

УДК 656.614.073.238-047.36+629.544.065-047.36

LOADING SYSTEM CONTROL CONTAINER SHIPS

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗАВАНТАЖЕННЯ КОНТЕЙНЕРОВОЗІВ

V.V. Nikolskyi ¹, DSc, prof., Y.A. Nakul ², captain, PhD student,
V.O.Stovmanenko ³, student

В.В Нікольський ¹, д.т.н., професор, Ю.А. Накул ², капітан, аспірант,
В.О. Стовманенко ³, студент

¹ National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine

¹ Національний університет "Одеська морська академія", Україна

² National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine

² Національний університет "Одеська морська академія", Україна

³ Petro Mohyla Black Sea National University

³ Черноморський Національний університет ім. Петра Могили, Україна

ABSTRACT

During this work system for container ship loading was created, looked over the details of realization such systems, the most effective ones was chosen and described it's work.

Keywords: container ship, load, control, wireless, microcontroller, inertial navigation systems, Cartesian space.

Постановка проблеми в загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями

Завантаження вантажів на судно є зовсім не таким простим завданням, як може здатися на перший погляд. Недбалість під час цього процесу може привести до дуже серйозних наслідків. Зокрема показовий випадок контейнеровозу "CSCL Uranus" [1], який потрапивши в шторм нахилився і за борт зійшло 80 контейнерів, додатково деякі контейнери було пошкоджено. Все це відбулося через неправильне закріплення та завантаження контейнерів на борті [2]. В підсумку значні фінансові витрати та судові процеси, які розтягнулися на декілька років. Все могло обійтися ще серйозніше, якби судно нахилилося на більший кут внаслідок недотримання правил техніки безпеки. Судно могло досягнути значного крену й перевернутися, тоді мова йшла б про значно більші витрати, а також про людські життя.

Також не поодинокими є випадки, коли необхідний контейнер перебуває під двома, а то й більше, контейнерами. Для вивантаження цього, потрібного, вантажу треба вивантажити декілька інших об'єктів, а потім знову їх завантажити. Це займає час, а отже також призводить до фінансових витрат. Пошуки рішення, яке здатне було б допомагати портовим працівникам та екіпажу судна, не принесли бажаних результатів. Відсутність такої системи на

ринку поруч з існуванням попиту з боку транспортних компаній створює нішу, яку може зайняти подібна система.

Аналіз останніх досягнень і публікацій, в яких почато рішення даної проблеми і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Розвиток комп'ютерних технологій на кожному рівні розвитку відкриває нові можливості контролю завантаження вантажів на судно задля прискорення процесу. Але, не зважаючи на це, на багатьох суднах капітан, або його помічник, має безпосередньо спостерігати за процесом задля того, щоб пересвідчитися, що відповідний контейнер було встановлено саме на те, попередньо вказане місце, а для перевірки закріплення треба було направити декілька людей, які б змогли все оглянути в безпосередній близькості до контейнера.

Зараз існують програми, які дозволяють графічно відобразити розміщення контейнерів в зонах зберігання, але заносити дані про перебування цих вантажів треба вручну, що приховує у собі загрозу помилок або неточності з приводу неуважності. Також програми можуть пропонувати оптимізацію розміщення контейнерів, але вже після того, як дані про нього було внесено, тобто якщо контейнер встановлено і лише потім внесено в програму, то доведеться переставляти його, тобто витратити додатковий час та ресурси.

В результаті проведеного аналізу сучасних систем завантаження контейнеровозів [3-6] були виявлені їх недоліки:

- необхідність купувати цілком нові крани для завантаження, які реалізують уже готові алгоритми автоматизованого завантаження, що вимагає вливання значних коштів за відносно короткий проміжок часу;
- закритість коду програм, що не дозволяє гнучко налаштовувати програму для потреб того чи іншого контейнеровозу/порту/транспортної компанії;
- висока ціна на продукти фірм, які пропонують аналогічні системи (наприклад DELFTload коштує 150 євро за одну ліцензію);
- націленість на певний, конкретний тип суден, тобто відсутність універсальності;
- недостатній рівень автоматизації у програмних продуктах (необхідність вручну вносити дані про перебування чи відсутність певного контейнера).

