

Навигационные системы и Цифровая Земля: от истоков к современности

Никита Носов
ИИЕТ РАН им. С.И. Вавилова, Москва, Россия

Аннотация

В статье рассмотрена история развития навигационных систем – от первых карт и ориентиров до современных глобальных навигационных спутниковых систем, являющихся частью Цифровой Земли. Навигация является важным элементом жизни общества: как во времена до нашей эры, так и в новейшей истории. В совокупности с идеей Цифровой Земли навигация позволяет не только решать практические задачи, но и изучать нашу планету.

Ключевые слова

История навигации, навигационные системы, Цифровая Земля

Navigation Systems and Digital Earth: from the origins to the present

Nikita Nosov
S.I. Vavilov IHST RAS, Moscow, Russia

Abstract

The article examines the history of the development of navigation systems – from the first maps and landmarks to modern global navigation satellite systems that are part of the Digital Earth. Navigation is an important element of society: both in the time before our era and in modern history. Together with the idea of a Digital Earth, navigation allows you not only to solve practical problems, but also to study our planet.

Keywords

Digital Earth, Navigation History, Navigation Systems

Введение

Вопреки расхожему мнению, история навигационных систем берет свое начало гораздо раньше второй половины двадцатого века. Термин «навигация» (лат. *navigation*, от лат. – *navigo* – «плыть на судне») означает судоходство, мореплавание (Словарь русского языка, 1999). В современном употреблении этот термин имеет несколько иной смысл. Под навигацией понимается уже не само перемещение, но управление им, ориентирование. Применим он уже не только к морским судам: в поездках на автомобилях, при перелетах на самолетах и даже в пеших походах и прогулках сложно обойтись без системы навигации.

Обсуждение

Одними из первых ориентиров для мореплавателей стали природные. При прохождении судов вдоль берега можно было ориентироваться на береговую линию, ее рельеф, позже появились маяки. Еще одним способом было использование птиц – моряки брали с собой клетки с птицами (чаще всего это были вороны), выпуская их на волю. Возвращение птицы означало, что суша достаточно далеко. В ином же случае делался вывод, что птица нашла сушу и можно двигаться в направлении траектории ее полета. Однако такой способ нельзя было назвать надежным и точным.

Ориентирование проводилось и по небесным объектам, таким как Солнце, звезды. Всем известна Полярная звезда, являвшая собой основной ориентир Северного полушария. Для Южного полушария созвездие Южного Креста можно назвать аналогом Полярной звезды. Тем не менее, поиск этого созвездия мог вызывать определенные сложности, как и ориентирование по нему. Возможность использования небесных тел не всегда доступна: в частности, в плохую погоду можно не увидеть на небе ни Солнца, ни звезд. Появлялась необходимость в менее зависимых от внешних условий ориентирах, одновременно с тем обладающих более высокой точностью. Одним из самых первых подобных инструментов можно назвать карту. И если на суше пути движения между поселениями были более-менее известны, существовали системы указателей, прилегающие к населенными пунктам пути можно было легко нанести на карту, то в условиях морей и океанов для передвижения и ориентации имелись существенные трудности.

Картой можно назвать обобщённое изображение поверхности Земли, представленное в определенном масштабе, с использованием условных символов и обозначений. Здесь стоит отметить, что карта, в отличие от современных систем, не обладает свойством всемасштабности. Пробразом современной карты можно назвать карту Имхотепа, созданную примерно за 2600 лет до нашей эры. Целью этой карты ставилось распределение земельных участков в Древнем Египте¹.

Наиболее древней картой мира считается карта из Вавилона (6 век до нашей эры). Вавилонское царство изображено в центре мира, а вокруг несколько недоступных островов. Чуть позже появляются карты мира: Гекатея Милетского (5-6 век до нашей эры), Посидония (2 век до нашей эры), Помпония Мелы (43 год нашей эры), Птолемея (150 год нашей эры), Козьмы Индикоплова (6 век нашей эры), «Книга Рожера» Аль-Идриси (1154 год), Китайская «Da Ming Hunyi Tu» (14 век нашей эры), Иоганна Рюйши (1507 год, одно из первых

¹<https://mapny.ru/blog/cartography-history/?ysclid=lomx96d16s417251047>

изображений Нового Света), Генриха Бантинга (1581 год)². К 1689 году появляется карта мира Герарда ван Шагена, на которой пустыми остаются лишь некоторые части Америки и район южного полюса. Сэмюэлем Данном в 1794 году представлена карта мира с максимально корректным расположением суши и воды (с учетом данных Джеймса Кука). Важной частью карт стало добавление данных о широте и долготе, сделано это было Птолемеем, примерно в 150 году нашей эры. Частично последовательность развития карт приведена на рис. 1.



