

Раздел 2 СУДОВОЖДЕНИЕ, ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

УДК 629.05

DOI: 10.34046/aumsuomt101/8

КОНЦЕПЦИЯ МУЛЬТИПРИЁМНИКА ГНСС НА ОСНОВЕ КАРТ САМООРГАНИЗАЦИИ

Д.О. Бирменко, аспирант

Данная статья предназначена для повышения точности определения места судна. В ней рассмотрен мультиприёмник ГНСС получающий сигналы от разных спутниковых систем с расширенной возможностью обработки данных на основе карт самоорганизации модели Кохонена с описанием и построением математической модели устройства.

Ключевые слова: ГНСС, позиционирование судна, точность измерений, карты самоорганизации.

THE CONCEPT OF A MULTI-RECEIVER GNSS BASED ON SELF-ORGANIZATION MAPS

D.O. Birmenko

This article is intended to improve the accuracy of determining the location of the vessel. It considers a GNSS multi-receiver receiving signals from various satellite systems with an extended data processing capability based on self-organization maps of the Kohonen model with a description and construction of a mathematical model of the device.

Keywords: GNSS, positioning of vessel, measurement accuracy, self-organization maps.

Любой современный приемник ГНСС работает по принципу снижения точности, поэтому именно эти показатели и ее составляющие следует учитывать для точности измерений. Предполагается, что пользователь, имея как минимум два линии при условии синхронизации временного пространства способен получить свое местоположение в времени. Приемник вычисляет каждый такой сигнал, а также учитывает время распространения, которое и определяет дальность действия от каждого источника. Пересечение таких диапазонов дает пользователю его итоговое местоположение.

Наличие различного рода ошибок измерений, учитываемых при определении местоположения, может привести к ошибке точности вычисленного места. Поэтому концепция разбавления точности направлена на минимизацию возникающих ошибок, зависящих от геометрического отношения между пользователем и источником.

Формальное соотношение снижения точности ГНСС начинается с линеаризации уравнений псевдодиапазона. Это соотношение инвертируется в соответствии с алгоритмом решения и применяется для связи положения пользователя с ошибками псевдодальности.

Смещение положения Δx пользователя (приемника) во времени пропорционально величине псевдодальности $\Delta \rho$ и определяется выражением (1):

$$H\Delta x = \Delta \rho \quad (1)$$

Каждая величина состоит из различных компонентов, так вектор Δx состоит из четырех компонентов, в котором первые три являются значениями координат в трех плоскостях

$$a_i = (a_{xi}, a_{yi}, a_{zi})$$

и дополнительным смещением приведения в единое время. [1] Если таковое количество компонентов превышает четыре, следовательно применяется метод наименьших квадратов для определения смещение положения Δx . Тем самым умножив обе стороны на матричную транспозицию H , получающую следующее выражение (2):

$$\Delta x = (H^T H)^{-1} H^T \Delta \rho \quad (2)$$

Значения выше представленной формулы есть ни что иное что величина псевдодальности $\Delta \rho$, при этом данная величина не является безошибочной и рассматривается как линейная функция из трех членов [2]:

$$\Delta \rho = \rho_T - \rho_L + d\rho \quad (3)$$

$$\Delta x = x_T - x_L + dx \quad (4)$$

где: ρ_T, x_T – свободная точка, определяемая как ошибка;

ρ_L, x_L – определенная точка, известная;

$d\rho, dx$ – ошибка в дальности, времени, месте.

Учитывая значения величин псевдодальности с определением смещения положения можно сделать вывод что такое уравнение функциональную зависимость между ошибками значения псевдодиапазона и индуцированными ошибками в вычисленном смещении положения и времени.