Формулювання цілей статті (постанова завдання)

Нами пропонується система, метою створення якої є встановлення контролю над процесом завантаження в портах для забезпечення правильності розміщення, дотримання показань ваги для кожної частини судна, дотримання правил техніки безпеки при розміщенні контейнерів з вантажами різних класів "небезпечності". Певні види вантажів мають певні правила розміщення. Відповідно до цих правил має підбиратися правильна позиція для контейнера. Також ця система має допомогти отримати доступ до контейнерів, які мають бути вивантажені в порту в першу чергу, тобто оптимізувати розміщення

відповідно до маршруту для оптимальної позиції кожного контейнера і, в той же час, максимальній завантаженості корабля.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Спочатку варто розглянути процес завантаження на теперішній час. Коли судно заходить у порт, то за допомогою супутникових каналів зв'язку список вантажів, які треба завантажити вже передано в порт і на місці відбуваються підготовчі роботи. Необхідні контейнери з портових зон зберігання доставляються до безпосереднього місця завантаження. Після того, як судно пришвартувалося починається процес завантаження. За ним слідує помічник капітана, відповідальний за вантажні операції. Проте він може лише візуально слідувати за тим, що відбувається. Жодних сигналів про те, що той чи інший контейнер було завантажено. Крани, керовані крановими, починають перенесення вантажів, ставлять контейнери на вільні місця у виділених зонах завантаження судна. При цьому не завжди можна контролювати точну постановку вантажу, що може призвести до нестабільного встановлення. Після того як було завантажено усі контейнери екіпаж закріплює їх, відшвартовується і виходить у море.

Таким чином можливо сформулювати до системи контролю такі вимоги:

1. Забезпечення надійного зв'язку між крановими та контейнеровозом.
2. Візуальний інтерфейс сигналізації завантаження того чи іншого контейнера.
3. Аналіз навантаження різних секторів корабля.
4. Збереження історії.

На всіх GPS-системах у порту судно є точкою, що дуже ускладнює контроль за процесом завантаження, так як дослідити положення тіла на основі даних GPS неможливо, або дуже дорого. Використання цієї технології перше, що спало на думку, коли мова зайшла про контроль за місцезнаходженням об'єктів. Так як перевізники не можуть ніяк модифікувати контейнер, то варіант із зовнішнім маркуванням також відпадає. Треба знайти спосіб контролю положення тіла, який би не передбачав ніяких додаткових об'єктів-орієнтирів та дозволяв залишити контейнер саме у тому вигляді, в якому його надав клієнт. Відповідно до цих вимог було обрано координатний метод контролю.

Кожне тіло має координати в просторі. Увівши певну точку відліку можна точно сказати про місцезнаходження об'єкта у просторі. Звісно, одного набору координат буде замало інакше ми стикатимемося з ігноруванням фактичних розмірів тіла. Якщо ми розглядаємо контейнер, то говоримо про прямокутний паралелепіпед із заданими розмірами. Ідеально описати його положення у просторі можна зафіксувавши координати (x,y,z) усіх його вершин відносно

певної базової точки (початку координат), але для спрощення, маючи розміри того чи іншого контейнера можна обмежитися координатами чотирьох точок, координати нижньої основи можна розрахувати, якщо вона буде паралельна до земної поверхні. Паралельність можна оцінити розглянувши координати z точок верхньої основи (рис. 1).