Рис. 1. Последовательность развития картографии

Но и карты с их довольно незначительным масштабом, а также с учетом длительного внесения изменений не могли претендовать на звание качественной навигационной системы. Однако комбинация карт и иных инструментов для навигации давала хороший результат.

Одним из первых изобретений, помогающих прокладывать путь, можно назвать

²<https://flytothesky.ru/18-drevnix-kart-mira-glazami-nashix-predkov/?ysclid=lomxkmhf6n957011654>
<https://mapny.ru/blog/cartography-history/?ysclid=lomx96d16s417251047> (дата обращения 25.07.2023)

изобретение Древнего Китая – прообраз компаса (Цзо-бэнь, 1959). Различные источники предлагают два варианта на эту роль. Первый из них называется «цы-ши» (в переводе цы – «материнская любовь, ши – «камень»). В древних книгах такое устройство упоминалось под названием «ведающий югом». Внешний вид напоминал ложку на пластине (рис. 2). Места их соприкосновения были отполированы, а изготовлены предметы были из природного магнитного железняка и меди, соответственно.



Рис. 2. Цы-ши, ведающий югом

Еще одним претендентом на прообраз компаса считается чи-нан (указатель юга) (Корякин, 1994). Стоит отметить, что эта версия больше распространена в научно-популярной литературе, но встречается и в специальной. Это изобретение устанавливалось на колесницу и представляло собой фигурку в виде человека с вытянутой рукой. Изготавливались они из нефрита со встроенным магнитом, благодаря которому фигурка всегда обращалась на юг. В частности, в некоторой литературе имеются указания на использование подобных приспособлений императором, что позволило ему одержать победу в условиях плохой видимости из-за тумана и пыли (около 2500 года до нашей эры). В дальнейшем устройство претерпело изменения, а также распространилось по континентам. Стоит отметить, что и в современном мире компас по-прежнему является востребованным навигационным инструментом.

Историческое развитие астролябии начинается с третьего века до нашей эры (Масликов, 2017). Термин имеет греческое происхождение (значение слов: «звезда» и «брат»), что означает «взять звезду с неба». С помощью устройства можно получить данные об азимуте небесного тела, а также узнать время. Впоследствии астролябия распространилась на Восток,

а также и в Европу. Мастерами использовались списки со звездами, которые применялись при создании астрлябий. Нанесение информации о более чем 30-40 объектах было невозможным из-за трудностей при работе с астрлябией. В основе большинства списков была информация, подготовленная Птолемеем. Изображение прибора приведено на рис. 3.



Рис. 3. Астрлябия

Помощником в навигации и составлении карт можно назвать одомер. Данные о времени и регионе его появления разнятся. Но ориентировочно можно говорить о рубеже начала нашей эры. Это устройство, состоявшее из рычагов, «вело счет» оборотам колеса, сообщая о прохождении того или иного расстояния. Так, в Китае одомер уведомлял о каждой пройденной ли (китайская верста, современное значение которой составляет 500 метров) и о десяти ли. Аналогичное устройство отмеряло римскую милю.

Квадрант и секстант использовались для нахождения углового расстояния от горизонта до звезды. Первое из названных устройств появилось примерно во втором веке нашей эры, считается, что изобретен он был Птолемеем. Представляет собой квадрант четверть круга с нанесенной шкалой, с помощью трубки или пластин происходит прицеливание. Секстант появился чуть позже, около 994 года, и состоит из 1/6 части круга, а также прицела и, впоследствии, линз.

