

Заключение. В ходе выполнения данной работы были рассмотрены существующие методы организации силовой обратной связи в системах виртуальной реальности, их достоинства и недостатки, а также разработан новый тип синтетических мышц, пригодный для организации силовой обратной связи.

Проект системы, разработанный в ходе данной работы, является ориентированным на внедрение и интеграцию с рядом VR-гарнитур, в частности Oculus Quest 2 [4]. Это позволит использовать эту гарнитуру, к слову самую популярную в мире, в целях рекламы данного устройства.

Список цитированных источников

1. Родионов, Г.; Родионов, И. VR-тренажер электромеханика РЖД [Электронный документ] // Tingo Interactive. – 2016. – Режим доступа: https://tengointeractive.ru/electrician_vr, свободный (дата обращения 16.05.2022).

2. TeslaSuit: костюм, который меняет реальность [Электронный документ] // Chip. – 2018. – Режим доступа: <https://ichip.ru/teslasuit-kostyum-kotoryjj-menyuet-realnost.html>, свободный (дата обращения 16.06.2020).

3. Кугуракова, В.В.; Хафизов, М.Р.; Абрамов, В.Д.; Шараева, Р.А.; Газизов, Р.Р.; Зиннуров, Т.М.; Зинченко, С.В. Программа для обучения аппендэктомии в виртуальной реальности [Текст] / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020613665. Российская Федерация // заявитель и правообладатель Фед. гос. автоном. образоват. учреждение высш. образ. Казанский фед. ун-т. –2020. – 1 с.

4. VR в психиатрии: когда надо включить воображение [Электронный документ] // DX.media. – 2018. – Режим доступа: <https://dx.media/articles/how-it-works/vr-v-psikhiatrii-kogda-nado-vklyuchit-voobrazhenie/> свободный (дата обращения 16.06.2020).

УДК 53.087

Макаревич П. А.

Научный руководитель: к. ф.-м. н., доцент Гладыщук А. А.

ОТ МАГНИТНОГО КОМПАСА ДО СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОКАЦИИ

Введение

Историческое развитие навигации тесно связано с изобретением магнитного компаса, который послужил началом для развития последующих приборов для навигации. Ряд ученых и моряков проводили изучение способов навигации на море, вследствие чего происходил бурный рост в навигации, решение навигационных проблем; образование отдельных наук, основанных на навигации. Все эти действия привели к созданию современной геолокации и отдельных наук, базирующихся на ней, без которых современный человек не может обойтись.

Историческая справка [1, 2, 3, 4]

Компас был изобретен в Китае во время династии Хань между II-м в. до н. э. и I в. н. э.

Средние века. С XII века в Западной Европе становится известна астролябия.

Первым прибором для измерения высоты объектов звездного неба стал квадрант.

В начале XIV века был изобретен кросс-стафф – портативный прибор, использовавшийся для определения угла возвышения солнца в полдень, что позволяло вычислить географическую широту судна.

В 1590 г. Джон Дэвис изобрел бэк-стафф, в котором был устранен эффект ослепления наблюдателя солнечным светом.

Фламандский картограф Герард Кремер при составлении навигационной карты мира на 18 листах (1569 год) применил равноугольную цилиндрическую проекцию Меркатора – одну из основных картографических проекций, широко используемых в современной морской и аэронавигации.

XVII и XVIII века. Иоганн Кеплер открыл три закона движения планет. Первые два в 1609 г., а третий – в 1619 г.

В 1668 г. Джованни Доменико Кассини впервые провел успешное измерение долготы по методу Галилея, наблюдая за затмениями спутников Юпитера.

В 1675 г. согласно королевскому указу была создана Гринвичская обсерватория «для того, чтобы научиться определять такую необходимую долготу с целью совершенствования искусства навигации».

Практически одновременно с морским хронометром был изобретен секстант (в морской терминологии – «секстан») – навигационный измерительный инструмент, используемый для измерения высоты светила над горизонтом с целью определения географических координат.

Секстант в 1730 г. изобрели два человека – английский математик Джон Хадли и американский изобретатель Томас Годфри.