При этом такое выражение имеет место быть если точки положения относятся близко к местоположению пользователя и значения псевдодиапазона достаточно малы.

$$dx = [(H^T H)^{-1} H^T] d\rho = K d\rho \quad (5)$$

Уравнение (5) является фундаментальной зависимостью между ошибками диапазона и ошибками смещения положения и времени. [1][3] Матрица решения наименьших квадратов $[(H^T H)^{-1} H^T]$ заменяется на K , и зависит только от относительной геометрии пользователя и спутников. Если предполагать, что ошибки дальности равны среднему гостовскому распределению и что эти ошибки не зависят от спутника к спутнику, то это позволяет нам вычислять ошибки горизонтального или вертикального компонента в зависимости от геометрии спутника и ошибки дальности. Для характеристик точности ГНСС часто используют сигма ошибки положения, из которой можно сделать следующий вывод:

$$dz = \sum_{m=1}^N K_m d\rho_m \quad (6)$$

Данное уравнение (6) говорит нам, что ошибки вертикального положения имеют Гауссово распределение, при условии, что функция Гауссовых случайных величин сама является случайной величиной. Что касается dR ошибок горизонтального положения, то они могут быть специализированы на горизонтальной плоскости и образующей субматрицу K_n , представляющей ничто как величину среднеквадратической погрешности (СКП). [1]

$$dR = K_{2 \times n} d\rho \quad (7)$$

$$K = ((H^T H)^{-1}) H^T \quad (8)$$

Чтобы повысить точность приемника ГНСС можно настроить его на самоорганизующуюся систему с элементами изучения основанных на конкретном обучении каждого поступающего сигнала. Таким способом построения такой конкуренции между сигналами является применение отрицательных обратных связей между ними, где наилучшим воплощением данного процесса строится при помощи карт самоорганизации (self-organizing map) помещающих сигналы-нейроны в одно- или двумерную решетку. Таким образом создается конкурентный процесс на входные значения, в котором выходной нейрон называется победившим и образует новый процесс с данной точки. Результаты каждого нейрона упорядочиваются в системе координат, создавая так называемую топографическую карту в пространственном местоположении. [4]

Способ, способный извлекать признаки вычислительных самоорганизующихся карт рассмотрен в работе Кохонена. [5][6] Построение искусственных топографических карт, обучающихся при помощи самоорганизации соответствует конкретной области признаков данных из входного пространства. Такая модель относится к алгоритму векторного кодирования и реализует топологическое отображение, которое оптимально размещает фиксированное количество векторов во входное пространство более высокой размерности и, таким образом, облегчает сжатие данных.

Идей создания определения места ГНСС на основе карт самоорганизации заключается в том, что судно в изначальный момент находится в определённой точке, заданной оператором вручную либо выбором одной из имеющихся спутниковых систем. В данной точке в активном режиме происходит поступление сигналов, имеющих произвольную размерность в двумерную карту нейронов. Эти сигналы связываются со всеми узлами входного слоя в одной точке и вычисляют оптимальное значение, приближенное к изначальному в упорядоченном виде. Алгоритм, ответственный за формирование самоорганизующихся карт, начинается с определением синоптических весов, запускающих процессы конкуренции и кооперации.

Имея изначальную позицию возникает вопрос, каким образом определить топологическую окрестность поступающих сигналов. В нейробиологии есть обоснование, что возбужденный нейрон всегда пытается возбудить пространство близких к нему нейронов. [5][6] Такой же принцип применяется и в построении карт самоорганизации, в котором топологическая окрестность обозначается как $h_{j,i}$, в котором изначальным или победившим центром является (i) , а приближенные вторично возбужденные нейроны (j) . Следовательно, удовлетворяющим данным требованиям относится Гауссовский процесс, выражаемый как:

$$h_{j,i(x)} = \exp\left(-\frac{d_{j,i}^2}{2\sigma^2}\right) \quad (9)$$

Параметр σ в данном выражении (9) есть нечто иное как эффективная ширина в рамках которой значения рассматриваются к взаимодействию, что также приводит к более быстрой сходимости.