Развитие и совершенствование средств навигации происходило на протяжении веков, на помощь приходили новые знания и возможности. Однако основные идеи были заложены в древности. В течение столетий претерпевали изменения не только рассмотренные выше предки «навигационных систем», но предлагались различные идеи, так или иначе способствовавшие и облегчавшие непростую задачу навигации по нашей необъятной планете. Среди таких можно отметить, например, лаги (для измерения скорости судна), проекцию Меркатора, часы и хронометры, равноугольную поперечно-цилиндрическую проекцию, гироскоп, механический акселерометр и т.д. На сегодняшний день используются современные технологии, но в основе навигационных систем лежат все те же принципы, в частности карты, ставшие гораздо более точными благодаря спутниковым системам.

С появлением новых видов транспорта возникла необходимость использования систем навигации не только в море – автомобили и летательные аппараты также требовали подобных решений.

Отдельного внимания заслуживает «навигатор», появившийся в Англии в 1920 году, «Plus Fours Routefinder Watch»³. Этот экземпляр напоминал наручные часы со сменным набором карт (рис. 4), на которых были отмечены основные точки выбранного маршрута – необходимые повороты, километраж и населенные пункты, – проезжая которые водитель прокручивал карту в своем устройстве, «обновляя» свое местоположение и ближайший отрезок пути.

Необходимо упомянуть и одограф – устройство, изобретенное французским инженером Вилье (Дрожжин, 1936). Одограф в связке с лагом чертил пройденный путь на карте (с учетом масштаба карты) при помощи карандаша, улавливая изменения не только скорости транспорта, но и направления. Во время Второй мировой войны подобные одографы использовались и на автомобилях⁴.

³<https://expeditionportal.com/was-the-1920s-plus-fours-routefinder-watch-an-ultimate-failure-or-ahead-of-its-time>

⁴<https://cartogis.org/docs/proceedings/archive/auto-carto-8/pdf/automobile-navigation-in-the-past-present-and-future.pdf>



Рис. 4. Plus Fours Routefinder Watch

Начало современным навигационным системам положила эра освоения космоса. Знаковым событием этого периода стал запуск первого искусственного спутника в 1957 году. Дальнейшее развитие систем спутников определило направление совершенствования навигационных систем, позволяя решать сразу несколько важнейших задач. Спутники можно разделить на несколько типов, в частности: спутники наблюдения и навигационные спутники (Гура и др., 2016). Первые служат для мониторинга местности и получения подробнейшей информации о поверхности Земли. Вторая группа спутников – навигационная – позволяет не только определять местоположение объектов, но и скорость с направлением движения. Американская программа спутниковой навигации стартовала в 1973 году, получив название Global Position System (GPS). 14 июля 1974 года был запущен первый такой спутник (Shi, Wei, 2020). В самом начале к системе имели доступ военные, в гражданский же оборот технология попала позже, при этом точность определения координат была значительно ниже, чем у военных. Только в 2000 году Б. Клинтон снимает ограничения, позволяя повысить точность и для использования в гражданских навигационных системах. Аналогичная система в СССР была создана под названием «ГЛОНАСС» (Глобальная навигационная спутниковая система), первый спутник «Ураган» которой был выведен на орбиту 12 апреля 1982 года (Гура и др.,

2016). Работа над «ГЛОНАСС» продолжилась и после 1993 года. На данный момент система располагает 25 спутниками, в то время как у GPS их 32⁵. Важно отметить, что такие системы существуют не только у России и США, в Китае – Beidou, в Европе – Galileo, в Индии – IRNSS. Интерес к Galileo проявляли и другие страны, в частности Австралия, Аргентина, Малайзия, Мексика, Япония.

Естественным развитием концепции спутниковой навигации стала предложенная в конце XX в. вице-президентом США А. Гором (Gore, 1998) идея Цифровой Земли — агрегатора данных о планете, основу которой составляют спутники — навигационные и дистанционного зондирования. В отличие от составляемых вручную карт на протяжении веков такая система позволяет добиться высокой точности, а процент ошибок свести к минимуму. В соответствии с Пекинской декларацией о Цифровой Земле⁶, она является неотъемлемой частью современных технологий, одну из которых представляют навигационные системы. Более того, можно сказать, что навигация – не только базовое понятие для Цифровой Земли, но и обязательное, приоритетное направление развития. В Manual of Digital Earth (Guo et al, 2020) отделяют мировую навигационную спутниковую систему от персональной и транспортной. Последние позволяют планировать перемещения человека как для личных, так и для рабочих нужд. За последние годы навигационные технологии достигли существенного прогресса, от отдельных устройств (с предварительно загруженными картами) до приложений в смартфонах, определяющих местонахождение человека за секунду, а также предлагающих оптимальный маршрут и способных привести в конечную точку, а в случае необходимости даже вызвать помощь. Конкуренция частных компаний активизировала рынок позиционных и навигационных систем для создания детализированных карт, включая все необходимые точки. Позиционные и навигационные программные приложения, например, мобильные приложения и автомобильное программное обеспечение, играют важную роль в реализации концепции Цифровой Земли.

