liqligini ko'rsatamiz.

Kalit so'zlar: qora tuynuklar, Kerra-Taub-NUT, CRNK qora o'ra, tortishish maydoni, NUT-Kiselev.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ЧЕРНОЙ ДВЕРИ В РАСТАЛЬНОЙ ГРАВИТАЦИИ

Худойбердыева Малика Каромат кизи

Национальный университет Узбекистана, доктор философии

E-mail: xudoyberdiyeva94@inbox.ru

Аннотация: Данная статья посвящена исследованию оптических свойств заряженной и вращающейся черной дыры НУТ Киселева (CRNK) теории гравитации Расталла. Изучая движение фотонов в пространстве-времени черной дыры CRNK в гравитационной силе Расталла, мы показываем, что угол отсечки фотонов из-за гравитационной объективации в основном

зависит от заряда NUT, уравнения квинтэссенции параметра состояния и интенсивность квинтэссенции.

Ключевые слова: _черные дыры, Керра-Тауб-НУТ, черная дыра CRNK, гравитационное поле, НУТ-Киселев

OPTICAL PROPERTIES OF AXIAL-SYMMETRIC BLACK DOOR IN RASTALL GRAVITATION

Khudoyberdieva Malika Karomat qizi

National University of Uzbekistan, PhD

E-mail: xudoyberdiyeva94@inbox.ru

Abstract: This article is devoted to the study of the optical properties of the charged and rotating NUT Kiselyov (CRNK) black hole of the Rastall theory of gravity. By studying the motion of photons in the space-time of the CRNK black hole in the Rastall gravitational force, we show that the photon cut-off angle due to gravitational objectification mainly depends on the NUT charge, the quintessence equation of state parameter, and the quintessence intensity.

Keywords: black holes, Kerra-Taub-NUT, CRNK black hole, gravitational field, NUT-Kiselev.

I. Kirish

Umumiy nisbiylik nazariyasida energiya impuls tenzorining saqlanish qonunini ifodalovchi tenglama keltirib chiqarilmagan balki maxsus nisbiylik nazariyasida to'g'ri bo'lgan tenglama umumiy nisbiylik nazariyasida ham o'rinli bo'lishi kerak degan faraz ishlatilgan, hech qanday isbotsiz. Rastall shu qismiga e'tibor qaratib umumiy holda boshqacha bo'lishi mumkinligidan foydalangan. Demak Rastall gravitatsiyasi umumiy nisbiylik nazariyasining sal kengaytirilgan

to'liqroq varianti. GR gravitatsiyaning istiqbolli nazariyasi bo'lib, u allaqachon ba'zi kuzatuv sinovlaridan o'tgan, jumladan, gravitatsiya manbalari tomonidan yorug'likni yo'qotish va qora o'ralarning ikkilik tizimidan tortishish to'lqinlarini yaratish [1]. Egri fonda gravitatsiya va koinotning tezlashgan kengayishi kabi GR nuqtai nazaridan yaxshi tushuntirib bo'lmaydigan sirlar hali ham mavjud. Shuning uchun ham yaxshi qabul qilingan tortishish nazariyasi uchun muqobil yondashuvlar taklif qilingan [3]. Bunday takliflardan biri Rastallning gravitatsiya nazariyasi bo'lib, u GRning modifikatsiyasi bo'lib, materiya maydoni geometriya bilan minimal bog'liq emas [4].

