

Copyright © 2021 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
 Russian Journal of Astrophysical Research. Series A
 Has been issued since 2015.
 E-ISSN: 2413-7499
 2021. 7(1): 35-42

DOI: 10.13187/rjar.2021.1.35
www.ejournal28.com



Angular Measurements in Space Geoinformatics

Viktor Ya. Tsvetkov^{a,*}

^a Research and Design Institute of design information, automation and communication on railway transport, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article explores the application of angular measurements in space geoinformatics. The difference between space geoinformatics and terrestrial geoinformatics is shown. The difference between terrestrial geodata and space geodata is shown. Space geoinformatics uses angular measurements more often than terrestrial geoinformatics. The article introduces the concept of the angular diameter of a planet. The relationship between the angular diameter of the planet and the linear diameter of the planet is shown. The article provides visual examples of the angular diameters for the Earth and the Moon at different distances. The calculation of the linear diameter of the planet with a correction for the radius of the planet from altimetric measurements of the planet's surface is presented. The article gives a method for determining the distance to the planet's surface by angular measurements using the trigonometric parallax method.

Keywords: space research, space geoinformatics, linear measurements, angular measurements, angular diameter of a planet, linear diameter of a planet, trigonometric parallax, altimetric measurements.

1. Введение

В настоящее время науки о Земле расширяют свое влияние на космическое пространство. Существует космическая геодезия (Jin et al., 2013), существует геодезическая астрономия (Gospodinov, 2018), существует космическая геоинформатика (Bondur, Tsvetkov, 2015; Савиных, 2016) планетология и сравнительная планетология являются основой изучения поверхностей планет. Космическая геоинформатика полноправно ведет себя в околоземном пространстве (Barmin et al., 2014). При использовании космических снимков поверхностей планет используют проверенные методы геодезии и фотограмметрии, которые также применяют в космической геоинформатике с ориентацией на космическое пространство.

Космическая геоинформатика имеет ряд отличий от земной геоинформатики. Первое отличие состоит в иной интерпретации модели геоданных (Savinykh, Tsvetkov, 2014). Понятие космические геоданные или геоданные космического пространства качественно отличается от понятия космические данные. На космические данные не накладывается никаких ограничений. Это любая совокупность данных, сформированная по принципу «что смогли, то получили». В отличие от произвольной совокупности пространственных данных, геоданные есть классифицированная и систематизированная совокупность данных. То есть в геоданных главным является не то, что они принадлежат к земному пространству, а то, что в

* Corresponding author
 E-mail addresses: cvj2@mail.ru (V.Ya. Tsvetkov)

них пространственные данные систематизированы и классифицированы, и интегрированы с не пространственными данными. Космические геоданные качественно не отличаются от земных геоданных. Они также структурированы, систематизированы, классифицированы и интегрированы. Различие в том, что пространственные данные в них (координаты) описывают не земное пространство, а внеземное. Поэтому можно употреблять термин геоданные как обобщение космических и земных геоданных.

Второе отличие космической геоинформатики состоит в широком использовании угловых измерений, что в земной геоинформатике встречается не так часто. Планетологические исследования (Tsvetkov, 2018) и планетологические измерения (Bean et al., 2017) не имеют возможности линейных прямых измерений. Большинство измерений в астрономии и космической геоинформатике являются угловыми. Статья исследует угловые измерения поверхности планеты или иного космического тела с борта космического аппарата.

2. Результаты

Угловой и линейный диаметры планеты

Большинство объектов, которые исследуются космической геоинформатикой и астрономией находятся на неопределенном расстоянии. Сведения об их относительных размерах могут быть получены только на основе угловых измерений. Сведения об их линейных размерах также могут быть получены на основе угловых измерений, дополненных линейными измерениями. Для угловых измерений планет существует специфическое понятие угловой диаметр. На [Рисунке 1](#) приведена ситуация наблюдения планеты (P) из точки наблюдения S .

