

## РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗАВАНТАЖЕННЯ КОНТЕЙНЕРОВОЗА

УДК 629.544:531.7

**НАКУЛ Юрій Олександрович**

аспірант «Одеської морської академії», м. Одеса, Україна

**Наукові інтереси:** логістика транспортування контейнерних вантажів морським сполученням, автоматизація процесів завантаження/відвантаження вантажів з контейнеровозів, контроль стійкості судна в залежності від завантаженого вантажу.

**e-mail:** Nak.01@ukr.net

Процес завантаження контейнеровозів є складним завданням, що вимагає координації багатьох складових. Зазвичай кранові керуються планом завантаження, в якому вказані координати розташування контейнерів в системі координат, прив'язаній до судна. Місця встановлення контейнерів вказуються в цифрах за допомогою системи координат номер ряду-відсіку-ярусу в судновій системі координат. Недбалість під час цього процесу може привести до дуже серйозних наслідків, до яких відноситься неправильний розподіл маси на судні, що може призвести до втрати контейнерів під час транспортування чи затоплення всього судна, також можуть бути здійснені перестановки контейнерів на палубі з втратою інформації, або неконтрольоване вивантаження їх на беріг. Оскільки крановий працює в безперервному режимі, керуючись виключно текстовою та табличною інформацією – зі збільшенням об'ємів робіт зростає кількість можливих помилок, що призводить до надлишкових фінансових витрат. Для здійснення повного контролю за переміщеннями контейнерів під час завантаження та отримання можливості автоматичної перевірки параметрів стійкості судна потрібно мати можливість автоматичної реєстрації їх переміщень та ваги.

Для вирішення поставленого завдання необхідно провести систематизацію та аналіз основних понять, технологій, обладнання, норм і вимог, що пред'являються до системи завантаження, як з боку замовника

перевезення, так і з боку оптимізації процесу завантаження та його відповідності до критеріїв розміщення вантажів та подальшої перевозки. При цьому необхідно розглянути можливості об'єднання звичайної мережі передачі інформації з нетиповими мережами, такими як сенсорну мережу, корабельну, портову та інші, пошук їх місця в загальній структурі інформаційного середовища, розробки нової концептуальної моделі апаратно-програмних комплексів відповідно до введених змін.

В ході досліджень визначено, що найбільш універсальними інформаційними моделями є моделі, що використовуються при побудові промислових інформаційних систем. Використання інформаційних моделей промислових систем дозволяє будувати універсальні комп'ютерні комплекси, здатні вирішувати різні дослідницькі або виробничі завдання. При цьому в разі відсутності будь-яких функцій в системі – в моделі просто не буде використовуватися відповідний рівень. Тому актуальним є розгляд і вдосконалення інформаційних систем для промислових комплексів шляхом визначення в них місця нетипових комп'ютерних систем, а також розробки методів динамічної конфігурації моделі в залежності від розв'язуваних завдань.

На підставі проведеного дослідження існуючих систем планування та контролю завантаження визначено, що у всіх розроблених системах на сьогоднішній день питання розміщення контейнерів визначається досить

суб'єктивно, керуючись лише досвідом капітана судна, чи іншої відповідальної особи. Загальним недоліком існуючих моделей комп'ютерних систем є відсутність можливості контролювати вагу та переміщення контейнерів в реальному часі з можливістю автоматичної генерації звіту для подальшої корекції процесу завантаження. Системи планування та завантаження завжди розглядалися як окремі інформаційні системи, не пов'язана єдиними інформаційним простором з корабельними системами.

Рішення завдання побудови об'єднаної гетерогенної комп'ютерної системи контролю завантаження є актуальною, так як дозволить істотно скоротити час на планування та сам процес завантаження і економічні витрати загалом в процесі завантаження/розвантаження судна.

**Метою роботи** є розробка інформаційної моделі гетерогенної комп'ютерної системи контролю завантаження контейнеровоза та журналювання його процесу.

### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Рішення поставленого завдання на прикладі об'єднання системи планування та контролю процесу завантаження найкраще здійснити методами системного

аналізу, використовуючи логічну схему проектування, базовану на формалізованих елементах (M, S, A, C, R, T), а також – графи (для наочності при топологічному аналізі) [1-13].

Тут M – модель об'єкта проектування;

S – непорожня множина. Елементи множини – завдання проектування;

A – кінцева множина. Елементи множини – початкові дані;

C – кінцева множина. Елементи множини – обмеження, вимоги або інші залежності;

T – кінцева множина. Елементи множини – проектні рішення;

R – відображення, яке ставить кожній парі виду  $(a_{si}, c_{si})$ ,  $a_{si} \in A$ ,  $c_{si} \in C$  у відповідність непорожню підмножину множини T, що позначається як  $R(a_{si}, c_{si})$

Вся множина завдань проектування S вважається повністю вирішуваною, якщо  $|R(a_{si}, c_{si})| = |S|$ . При цьому повинно виконуватися рівність  $|R(a_{si}, c_{si})| = 1$  [1].