Faqat massa va spin bilan aniqlanishi mumkin bo'lgan va shuning uchun qora o'raning sochsiz teoremasiga bo'ysunadigan Kerr qora o'rani astrofizik qora o'ra uchun hisoblash kerak. Biroq, buning uchun to'g'ridan-to'g'ri dalil yo'q va hozirgacha olib borilgan astrofizik kuzatuvlar astrofizik qora o'rani Kerr ko'rsatkichi orqali aniq tasvirlash mumkinligini isbotlay olmadi. Shuning uchun, GRdan tashqari tortishish nazariyalarida aylanadigan qora o'ralar bo'shliqlarining turli xususiyatlarini o'rganish tadqiqotning muhim yo'nalishi hisoblanadi. Rastallning gravitatsiya nazariyasidagi zaryadlangan va zaryadsiz aylanuvchi qora o'ralar yaqin orada adabiyotlarda muhokama qilingan. EHT hamkorligida M87* qora o'ra tasvirining yaqinda kuzatilishi kuchli maydon rejimida tortishish xususiyatlarini sinash, shuningdek, qora o'raning sochsiz teoremasi gipotezasini sinab ko'rish vositasini taqdim etadi. Biroq, M87*ning soyasi Kerr qora o'raning soyasiga deyarli mos keladi, ammo turli xil o'zgartirilgan tortishish nazariyalaridan kelib chiqqan Kerr qora o'raga nisbatan GR yechimlaridan og'ishlar hali ham ko'rib o'rganilmoqda. Shu munosabat bilan, Rastallning tortishish nazariyasi kuchli maydon rejimida GR nazariyasidan ma'lum bir og'ishlarga ega ekanligini hisobga olish kerak. Ushbu kuzatishlardan holda, biz ushbu ishda Rastall gravitatsiya kuchida CRNK qora o'raning optik xususiyatlarini o'rganamiz. Rastall gravitatsiyasida CRNK qora o'ra fazo-vaqt ko'rsatkichi quyidagi shaklga ega va Matematika RGTC to'plami yordamida Rastall (o'zgartirilgan Eynshteyn) maydon tenglamalariga yechim sifatida tekshirilishi mumkin.

$$ds^2 = \frac{-\Delta}{\Sigma} dt^2 + \Sigma d\theta^2 + \frac{\Sigma}{\Delta} dr^2 + \frac{2a\Delta}{\Sigma} dt d\phi + \frac{a^2 \sin^2 \theta}{\Sigma} d\phi^2 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta &= r^2 - 2Mr + a^2 + e^2 + g^2 - l^2 - \alpha r^\nu \\ \nu &= \frac{1 - 3\omega}{1 - 3k\lambda(1 + \omega)} \\ \Sigma &= r^2 + (l + a \cos \theta)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Rastall gravitatsiyasida CRNK qora o'ralari uchun yechim yettita parametrni o'z ichiga oladi, bu erda M - umumiy massa va a qora o'raning maxsus burchak momentidir. Rastall gravitatsiyasi CRNK qora o'ra fazo-vaqt metrikasiga kiritilgan boshqa parametrlar quyidagilardan iborat:

l - NUT parametri, α - kvintessensiyaviy intensivlik, $k\lambda$ - Rastall gravitatsiya parametri, ω - holat kvintessens tenglamasining parametri, e va g mos ravishda qora o'raning elektr va magnit zaryadiga mos keladi .Bu erda o'rganilayotgan fazo-vaqtga qora o'raning elektr va magnit zaryadlarining hissasini o'z ichiga olgan yangi $q^2 = e^2 + g^2$ parametrini kiritish mumkin.

Rastall gravitatsiyasida olingan qora o'ra CRNK yechimi turli fazo-vaqt parametrlarining qiymatlariga qarab ikki yoki uchta gorizontga ega bo'lishi mumkin . Hodisalar gorizonti fazo-vaqt koordinatalarining yagonaligi sifatida aniqlanadi va doimiy r bo'lgan nol giperyuqori sirt hisoblanadi. Shuning uchun gorizontlar quyidagi algebraik tenglamaning ildizlari sifatida aniqlanadi.

$$r^2 - 2Mr + a^2 + e^2 + g^2 - l^2 - \alpha r^\nu = 0 \quad (3)$$

ω va $k\lambda$ parametrlarining tanlangan qiymatlari uchun gorizontlarga mos keladi va faqat ichki va tashqi qismlarga ega yoki kosmologik gorizontsizdir.