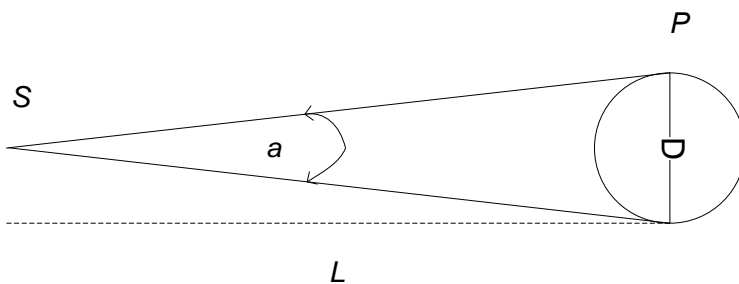


Рис. 1. Угловой и линейный диаметры планеты

Линейный диаметр или фактический диаметр планеты равен D . Расстояние между точкой наблюдения S и центром планеты равно L . Угол a , под которым видна планета, есть угловой диаметр. Существует зависимость.

$$\operatorname{tg}(a/2) = D/2L \quad (1)$$

Выражение (1) показывает, что угловой диаметр планеты (или иного небесного тела) зависит от расстояния до точки наблюдения.

На [Рисунке 2](#) приведена космическая фотография Земли. Угловой диаметр $a = 19^\circ 11' 17,3'' = a_1$, линейный диаметр $D = 12756,2$ км, расстояние наблюдения $L = 31892$ км.

На [Рисунке 3](#) приведена космическая фотография Земли с другими параметрами. Угловой диаметр $a = 12^\circ 27' 10,7'' = a_2$, линейный диаметр $D = 12756,2$ км, расстояние наблюдения $L = 52429$ км.



Рис. 2. Земля, угловой диаметр α_1



Рис. 3. Земля, угловой диаметр $\alpha_2 = 0,65 \alpha_1$

На [Рисунке 4](#) приведена космическая фотография Земли и Луны. Для Луны имеются следующие параметры. Угловой диаметр $\alpha = 1^\circ 35' 41,3''$, линейный диаметр $D = 3475$ км, расстояние наблюдения $L = 123110$ км.



Рис. 4. Угловое наблюдение Луны и Земли

Для Земли на [Рисунке 4](#) имеются следующие параметры. Угловой диаметр $\alpha = 1^\circ 30' 51,0'' = \alpha_2$, линейный диаметр $D = 12756,2$ км, расстояние наблюдения $L = 476330$ км

На [Рисунке 5](#) приведена фотография Луны другими параметрами. Для Луны на [Рисунке 5](#) имеются следующие параметры. Угловой диаметр $\alpha = 9^\circ 16' 38,6''$, линейный диаметр $D = 3475$ км, расстояние наблюдения $L = 19747$ км.

Таким образом, можно констатировать, что угловой диаметр одного и того же объекта существенно меняется в зависимости от расстояния наблюдения. Сравнить угловые диаметры разных объектов можно, если они находятся примерно на одном расстоянии от точки наблюдения.



Рис. 5. Фотография Луны с расстояния 19747 км

На практике сложно измерить расстояние L до точек диаметра (Рисунок 1). Значительно проще, используя методы планетной альтиметрии (Storm et al., 2016) определить расстояние H до ближайшей точки поверхности планеты. Эта ситуация приведена на Рисунке 6.

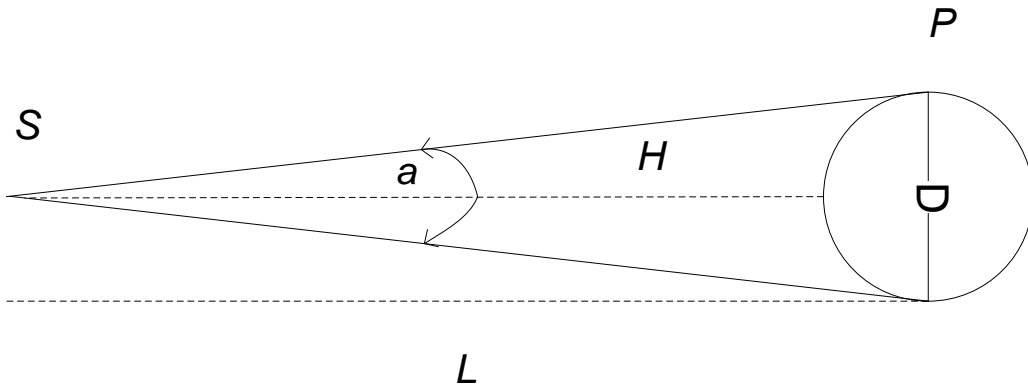


Рис. 6. Определение линейного диаметра планеты по угловым и линейным наблюдениями