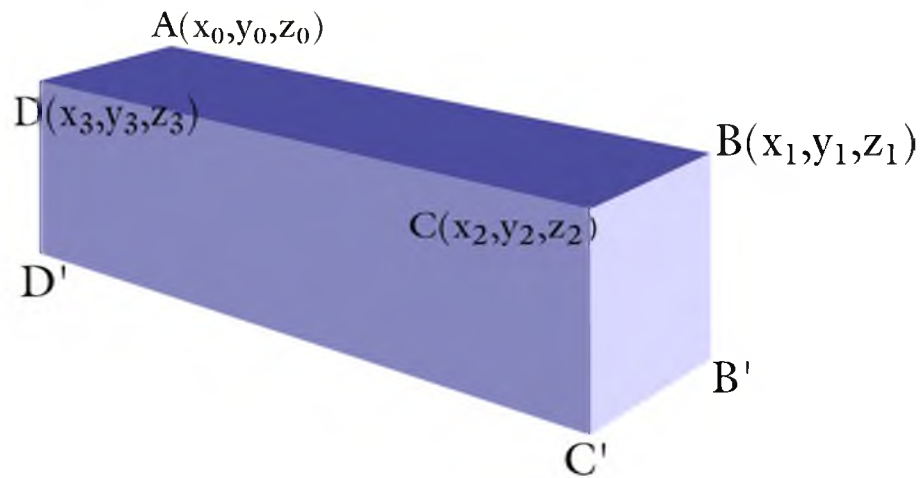


Рис. 1. Фіксовані точки для визначення координат (A' прихована)

Інерційні навігаційні системи (ІНС) будуть розміщені в точках A , B , C , D . d — діагональ бічної грані. Решта координат буде розрахована. Розрахунки проводитимуться наступним чином:

- візьмемо точку A , як базову, її $z = Z$;
- розглянемо прямокутник $AA'B'B$.

У випадку, коли $z_b = Z$, маємо кут $\varphi = 0$. Якщо аналогічна ситуація повториться з прямокутником $CC'D'D$, то прямокутник $ABCD$ паралельно перенесеться в $A'B'C'D'$ з відповідною зміною координат z цих точок на Z .

Якщо на одній із бічних поверхонь не виконуватиметься умова $\varphi = 0$, доведеться виконати додаткові розрахунки. Треба розрахувати нахил відносно точки (рис. 2).

$$\tan(\sphericalangle \angle B_0 AB) = \Delta h / R \quad (1)$$

Якщо тангенс кута збільшуватиметься до певного порогового значення, то крановий отримуватиме попередження і має вирівняти положення.



Рис. 2. Розрахунок нахилу

Аналогічним чином можна описати місця, в яких ці контейнери можна зберігати (склад в порту) чи перевозити (зони завантаження на судні). Також можна виконати розмітку таких зон в порту (рис. 3).