В Россию навигация как самостоятельная наука, пришла в эпоху Петра I, указом которого 14 января 1701 г. в Москве была создана «Навигацкая школа» – первое в России и второе в Европе специализированное техническое учебное заведение с базовой математической подготовкой. С 1702 г. школа размещалась в Сухаревой башне.

XIX и XX века. В 1840 г. Анри Рапер опубликовал книгу «Практическое пособие по навигации и морской астрономии».

В 1820–1830 гг. немецкий математик Карл Фридрих Гаусс разработал равноугольную поперечно-цилиндрическую проекцию, названную его именем.

Огромный вклад в развитие навигации внесло изобретение гироскопа и создание на его основе гироскопического компаса (гироскопа).

В 1884 г. на Международной меридианной конференции в Вашингтоне было предложено принять Гринвичский меридиан за нулевой, а Гринвичское время за начало отсчета времени для всех других временных зон.

XX век. В XX веке появилась аэронавигация.

В 1920 г. появились первые системы инерциальной навигации, построенные на основе трех акселерометров, которые устанавливали ортогонально на платформе, стабилизированной при помощи гироскопов.

Одним из первых навигационных устройств с электронными компонентами был автомобильный одограф, который автоматически рисовал траекторию транспортного средства на карте в надлежащем масштабе (разработан во время Второй мировой войны инженерами США).

В конце 1960-х гг. был сделан первый шаг к созданию современных интеллектуальных транспортных систем.

Прототип первой автоматической системы управления маршрутом появился в начале 1970-х гг.

Первые автономные коммерческие системы такого типа появились в начале 1980-х гг., первая автономная система с использованием цифровых карт, хранящихся на CD-ROM и отображающихся на цветном дисплее – в середине 1980-х гг., а первая автономная система с использованием приемника GPS – в 1990-х гг.

Экспериментальная задача по определению географических координат города Бреста, исходя из географических координат города Ивацевичи [5]

Решение данной задачи производится способом статического относительно-го позиционирования при использовании четырех спутников.

Относительный метод определения координат местоположения (относительное позиционирование) заключается в одновременном выполнении спутниковых измерений двумя (и более) приемниками.

В относительном методе через абсолютные координаты пунктов, полученные из непосредственных измерений, определяется приращение координат (пространственный вектор) между ними, которое будет свободно от ошибок абсолютного позиционирования.

Условие

Географические координаты г. Ивацевичи $52^{\circ}42'33''$ с. ш. $25^{\circ}20'20''$ в. д., высота над уровнем моря 0,148 км. Расстояния до спутников: $D1 = 19100$ км, $D2 = 20900$ км, $D3 = 19450$ км, $D4 = 20000$ км. Большая полуось эллипсоида: $a = 6378,16$ км, малая полуось эллипсоида: $b = 6356,777$ км.

Ход решения

Находим следующие значения: эксцентриситет эллипсоида (формула 1), радиус кривизны первого вертикала (км) (формула 2):

$$e = \sqrt{(a^2 - b^2) \div a^2}, \quad (1)$$

$$N = a \div \sqrt{(1 - e^2 * (\sin(\varphi))^2)}. \quad (2)$$

Получаем следующие значения: $e = 0.081816$, $N = 6.382074 * 10^3$. После получения этих данных, при помощи прямой геодезической задачи, происходит преобразование географических координат в прямоугольные пространственные координаты (формулы 3, 4, 5):

$$X = (N + h) * \cos(\varphi) * \cos(\gamma), \quad (3)$$

$$Y = (N + h) * \cos(\varphi) * \sin(\gamma), \quad (4)$$

$$Z = (N * (1 - e^2) + h) * \sin(\varphi), \quad (5)$$

где φ – значение широты, γ – значение долготы.

Преобразованные координаты: $X = 5.213254 * 10^3$, $Y = 2.468623 * 10^3$, $Z = 2.713121 * 10^3$.