Qora o'ra soyasi

Qora o'ra soyasini tasvirlash uchun osmon koordinatalaridan foydalanish

mumkin

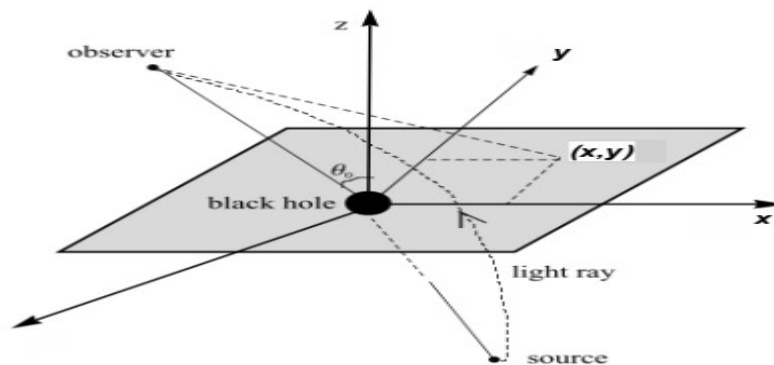
$$x = \lim_{r_0 \rightarrow \infty} \dot{\varphi} \quad (4)$$

Hamda

$$y = \lim_{r_0 \rightarrow \infty} r_0^2 \frac{d\theta}{dr} \quad (5)$$

bu erda r_0 - kuzatuvchi va qora o'ra orasidagi masofa va θ_0 - qora o'raning aylanish o'qining kuzatish chizig'iga nisbatan burchak holati.

Osmon koordinatalarning sxematik ko'rinishi 1-rasmda keltirilgan. 1-rasm x va y koordinatalari simmetriya o'qi va ekvatorial tekislikga nisbatan rasm nuqtalarini tasvirlagan.



1-rasm. Qora o'ra uchun osmon koordinatalarning sxematik ko'rinishi.

Fazo-vaqt uchun (1) (8) da berilgan $\frac{d\theta}{dr}$ va $\frac{d\phi}{dr}$ dan foydalanib, x va y koordinatalari uchun quyidagi ifodalarni ta'sir qilish parametrining funktsiyalari sifatida olish mumkin. $b_1 = \frac{L}{\varepsilon}$ va $b_2 = \frac{L}{\varepsilon^2}$ parametrlari qora o'ra atrofida umumiy orbitalar uchun ta'sir parametrlari ([80]ga qarang) Ker fazo vaqti uchun ushbu parametrlarni batafsil hisoblash uchun). Ushbu parametrlarni $\dot{r}=0=\partial_r \dot{r}$ shartlaridan topish mumkin va quyidagi shaklga ega.

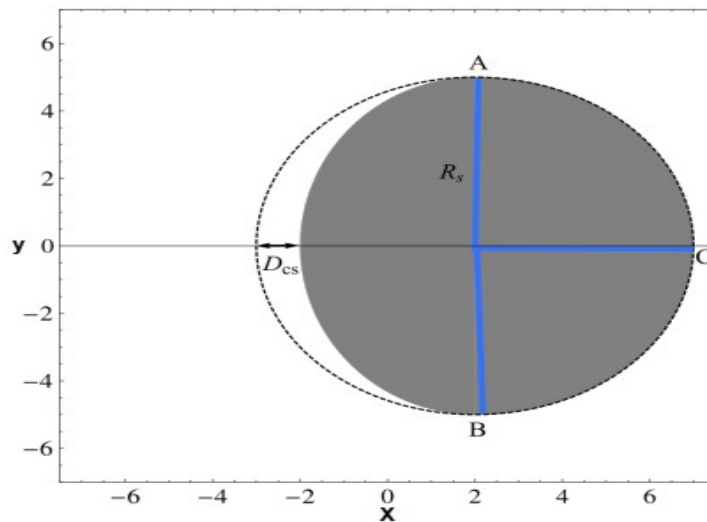
$$x = -\dot{\varphi} \quad (6)$$

$$y = \pm \sqrt{b_2 - \dot{\varphi}^2}$$

Endi aylanayotgan qora o'raning soya shaklini tavsiflash uchun kuzatilgan

ikkita kattalikni kiritish mumkin.