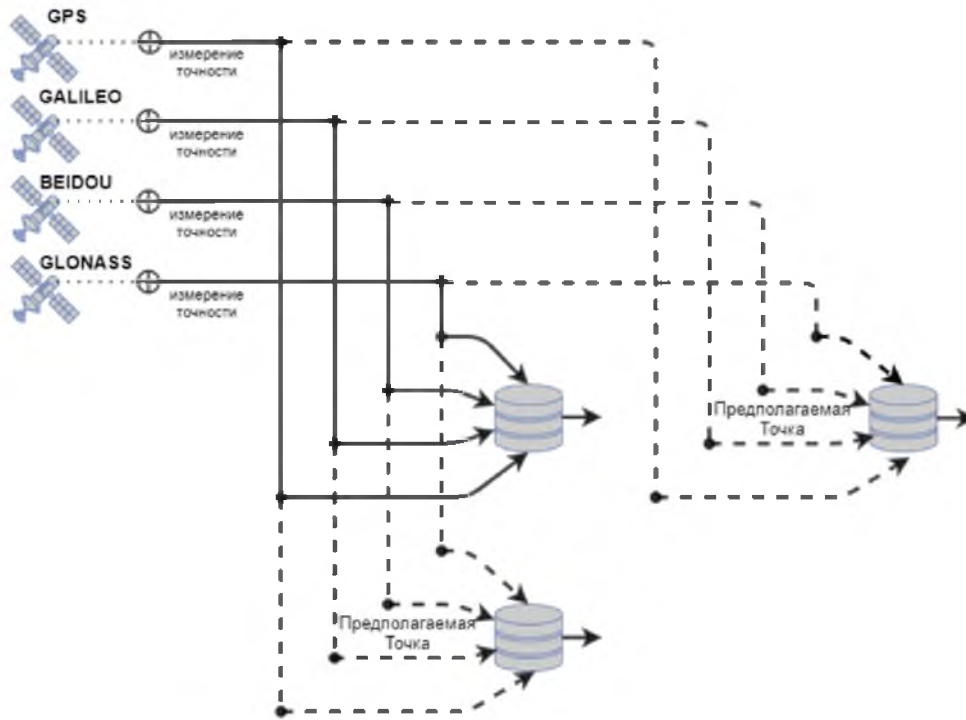


Рисунок 1 – Двумерная решетка нейронов

Для того чтобы наша сеть могла самоорганизоваться, необходимо прибегать к процессу синоптической адаптации w_j , к которой применим гипотезу Хебба с элементом забывания предыдущих слагаемых $g(y_j)w_j$, в которой $g(y_j)$ является неким требованием постоянного слагаемого разложения приравненного к нулю. [7]

$$\Delta w_j = \eta y_j x - g(y_j)w_j \quad (10)$$

$$g(y_j) = \eta y_j \quad (11)$$

$$y_j = h_{j,i(x)} \quad (12)$$

Исходя из этого требования изменение весов нейронов (j) можно выразить путем вычитания η слагаемого скорости обучения и $g(y_j)$ слагаемого забывания с последующим преобразованием в выражение (13) которое отлично применяется ко всем значениям, лежащим в топологической окрестности победившего нейрона (i).

$$w_j(n+1) = w_j(n) + \eta(n)h_{j,i(x)}(n)(x - w_j(n)) \quad (13)$$

Представленный алгоритм имеет эффект перемещения вектора победившего нейрона в сторону входного значения, что позволяет обучать систему благодаря коррекции в окрестностях победителя. Таким образом весь алгоритм проходит шаги по выбору, поиску оптимального приближенного значения и последующей корректировкой с постоянным продолжением вычислений, до тех пор, пока не перестанут происходить заметные изменения.

Представленная концепция открывает совершенно новый взгляд на расширение возможности мультиприёмника ГНСС, в значительной

степени зависящих не только от точности получаемых данных от различных спутниковых систем, но и от скорости обработки данных и выбора оптимального значения, приближенного к действительному.

Литература

1. Kaplan, Elliot D., "Understanding GPS: principles and applications. – 2nd ed., 2006
2. Ward, P., "An Inside View of Pseudorange and Delta Pseudorange Measurements in a Digital NAVSTAR GPS Receiver," International Teletelemetering Conference, GPS-Military and Civil Applications, San Diego, CA, October 14, 1981, pp. 63–69.
3. Van Graas, F., and A. Soloviev, "Precise Velocity Estimation Using a Stand-Alone GPS Receiver," NAVIGATION: Journal of The Institute of Navigation, Winter 2004–2005.
4. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил. – Парал. тит. англ.
5. Kohonen T., "The self-organizing map", Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1990, vol. 78, p. 1464-1480
6. Kohonen T., "Learning vector quantization for pattern recognition", Technical Report TKK-F-A601, Helsinki University of Technology, Finland, 1986
7. Kohonen T., "Self-organized formation of topologically correct feature maps", Biological Cybernetics, 1982, vol. 43, p. 59-69