После преобразования координат используем формулу для нахождения расстояния между двумя точками по их координатам (формула 6) и получаем примерные координаты спутников (таблица 1):

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}. \quad (6)$$

Таблица 1 – Значения координат спутников

Номер спутника	Координаты спутника (км)		
	X	Y	Z
1	$-5.658 \cdot 10^3$	$-8.637 \cdot 10^3$	$-8.39 \cdot 10^3$
2	$-7.553 \cdot 10^3$	$-9.216 \cdot 10^3$	$-9.004 \cdot 10^3$
3	$-5.754 \cdot 10^3$	$-8.898 \cdot 10^3$	$-8.638 \cdot 10^3$
4	$-6.196 \cdot 10^3$	$-9.146 \cdot 10^3$	$-8.903 \cdot 10^3$

Поскольку в данном способе определения координат используются два приёмника, мы можем вычислить расстояние от каждого спутника до г. Бреста (км), используя теорему косинусов (используя угол между первоначальным расстоянием до спутника и расстоянием между двумя приёмниками):

$$D1.1 = 19100.528, D1.2 = 20100.48, D1.3 = 19450.517, D1.4 = 20000.5$$

Далее, используя формулу для нахождения расстояния между точками по их координатам, находим приблизительные координаты г. Бреста (таблица 2).

Таблица 2 – Значения координат искомого пункта

Номер спутника	Координаты г. Бреста (км)		
	X	Y	Z
1	$3.892 \cdot 10^3$	$3.437 \cdot 10^3$	$2.913 \cdot 10^3$
2	$2.941 \cdot 10^3$	$4.679 \cdot 10^3$	$2.552 \cdot 10^3$
3	$3.854 \cdot 10^3$	$3.589 \cdot 10^3$	$2.849 \cdot 10^3$
4	$3.671 \cdot 10^3$	$3.735 \cdot 10^3$	$2.786 \cdot 10^3$

Приводим полученные данные к усреднённому значению по каждой оси (км): $\Delta X = 3.5895 \cdot 10^3$, $\Delta Y = 3.86 \cdot 10^3$, $\Delta Z = 2.775 \cdot 10^3$

Далее находим разницу координат между 1 и 2 пунктом (км) (формулы 7, 8, 9):

$$\{X\} = \Delta X - X, \quad (7)$$

$$\{Y\} = \Delta Y - Y, \quad (8)$$

$$\{Z\} = \Delta Z - Z, \quad (9)$$

$$\{X\} = -1.623754 \cdot 10^3, \{Y\} = 1.391377 \cdot 10^3, \{Z\} = 61.87741 \cdot 10^3.$$

Дальнейший шаг – преобразование полученных пространственных прямоугольных координат в географические при помощи обратной геодезической задачи.

Для начала нужно ввести некоторые переменные: радиус параллели Q , r , геоцентрическую широту α (формулы 10, 11, 12 соответственно). После этого находим географическую широту при помощи итеративного процесса:

$$Q = \sqrt{\{X\}^2 + \{Y\}^2}, \quad (10)$$

$$r = \sqrt{\{X\}^2 + \{Y\}^2 + \{Z\}^2}, \quad (11)$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{\{Z\}}{r}\right) \text{ или } \alpha = \arccos\left(\frac{Q}{r}\right). \quad (12)$$

Полученные значения: $Q = 2.138342 \cdot 10^3$, $r = 2.139237 \cdot 10^3$, $\alpha = 25.5^\circ$.

При итеративном процессе при нахождении широты производится некоторое количество приближений, в нашем случае мы используем 2 приближения:

$$V_0 = \frac{e^2 * Q * \{x\}}{r^2}, \quad (13)$$

$$B_1 = \alpha + V_0, \quad (14)$$

$$V = \frac{a * e^2 * \sin(B_1) * \cos(B_1)}{r * \sqrt{1 - e^2 * \sin(B_1)^2}}, \quad (15)$$

$$B = B_1 + V, \quad (16)$$

где $V_0 = \sin(B_0 - \alpha)$, B_0 – первичная широта (в нашем случае равна 0), B_1 – первичное приближение широты, B – искомая широта. Получаем: $V_0 = 25.5^\circ$, $B_1 = 51^\circ$, $V = 1^\circ$, $B = 52^\circ$ северной широты.