Biz soyaning chegarasini tavsiflovchi chiziqdagi uchta, ya'ni 1-rasmning yuqori, pastki va o'ng pozitsiyalariga mos keladigan (A), (B) va (C) nuqtalarni tanlaymiz. E'tibor bering, (C) nuqta uzoq masofadan kuzatilgan beqaror teskari ekvatorial dumaloq orbitalarga to'g'ri keladi. Ushbu uchta nuqtadan o'tgan ma'lum doiraning R_s qora o'ra soyasining radiusi sifatida aniqlanishi mumkin. Soyaning chap tomonidagi chegaradan foydalanib, D_{cs} bo'linishini aniqlash mumkin, bu ma'lum doiraning chap oxirgi nuqtalari va qora o'ra soyasi tasviri o'rtasidagi farqdir (2-rasmga qarang). Yuqoridagi ta'riflardan foydalanib, o'lchamsiz buzilish parametri $\delta_s = \frac{D_{cs}}{R_s}$ sifatida kiritilishi mumkin. Endi biz R_s va δ_s ni aylanuvchi qora o'ralarning soyasini tavsiflovchi ikkita kuzatilgan parametrlar sifatida qabul qilishimiz mumkin [8]. Agar masofadan kuzatiladigan parametrlar ekvator tekisligida bo'lsa, u holda egilish burchagi $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$ ga teng. Shuning uchun, aylanish tufayli qora o'ra soyasiga maksimal tortishish ta'sirini olish mumkin.



2-rasm. Qora o'ra soyasi tasviri o'rtasidagi farqi.

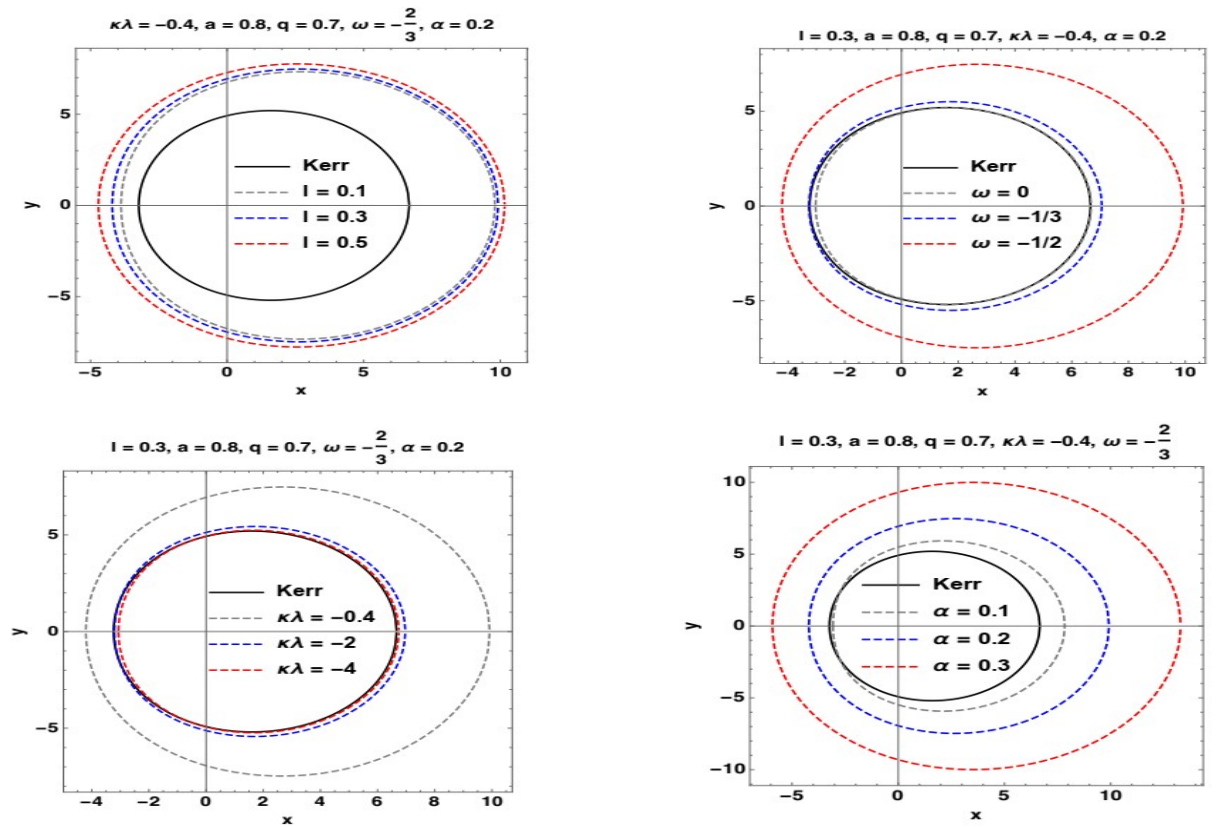
Galaktikamiz markazidagi o'ta massali qora o'raga mos keladigan egilish burchagi ham $\frac{\pi}{2}$ ga yaqin bo'lishi kerak. Bu alohida holatda, biz quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned} x &= -b_1 + 2l \\ y &= \pm \sqrt{b_2 - (a - b_1 + 2l)^2} \end{aligned} \quad (7)$$