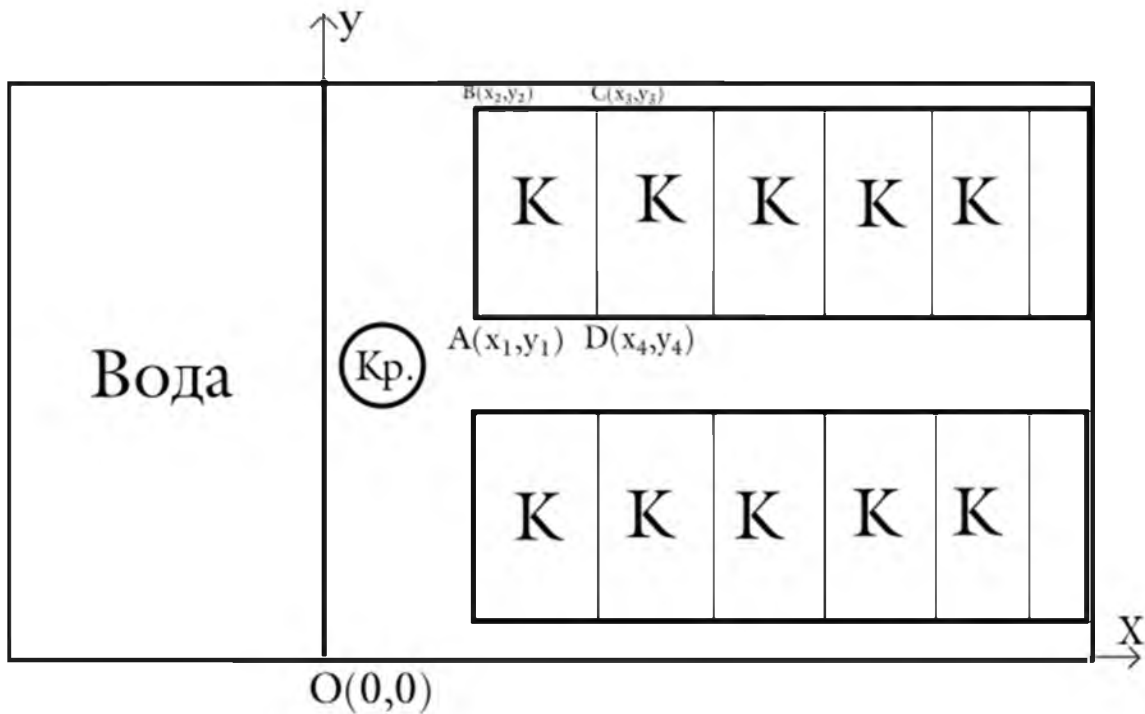


Рис. 3. Карта розміщення контейнерів у порту (прямокутник $ABCD$ демонструє координати одного з можливих контейнерів), K — контейнер, $Кр.$ - кран.

Таким чином можна отримати дані про місцезнаходження того чи іншого контейнера відносно легко, маючи перед собою карту зон завантаження чи портового складу. Створивши базу даних, яка пов'язуватиме координати об'єкта та його ідентифікатор (посилання на інформацію про цей контейнер) можна буде знаходити необхідний об'єкт знаючи його координати і навпаки. А це і є однією з основних цілей системи, яка контролюватиме завантаження.

Треба тільки навчитися достатньо точно розраховувати або визначати координати точок в просторі. В будь-якому випадку доведеться отримувати певну інформацію про зміну стану контейнера, щоб дані перезаписувалися або розраховувалися спочатку. Враховуючи кількість необхідних операцій, які треба виконувати для підтримки актуальних даних та частоту виконання можна віддати пріоритет способам, які дозволятимуть безпосередньо отримати координати тіла, що рухається. Для цих цілей можна використовувати ІНС [7-9], які дозволяють здійснювати виміри прискорення та кутові швидкості тіла і відповідно до цього розрахувати положення в просторі. Вони складаються з трьох основних компонентів:

- акселерометра, пристрою, який визначає прискорення;
- гіроскоп (и), пристрій (ої), що визначають кутові швидкості;
- електронний обчислювальний пристрій, що виконує первинний аналіз даних та на їх основі розраховує швидкість руху та, власне, координати.

Треба, щоб такі ІНС були розташовані принаймні в двох вершинах контейнера. Оскільки маркувати, змінювати зовнішній вигляд чи встановлювати певні, додаткові компоненти на контейнер може тільки власник, доцільно встановити ІНС на кріплення крану. Під час перенесення вантажу кріплення крану під'єднується до кутів, тому положення датчиків на кріпленнях будуть збігатися з положенням кута тіла в просторі. До того ж фіксувати зміни положення, відповідно до наших задач, треба тільки під час перенесення.

Таким чином система буде працювати так:

I. Крановий, отримавши координати потрібного контейнера, підіймає його краном. В момент зчеплення в базі виконується пошук інформації про вантаж, який буде перенесено. Отримавши розміри контейнера розраховуються координати всіх інших вершин.

II. Виконується переміщення контейнера на судно відповідно до координат, які були задані капітаном для даного контейнера.

III. Після того, як контейнер було встановлено на потрібне місце, суднова частина системи оповіщається про це. В портову базу відправляється команда, яка підтверджує успішне перенесення вантажу.

Так буде повторюватися поки всі вантажі не буде завантажено. Окрім того, відповідно до параметрів судна система, а саме її суднова частина може висловлювати пропозиції щодо найбільш раціонального розміщення вантажів. Для того, щоб усі розрахунки здійснювалися якомога точніше — в судновій частині буде створено інтерфейс, який дозволяє налаштувати специфічні параметри та оновити, чи відкоригувати карту збереження вантажів (рис. 4).