Глобальные навигационные спутниковые системы широко применяются в навигации транспортных средств, морских судов, самолетов и аэрокосмических аппаратов, геодезии, добыче нефти, сельском хозяйстве, науках о земле и атмосфере и многих других областях (Shi, Wei, 2019). Сегодня Цифровая Земля – «сложная неоднородная информационная среда, объединяющая на основе новейших методов и технологий (таких как большие данные,

⁵<https://ceiis.mos.ru/presscenter/nauchno-publitsisticheskie-stati/detail/11665732.html?ysclid=lp1j66un4o263262996>

⁶<http://www.digitalearth-isde.org/uploadfile/2020/1231/20201231115321467.pdf>

облачные вычисления, дистанционное зондирование, позиционирование и навигация, геоинформационные системы, виртуальная реальность), а также геопространственного взаимодействия разнообразные виды и формы информации – карты, изображения, видео- и аудиоматериалы, абстрактные представления (тексты, знаки, символы), а также 3D-модели в едином геоцентрическом пространстве» (Батурин, 2023).

Выводы

Необходимо отметить, что навигационная система не только является основой Цифровой Земли, но также одним из основных компонентов для ее работы. Предложенная А. Гором в 1998 году идея должна была сделать сам проект Цифровая Земля отдельной навигационной системой. Эта система по задумке должна включать локализованную на глобусе (карте мира) информацию, позволяя прокладывать маршрут и перемещаться между интересующими пользователя объектами (Леонов, 2023). При этом целью может быть не обязательно физическое перемещение пользователя, а получение информации, накопленной о нашей планете, включая исторические сведения. Современные качественные виртуальные глобусы и электронные карты стали возможными благодаря совокупности технологий: запуску и развитию спутниковой сети, достижению высокой скорости передачи данных и использованию видеокарт с графическими процессорами.

Список литературы

Gore A. *The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st Century*. Al Gore, speech at California Science Center, Los Angeles, California, on January 31, 1998.

Guo H., Goodchild M., Alessandro A. *Manual of Digital Earth*. Springer Singapore, 2020. 852 с.

Shi C., Wei N. *Satellite Navigation for Digital Earth. Manual of Digital Earth*. Springer Singapore, 2020. С. 125-160.

Батурин Ю. *Праобразы и прообразы ноосферы: «Цифровая Земля» как прототип*. Наука и техника, материалы XLIV Международной годичной научной конференции Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники Российской академии наук, выпуск XXXIX, 2023. С. 24-36.

Гура Д., Шевченко Г., Гура Т., Бурдинов Д. *Основы спутниковой навигации*. Молодой ученый. № 28 (132), 2016. С. 64-70.

Дрожжин О. *Разумные машины*. М.: Издательство детской литературы, 1936. 303 с.

Корякин В.И. *От астролябии к навигационным комплексам*. Санкт-Петербург: Судостроение, 1994. 234 с.

Леонов А. *От карты к цифровой 3D-модели реальности ... и снова к карте*. Логос, Т. 33, № 1, 2023. С. 203-220.

Масликов С.Ю. *Астролябия как астрономический инструмент: от античности до Нового времени*. Дис. ... канд. историч. наук. М.: 2017. 230 с.

Словарь русского языка: в 4-х т. / РАН, Институт лингвистических исследований. Под ред. А.П. Евгеньевой, 4-ое издание. М.: Русский язык, Полиграфресурсы, 1999.

Цзо-бэнь М. *Это изобретено в Китае*. Перевод с китайского – А. Клышко. М.: Молодая гвардия, 1959. 160 с.