X va y ifodalardan foydalanib, Rastall gravitatsiyasida CRNK qora o'ra

soyasining shakliga ega bo'lishi mumkin. Biz Rastall gravitatsiya nazariyasidagi CRNK qora o'raning Rastall gravitatsiyasidagi NUT ℓ zaryadining turli qiymatlari uchun CRNK qora o'ra atrofidagi soyaning shakli va o'lchamining o'zgarishni 3-rasmdagi yuqori chap qismida ko'rishimiz mumkin. Xuddi shu qismda ℓ parametrini oshishi soyaning o'rtacha radiusini oshirishini ko'rsatadi. Xuddi shu spin va massa parametrlari uchun Rastall tortishish kuchida CRNK qora o'raga tushadigan soya Kerr qora o'raning soyasidan ancha katta bo'lib, qolgan Rastallning tortishish kuchidagi CRNK qora o'raning fazo vaqt parametrlarining belgilangan qiymatlariga mos kelishini ham ko'rish mumkin. 3-rasmning yuqori o'ng qismida ω parametri pasayotgan qiymatlariga nisbatan Rastall tortishish kuchida CRNK qora o'ra soyasi hajmining ortishi ko'rsatilgan. Shunisi e'tiborga loyiqki, ushbu ω parametrning nolga yaqin qiymatlari uchun Rastall gravitatsiyasida CRNK qora o'ra da hosil bo'lgan soyaning o'lchami Kerr qora o'ra idagi kabi deyarli bir xil. Xuddi shu rasmdagi ikkinchi qatorning chap qismida $k\lambda$ parametrining turli qiymatlari uchun Rastall gravitatsiyasidagi CRNK qora o'ra soyasining shakli va hajmini ko'rsatadi. Xuddi shu qismda shuni ko'rish mumkinki, ushbu $k\lambda$ parametrning kichikroq qiymatlari uchun CRNK qora o'raning soyasining o'lchami Rastall gravitatsiyasida Kerr qora o'raga to'g'ri keladi.

Bu va oldingi grafiklar shuni ko'rsatadiki, $k\lambda$ parametrining kichikroq qiymatlarida, ω parametrining qiymatlari nolga yaqin bo'lsa, Rastall gravitatsiyasida CRNK qora o'ralarining ko'rinadigan soyasini soyadan Kerr qora o'raning soyasidan ajratish qiyinlashadi. Rastall gravitatsiyasida CRNK qora o'ra soyasining o'lchamining α parametriga kuchli bog'liqligini ko'rish mumkin, chunki u ushbu α parametrning o'sishi bilan sezilarli darajada oshadi va 3-rasmdagi ikkinchi qatorning ikkinchi qismida ko'rsatilgan.