Карта Збереження Вантажів (далі КЗВ) — це формальний опис усіх зон завантаження, з їх описом і урахуванням специфіки конкретного судна, кожне місце для контейнера в якій поставлено у відповідність до координат відносно певної, базової точки контейнеровозу. Але виникає проблема існування двох Декартових координатних просторів, адже таким чином кран не дізнається координат місця призначення через те, що не існує зв'язку між ними. Для вирішення цієї проблеми буде виконуватися узгодження координатних просторів. Після швартування судна в порту і встановлення каналу зв'язку із портовими кранами відбудеться передача КЗВ і розрахунок координат не відносно базової точки судна, а відносно базової точки портових кранів. Всі перетворення відбуватимуться в програмному комплексі й капітан, працюючи з КЗВ на судні може відправляти поточні, зрозумілі йому координати, які будуть автоматично перераховані системою.

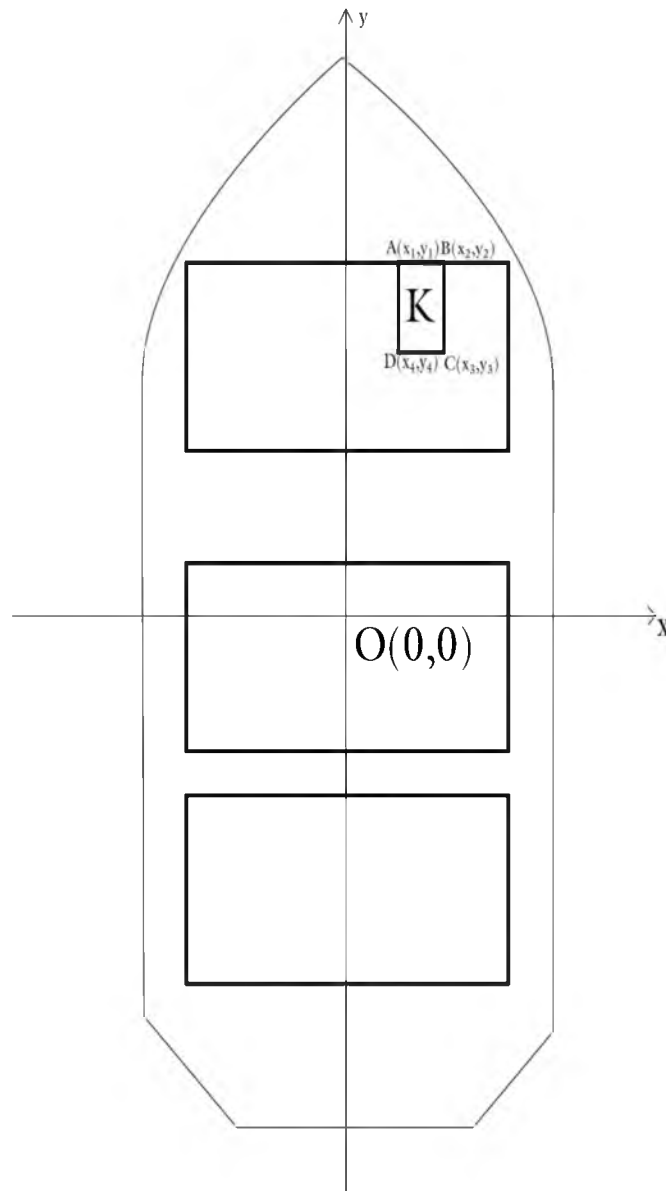


Рис. 4. Карта збереження вантажів, K - контейнер для прикладу, який характеризує розміщення

Далі наведемо вимоги щодо каналу зв'язку. На борту судна є супутникові канали зв'язку через які можна отримати доступ у мережу Інтернет. Відповідно можна надсилати дані через цей канал, але це є не надто результативно, до того ж дані в процесі передачі можуть бути перехоплені. Набагато більш надійним є прямий зв'язок кранових та судна. Для забезпечення зв'язку можна скористатися бездротовим зв'язком (дротове з'єднання було відкинута як нерациональне). З поміж стандартів бездротової передачі даних, які рационально використовувати для побудови локальних мереж було обрано стандарт IEEE 802.11, а саме його реалізацію — Wi-fi. На судні буде встановлено роутер або їх низка, який(і) взмозі покривати розраховану відповідно до розмірів судна зону. В зоні завантаження стоятиме ретранслятор сигналу для забезпечення

необхідного радіусу дії відповідно до реалій того чи іншого порту та особливостей його зон завантаження (рис. 5).