Для случая на Рисунке 6 известными являются угловой диаметр и расстояние H до поверхности. Оно отличается от L на радиус планеты $R = D/2$. Несложные построения позволяют в этом случае определить линейный диаметр планеты по угловому диаметру.

$$D = \frac{2 H \operatorname{tg} a/2}{1 - \operatorname{tg} a/2}$$

Использование метода тригонометрического параллакса

При определении расстояний до небесных сложно выполнять прямые линейные измерения, поэтому для решения данной задачи используют не прямые методы. Один из наиболее простых косвенных методов – метод тригонометрического параллакса

При наблюдении на небесное тело (планету) из разных точек можно заметить, что его положение на фоне более далеких предметов изменяется. Изменение направления на предмет при перемещении наблюдателя называют параллаксом. Расстояние между точками, из которых производится наблюдение, называют базисом. На Рисунке 7 приведена схема наблюдения, которую можно назвать симметричной.

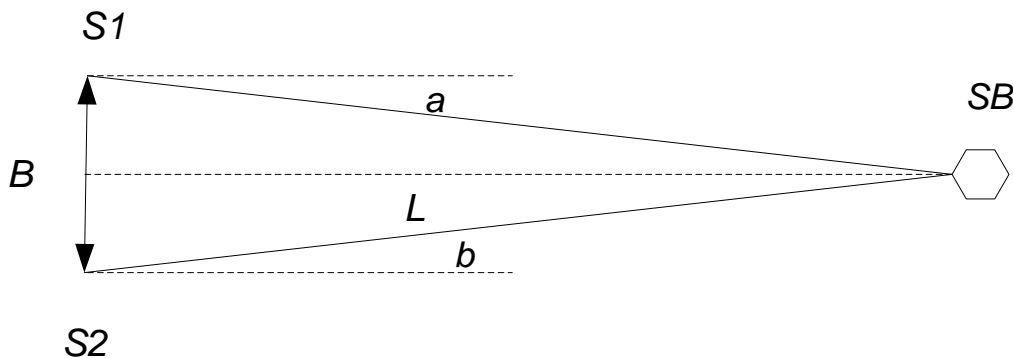


Рис. 7. Симметричная схема наблюдения небесного тела

На Рисунке 7 SB – космический объект, точка t которого наблюдается, $S1, S2$ – точки наблюдения, B – известный базис наблюдения, a, b – углы наблюдения точки t . L – неизвестное расстояние до небесного тела. Несложные геометрические построения позволяют определить расстояние по простой тригонометрической формуле.

$$L = \frac{B}{\operatorname{tg} a + \operatorname{tg} b} \quad (2)$$

Выражение (2) имеет силу и для несимметрической ситуации наблюдения, приведенной на [Рисунке 8](#).