3-rasm. Rastall tortishish kuchidagi CRNK qora o‘raning soyasining shakli .Kerr qora o‘rasi bilan taqqoslangan

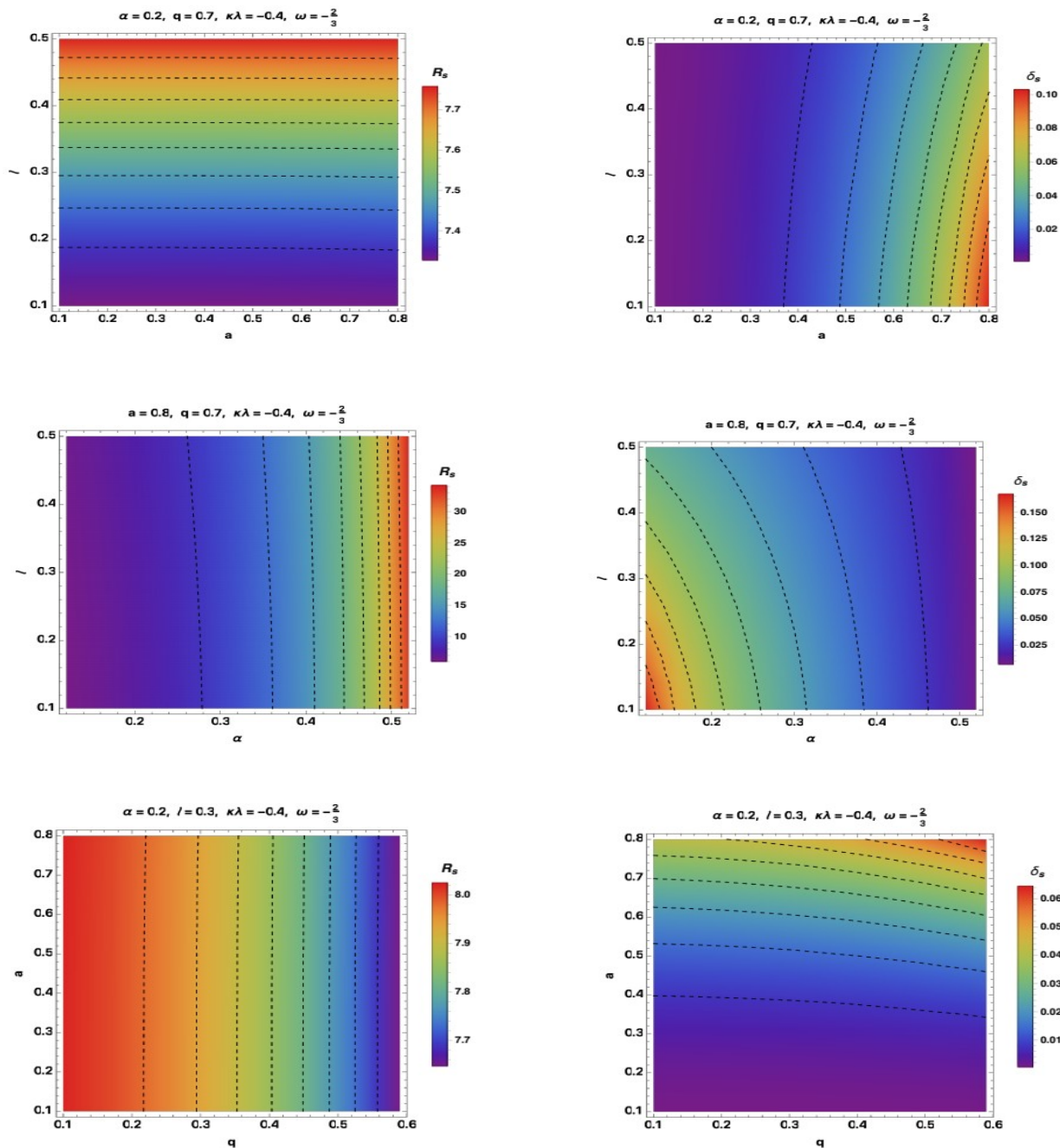
Kuzatilgan R_s ga tenglama yordamida ega bo‘lish mumkin .

$$R = \frac{(x_c - x_a)^2 + y_a^2}{2(x_c - x_a)} \quad (8)$$

va boshqa δ_s kuzatilgan qiymat nisbat yordamida hisoblash mumkin.

$$\delta_s = \frac{D_{cs}}{R_s} \quad (9)$$

R_s va δ_s ning kuzatilgan qiymatlari shaklda ko‘rsatilgan. Rastall gravitatsiyasidagi CRNK qora o‘raning fazo vaqt parametrlarining turli qiymatlari 4- rasmda keltirilgan (R_s uchun chapda va o‘ngda δ_s uchun chizmalar).