Следующим шагом является нахождение долготы (формула 17).

$$L_0 = \frac{\pi}{2} - 2 * \operatorname{atan}\left(\frac{\{x\}}{Q + \{y\}}\right). \quad (17)$$

В результате расчёта получаем тангенс 2.433113, что приблизительно равно 67,5 градусов.

Так как долгота отсчитывается до 360° то необходимо привести её к необходимому значению за четверть:

$$Y < 0, X > 0, \text{ то } L = 2\pi - L_0$$

$$Y < 0, X < 0, \text{ то } L = \pi + L_0$$

$$Y > 0, X < 0, \text{ то } L = \pi - L_0$$

$$Y > 0, X > 0, \text{ то } L = L_0$$

$$Y = 0, X > 0, \text{ то } L = 0$$

$$Y = 0, X < 0, \text{ то } L = \pi.$$

Рисунок 1 – Отсчёт долготы до 360°

Так как в этом случае $\{X\}$ отрицательное, а $\{Y\}$ положительное нужно преобразовать полученную широту (рисунок 1) по формуле 18:

$$L = \pi - L_0, \quad (18)$$

В результате преобразования получаем 22.5 градуса восточной долготы.

В следствии данной задачи получили следующие значения: 52° с. ш. $22^\circ 30'$ в. д., высота над уровнем моря 62 км.

Решение данной задачи позволило нам убедиться, что определение координат при помощи спутникового метода является достаточно точным, даже в первом приближении. Последующие приближения позволят получить точные координаты искомого пункта.

Заключение

Таким образом, начиная с изобретения компаса, люди начали изучать методы и способы навигации, что привело к её всеобъемлющему развитию и созданию отдельных наук и дисциплин. Все полученные знания и приборы и последующие исследования положили начало развитию картографии, систем ориентирования, GPS-систем и т. д., а также плотно вошли в различные сферы деятельности, не связанные или косвенно связанные с навигацией.

Список цитированных источников

1. Меррилл, Р. Т. Магнитное поле Земли: его история, происхождение и планетарная перспектива / Р. Т. Меррилл, М. У. Макэлхинни. – 2-е печатное изд. – Сан-Франциско, 1983. – С. 101–106.
2. Лоури, У. Основы геофизики / У. Лоури. – Лондон : Издательство Кембриджского университета, 2007. – С. 56–73.
3. Мартин, У. Р. Навигация : Британская энциклопедия / У. Р. Мартин, В. Х. Чисхолм. – 11-е изд. – Лондон : Издательство Кембриджского университета, 1911. – Том 19. – С. 150–160.
4. Боудич, Н. Американский практический навигатор / Н. Боудич. – Мэриленд : Национальное агентство изображений и картографии, 2002.
5. Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии / К. М. Антонович. – Москва, 2006. – 2 т.

УДК 538.91, 548.73, 378.147: 53

Манн А. С.

Научный руководитель: к. ф.-м. н., доцент Гладыщук А. А.

ПРОЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ИМПУЛЬСА В ГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

Решение физических задач графическими методами обладает неоспоримым преимуществом, так как визуализирует сам процесс расчета и дает возможность направлять решение в нужное русло для получения ожидаемого результата. В данной работе рассмотрен упругий удар двух шаров в классическом приближении и примеры применения законов сохранения импульса и энергии в релятивистском случае для элементарных частиц [1, 2].

Исследование неупругого удара

Удар (или соударение) – это столкновение двух или более объектов, взаимодействие которых длится очень короткое время. Воспроизведём взаимодействие шаров разной массы и размеров с помощью смоделированной нами задачи и исследуем абсолютно неупругий удар. Для ее решения нужно будет найти линию удара – это прямая линия, которая совпадает с нормалью к общей касательной плоскости; при этом различают центральный и косой удары.

Стробоскопическая фотография – это фиксация и передача кинетического действия за равные промежутки времени. Процесс соударения шаров удобно рассматривать с помощью таких фотографий. На стробоскопических фотографиях удаётся зафиксировать положения тел через строго фиксированный промежуток времени τ .