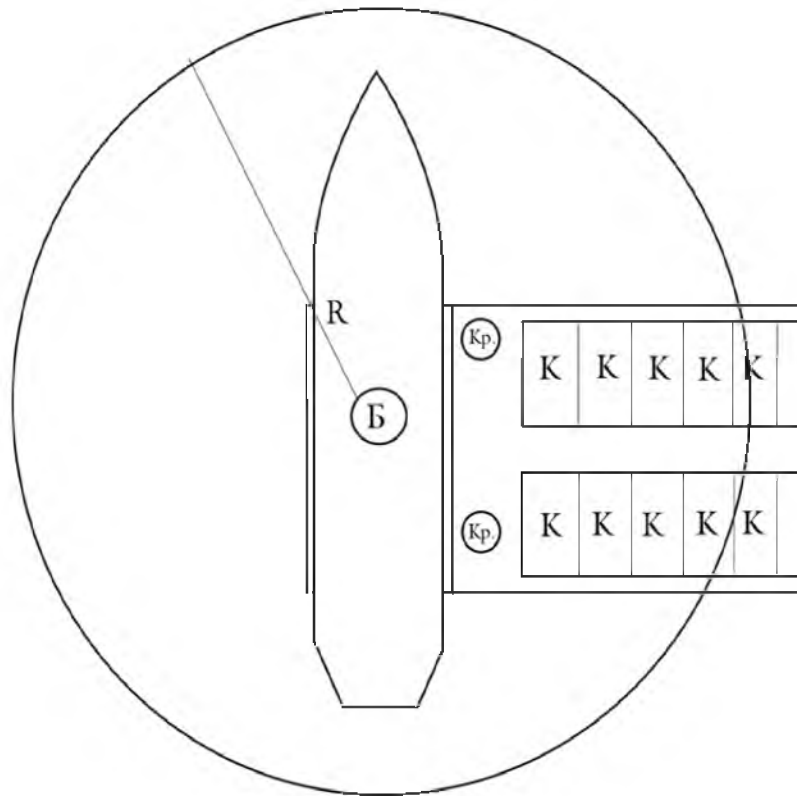


Рис. 5. Покриття Wi-fi — бази (Б), яка має радіус покриття (R , $R > L$ (довжина судна)/2)

Всі модулі, встановлені на кранах відправлятимуть інформацію на суднову частину системи. Вона являє собою комп'ютер, який приєднано до роутера, що створює мережу комунікації. На комп'ютері встановлено програмне забезпечення, яке виконує обробку всіх даних, які надходять від кранів. Заповнюється судновий реєстр вантажів, який являє собою надбудову на КЗВ і, по суті, поєднує координатну інформацію про місцезнаходження об'єкта і дані про цей об'єкт. Напрямку з даними, які надходять з мережі, працюватиме лише один програмний модуль. Буде відбуватися логування та занесення контейнера до реєстру вантажів судна. Всі інші програмні модулі працюватимуть з ним. В програмі передбачено: графічний інтерфейс користувача, який дозволяє відобразити розміщення контейнерів; модуль, який дозволяє переглянути історію перевезень; модуль аналізу розміщення, який підбиратиме найбільш оптимальне положення для контейнера; модуль зв'язку, через який здійснюватиметься зв'язок між судном та крановими.

Кранова ж частина системи складається з двох модулів ІНС та мікроконтролера, через який здійснюватиметься передача інформації. Мікроконтролер під'єднується через інтерфейс RC-45 до більш потужного роутера. Можлива пряма передача з мікроконтролера, якщо до його складу входить вбудований модуль Wi-fi. Таким чином маємо мережу, як зображено на рис. 6.