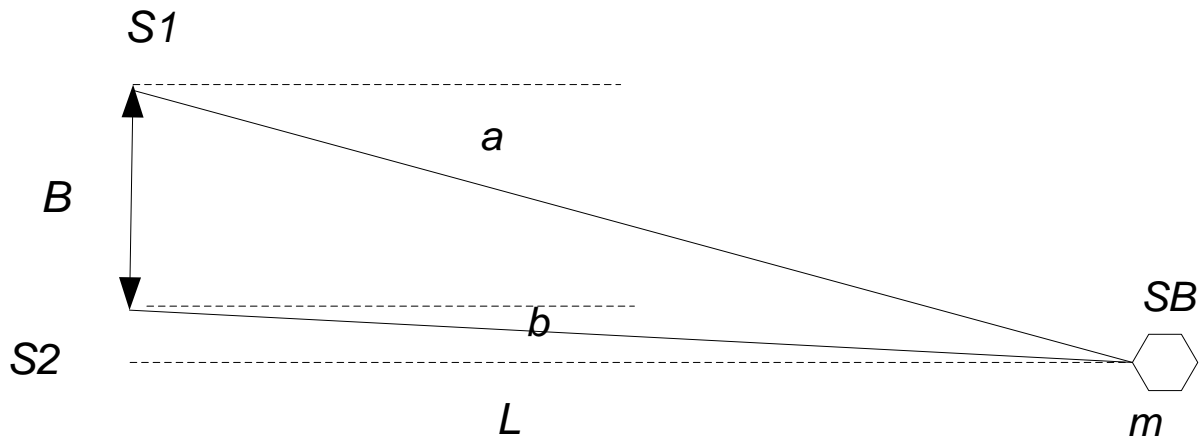


Рис. 8. Несимметричная схема наблюдения небесного тела

Опыт исследования поверхности Земли с помощью аэрофотосъемки перенесен время на исследование небесных тел с помощью наблюдения с космических аппаратов. Существуют разные методы определения координат для таких ситуаций. Чаще всего используют точки наблюдения S_1 , S_2 ([Рисунок 8](#)) с борта космического аппарата как базис съемки ([Barmin et al., 2014](#)).

3. Заключение

Угловые измерения являются основными наблюдениями в космических исследованиях и космической геоинформатике. Космическая геоинформатика это в большей степени наука о пространстве, чем наука о Земле. Она использует методы земных наук для космических исследований. Ярким примером является геометрия, которая по формальным признакам трактуется как измерение Земли (гео – Земля, метрию – измерение). Но уже столетиями геометрию не считают земной наукой, а считают наукой о пространстве. При этом рассматривают не только декартово пространство, но и пространство Римана и пространство Лобачевского. Угловые измерения в космической геоинформатике это новое применение геометрических построений и пространственной логики для решения пространственных задач. Угловые измерения в космической геоинформатике это новое сочетание геометрии и пространственной логики для решения задач пространственного анализа.

Литература

[Савиных, 2016](#) – *Савиных В.П.* Развитие космической геоинформатики // *Славянский форум*. 2016. 2(12): 223-230.

[Barmin et al., 2014](#) – *Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya.* Near_Earth Space as an Object of Global Monitoring // *Solar System Research*. 2014. 48(7): 531-535. DOI: 10.1134/S003809461407003X

[Barmin et al., 2014](#) – *Barmin I.V., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya.* (2014). Remote Method of Determining the Coordinates of Points on a Planetary Surface // *Solar System Research*. 48(7): 493-496. DOI: 10.1134/S0038094614070028

[Bean et al., 2017](#) – *Bean J.L., Abbot D.S., Kempton E.M.R.* (2017). A statistical comparative planetology approach to the hunt for habitable exoplanets and life beyond the solar system // *The Astrophysical Journal Letters*. 841(2): L24.

[Bondur, Tsvetkov, 2015](#) – Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // *European Journal of Technology and Design*. 2015. 4(10): 118-126.

[Gospodinov, 2018](#) – Gospodinov S.G. The Development of Geodesic Astronomy // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2018. 4(1): 9-33.

[Jin et al., 2013](#) – Jin S., van Dam T., Wdowinski S. (2013). Observing and understanding the Earth system variations from space geodesy // *Journal of Geodynamics*. 2013. 72: 1-10.

[Savinykh, Tsvetkov, 2014](#) – Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Geodata As a Systemic Information Resource // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2014. 84(5): 365-368. DOI: 10.1134/S1019331614050049

[Storm et al., 2016](#) – Storm M., Engin D., Mathason B., Utano R., Gupta S. Space-Based Erbium-Doped Fiber Amplifier Transmitters for Coherent, Ranging, 3D-Imaging, Altimetry, Topology, and Carbon Dioxide Lidar and Earth and Planetary Optical Laser Communications / *EPJ Web of Conferences*. 2016. Vol. 119, p. 02002. EDP Sciences.