4-rasm. R_s va δ_s ning fazo-vaqt parametrlariga bog'liqligi.

4-rasmning chap yuqori grafikada ko'rinib turibdiki, R_s soyaning o'rtacha radiusi NUT l parametrining o'sishi bilan ortadi. α spin parametri ortishi bilan R_s ning ahamiyatsiz darajada kamayishi kuzatiladi.

Xulosalar

Quyidagicha xulosa va natijalarga erishdik: α parametrining o'sishi foton sferasi radiusini kattalashtiradi va foton sferasi radiusidagi bu o'sish NUT l parametri ortishi bilan tezroq bo'ladi. Aksincha, foton sferasi radiusi $\kappa\lambda$ Rastall

parametri kamayishi bilan kamayadi; ω parametri ~ -0.8 ga yaqinlashganda foton sferasining radiusi eksponentsial ravishda o'sadi; $k\lambda$ Rastall parametrining foton sferasi radiusiga ta'siri kuchli ω va α parametrlariga bog'liq. Bundan tashqari, α ning katta qiymatlari va ω ning kichik qiymatlari uchun ta'sir kuchayishini ko'rdik; α va q parametrlarining foton sferasi radiusiga ta'siri bir xil bo'ladi va ikkala parametr qiymatlarining o'sishi foton sferasi radiusini kamaytiradi;

Soyaning kattaligi NUT l parametrining ortishi bilan bir oz ortadi va q elektromagnit zaryad parametri ortishi bilan kamayadi; fazo vaqt parametrining qiymatini kamaytirish ω soyaning o'lchamini kattalashtiradi; $k\lambda$ parametrining qiymatini kamayishi qora o'ra soyasining hajmini kichikroq qiladi. Bundan tashqari, -2 va -4 o'rtasidagi $k\lambda$ parametrining qiymatlari uchun soyalar o'lchamidagi farq ahamiyatsiz. $k\lambda = -0,4$ bo'lgan holatda, soyaning o'lchami $k\lambda$ ning ushbu ikki qiymatidan, ya'ni -2 va -4 dan ancha katta;

REFERENCES

- [1] P. Rastall, "Generalization of the Einstein Theory", Phys. Rev. D 6, 3357
- [2] I. P. Lobo, H. Moradpour, J. P. Moraes Graça, and I. G. Salako, "Thermodynamics of black holes in Rastall gravity", Int. J. Mod. Phys. D 27, 1850069 (2018), arXiv:1710.04612 [gr-qc]
- [3] R. Kumar and S. G. Ghosh, "Rotating black hole in Rastall theory", Eur. Phys. J. C 78, 750 (2018), arXiv:1711.08256 [gr-qc]
- [4] F. Darabi, H. Moradpour, I. Licata, Y. Heydarzade, "Einstein and Rastall theories of gravitation in comparison", Eur. Phys. J. C 78, 25 (2018), arXiv:1712.09307 [gr-qc]
- [5] C. Bambi, K. Freese, S. Vagnozzi, and L. Visinelli, "Testing the rotational nature of the supermassive object M87* from the circularity and size of its first image", Phys. Rev. D 100, 044057 (2019).
- [6]. [68] M. Visser, "Rastall gravity is equivalent to Einstein gravity", Physics Letters B 782, 83 (2018)
- [7]. C. H. Nam, "On non-linear magnetic-charged black hole surrounded by quintessence", General Relativity and Gravitation, vol. 50, p. 57, June 2018