References

1. Kaplan, Elliot D., "Understanding GPS: principles and applications. – 2nd ed., 2006

2. Ward, P., "An Inside View of Pseudorange and Delta Pseudorange Measurements in a Digital NAVSTAR GPS Receiver," International Telemetry Conference, GPS-Military and Civil Applications, San Diego, CA, October 14, 1981, pp. 63–69.
3. van Graas, F., and A. Soloviev, "Precise Velocity Estimation Using a Stand-Alone GPS Receiver," NAVIGATION: Journal of The Institute of Navigation, Winter 2004–2005.
4. Nejrómnye seti: polnyj kurs, 2-e izdanie.: Per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2006. – 1104 s.: il. – Paral. tit. angl.
5. Kohonen T., "The self-organizing map", Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1990, vol. 78, p. 1464-1480
6. Kohonen T., "Learning vector quantization for pattern recognition", Technical Report TKK-F-A601, Helsinki University of Technology, Finland, 1986
7. Kohonen T., "Self-organized formation of topologically correct feature maps", Biological Cybernetics, 1982, vol. 43, p. 59-69

УДК 656.61.052: 629.5.06

DOI: 10.34046/aumsuomt101/9

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ БУКСИРА-АВТОМАТА С АЗИМУТАЛЬНЫМИ ВИНТОРУЛЕВЫМИ КОЛОНКАМИ (АБА) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ АДДИТИВНОГО МАКЕТИРОВАНИЯ

С.Н. Стуконог, аспирант

В исследовании продемонстрированы алгоритмы работы группы моделей АБА на платформе всенаправленного движения. Представлена спроектированная модель АБА, включающая в себя, такие компоненты как корпус судна, килевая конструкция (КК) и винто-рулевые колонки (ВРК). Модель АБА была воссоздана посредством 3-Д печати. Показан алгоритм движения АБА, апробированный при помощи написанного программного кода, а также программное обеспечение (ПО) с демонстрацией работы алгоритмов в интерфейсном окне.

Ключевые слова: лоцманская проводка судна, автоматизированная швартовка судна, азимутальный буксир-автомат, судно с автоматическим управлением.

DEVELOPMENT OF A MODEL OF AN AUTOMATIC TUG WITH AN AZIMUTH STEERING COLUMN USING ADDITIVE PROTOTYPING TECHNOLOGIES

S.N. Stukonog

The study demonstrates the algorithms for the work of a group of ABA models on the omnidirectional motion platform. The designed model of ABA is presented, which includes such components as the ship's hull, keel structure (KK) and propeller-driven propellers (VRK). The ABA model has been recreated through 3-D printing. Shown is the ABA movement algorithm tested using the written program code, as well as software (software) with a demonstration of the algorithms in the interface window.

Keywords: pilotage of a vessel, automated mooring of a vessel, azimuth automatic tug, unmanned vessel.

В научно-исследовательской лаборатории «Автоматизация судовождения» ФГБУ ВО «ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова» продолжается работа над внедрением современных технических решений БЭС СП [1]. В настоящее время производится моделирование системы управления группой АБА с использованием двух ВРК.

Важной частью решения задачи безэкипажного судовождения в современном порту (БЭС СП) стал режим дистанционного пилотирования подвижными объектами. Лоцманская проводка и швартовка судов в морской зоне и на подходах к ней требует внедрения современных технических решений [2].

На начальной стадии разработка модели, для демонстрации работы алгоритмов движения

АБА, включила в себя управление платформой с колесами всенаправленного движения [3].

Были созданы четыре модели АБА для демонстрации процесса лоцманской проводки и швартовки судна к грузовому терминалу (см. рисунок 1).

Дальнейшие исследования включили в себя создание модели АБА с использованием тех же внутренних компонентов, что и в АБА с колесами всенаправленного движения и двух ВРК. Были созданы 3-Д модели корпуса АБА, ВРК и КК (см. рисунок 2).

Нос и корма буксира имеют одинаковое строение, что позволяет совершать продольное движение с одинаковой скоростью. Две ВРК расположены в диаметральной плоскости, что позволяет двигаться в любом направлении и совершать