[Tsvetkov, 2018](#) – Tsvetkov, V.Ya. The Development of the Direction "Comparative Planetology" // *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 2018. 4(1): 34-41.

References

[Barmin et al., 2014](#) – Barmin, I.V., Kulagin, V.P., Savinykh, V.P., Tsvetkov, V.Ya. (2014). Near_Earth Space as an Object of Global Monitoring. *Solar System Research*. 48(7): 531-535. DOI: 10.1134/S003809461407003X

[Barmin et al., 2014](#) – Barmin, I.V., Savinykh, V.P., Tsvetkov, V.Ya. (2014). Remote Method of Determining the Coordinates of Points on a Planetary Surface. *Solar System Research*. 48(7): 493-496. DOI: 10.1134/S0038094614070028

[Bean et al., 2017](#) – Bean, J.L., Abbot, D.S., Kempton, E.M.R. (2017). A statistical comparative planetology approach to the hunt for habitable exoplanets and life beyond the solar system. *The Astrophysical Journal Letters*. 841(2): L24.

[Bondur, Tsvetkov, 2015](#) – Bondur, V.G., Tsvetkov, V.Ya. (2015). New Scientific Direction of Space Geoinformatics. *European Journal of Technology and Design*. 4(10): 118-126.

Gospodinov S. G., 2018. *Gospodinov S. G. (2018). The Development of Geodesic Astronomy. Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*, 4(1): 9-33.

[Jin et al., 2013](#) – Jin, S., van Dam, T., Wdowinski, S. (2013). Observing and understanding the Earth system variations from space geodesy. *Journal of Geodynamics*. 72: 1-10.

[Savinyh, 2016](#) – Savinyh, V.P. (2016). Razvitie kosmicheskoy geoinformatiki [Development of space geoinformatics]. *Slavyanskij forum*. 2(12): 223-230. [in Russian]

[Savinykh, Tsvetkov, 2014](#) – Savinykh, V.P., Tsvetkov, V.Ya. (2014). Geodata As a Systemic Information Resource. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 84(5): 365-368. DOI: 10.1134/S1019331614050049

[Storm et al., 2016](#) – Storm, M., Engin, D., Mathason, B., Utano, R., Gupta, S. (2016). Space-Based Erbium-Doped Fiber Amplifier Transmitters for Coherent, Ranging, 3D-Imaging, Altimetry, Topology, and Carbon Dioxide Lidar and Earth and Planetary Optical Laser Communications. *EPJ Web of Conferences*. 119: 02002. EDP Sciences.

[Tsvetkov, 2018](#) – Tsvetkov, V.Ya. (2018). The Development of the Direction "Comparative Planetology". *Russian Journal of Astrophysical Research. Series A*. 4(1): 34-41.

Угловые измерения в космической геоинформатике

Виктор Яковлевич Цветков ^{a, *}

^a Научно-исследовательский и проектно конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС), Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор
Адреса электронной почты: cvj2@mail.ru (В.Я. Цветков)

Аннотация. Статья исследует применение угловых измерений в космической геоинформатике. Показано отличие космической геоинформатики от земной геоинформатики. Показано различие между наземными геоданными и космическими геоданными. Космическая геоинформатика применяет угловые измерения чаще, чем земная геоинформатика. Статья вводит понятие угловой диаметр планеты. Показана связь между угловым диаметром планеты и линейным диаметром планеты. Статья приводит визуальные примеры угловых диаметров для Земли и Луны на разных расстояниях. Приведен расчет линейного диаметра планеты с поправкой на радиус планеты по альтиметрическим измерениям поверхности планеты. Статья приводит метод определения расстояния до поверхности планеты по угловым измерениям с использованием метода тригонометрического параллакса.

Ключевые слова: космические исследования, космическая геоинформатика, линейные измерения, угловые измерения, угловой диаметр планеты, линейный диаметр планеты, тригонометрический параллакс, альтиметрические измерения.