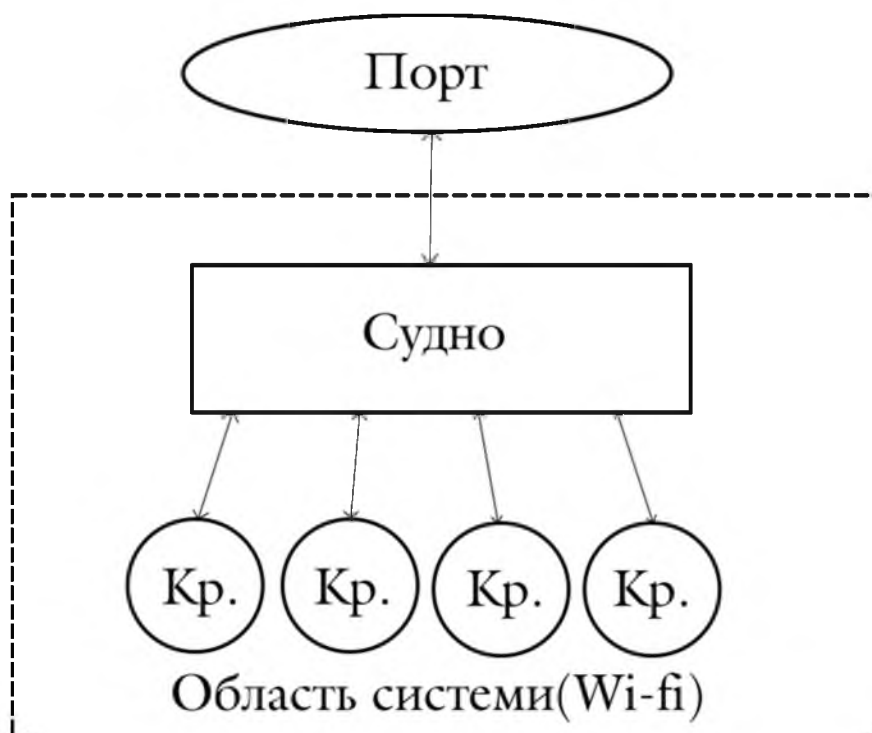


Рис. 6. Ієрархія мережі

Висновки і перспективи подальших розвідок у даному напрямку

Під час виконання роботи було проаналізовано та визначено проблему завантаження суден у портах. Розглянуто варіанти розв'язання вирішення проблеми, які існують на теперішній час і виявлено їх недоліки. Відповідні моменти було включено в поставлене завдання. Було визначено завдання до майбутньої системи, відповідно до якого було розроблено модель системи та описано механізм її роботи, координатний метод контролю. Бездротові мережі та ІНС є основним та дієвим засобом вирішення поставленого завдання.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нікольський, В. В. Система підтримки прийняття рішення по навантаженню великотоннажного контейнеровоза / В.В. Нікольський, М.В. Нікольський, Ю.А. Накул // Наукові праці ЧДУ ім. Петра Могили. – Серія: “Комп’ютерні технології”. – Вип. 271. – Т. 283. – Миколаїв, 2016. – С. 60–63.
2. Бычков, Д. В. Усовершенствование и оптимизация схемы крепления контейнеров для повышения сохранности перевозимого груза: дис. ... канд. техн. наук / Дмитрий Владимирович Бычков. - Одесса, 2007. - 216 с.
3. Бабаков, В. В. Расчет грузового плана контейнеровоза на персональных ЭВМ / В.В. Бабаков // Учебное пособие. - Одесса: ОГМА, 1992. - 40 с.
4. Ресурс <http://www.deltamarine.com.tr/en/services/ship-loading-software.php>.
5. Ресурс <http://www.delftship.net/DELFTship/index.php/delftload/delftload>

6. Ресурс <http://www.interschalt.com/software/meecos-suite/>
7. Мелешко, В. В. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы / В.В. Мелешко, О.И. Нестеренко // Учебное пособие. – Кировоград: ПОЛИМЕД - Сервис, 2011. – 171с.
8. Доросинский, Л. Г. Основы и принципы построения инерциальных навигационных систем / Л.Г. Доросинский, Л.А. Богданов // Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал. – 2014. – № 5. Ресурс <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14356>.
9. Ресурс <http://www.oxts.com/what-is-inertial-navigation-systems-guide/>