Таким чином, для візуального представлення завдання можна побудувати блок-схему відображення всіх вище перерахованих елементів на об'єкт дослідження (рис. 1).

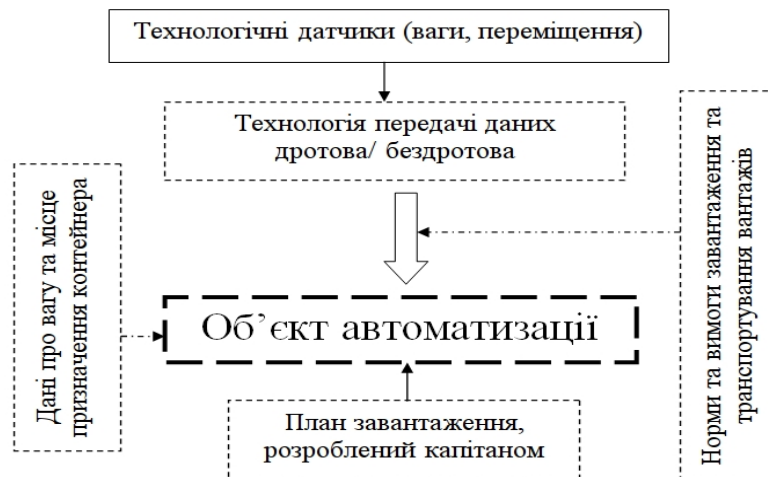


Рис. 1. Блок-схема рішення задачі проектування об'єднаної гетерогенної комп'ютерної системи контролю завантаження

Далі, на основі отриманих умов для вивчення структури взаємозв'язків елементів системи можна вже використовувати топологічний аналіз або аналіз зв'язності. Цей аналіз визначає зв'язність підсистем в системі [4, 9, 12].

Визначимо систему у вигляді  $S = \{X, R\}$ , де X – множина елементів; R – деяке відношення між елементами. Визначимо для відносини R матрицю інцидентів r, яка влаштована за принципом «хто перед ким має перевагу, або хто кому передає інформацію» [3, 7, 8].

Якщо один елемент матриці має перевагу перед іншими, або другий передає інформацію першому, тобто відношення  $R$  виконується, то в клітку  $(i, j)$  записується 1; якщо ж відношення  $R$  не виконується, то в клітку  $(i,$

$j)$  записується 0 [4, 8, 10]. Отже, матриця інцидентції складається з нулів і одиниць (табл.1). Матриця в табл. 1 побудована на основі узагальненої інформації про структуру процесу роботи портових завантажень.

Таблиця 1

**Матриця інцидентності  $r$  для структури комп'ютерної системи та контролю завантаження контейнеровозу**

	Черговість доставки	Вага контейнера	Вартість вантажу	Журналювання процесу завантаження	План завантаження, розробл. капітаном	Черговість надходження контейнерів	Розподіл ваги на палубі
Черговість доставки	0	0	0	1	0	1	0
Вага контейнера	1	0	1	1	1	1	0
Вартість вантажу	1	0	0	1	1	1	0
Журналювання процесу завантаження	0	0	0	0	0	0	0
План завантаження, розроблений капітаном	0	0	0	1	0	1	0
Черговість надходження контейнерів	0	0	0	1	0	0	0
Розподіл ваги на палубі	1	1	1	1	1	1	0

Це завдання на даному етапі можна представити у вигляді неструктурованого графу (рис. 2). Виходячи з неструктурованого графа (рис. 2) побудувати інформаційну модель можна тільки після його структуризації за допомогою топологічного аналізу [4, 11].

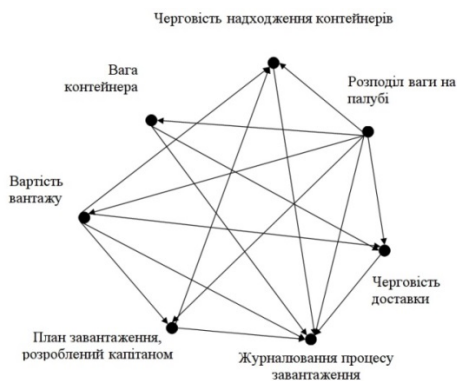


Рис. 2. Неструктурований граф взаємозв'язку елементів комп'ютерної системи контролю завантаження контейнеровозу

Рішення поставленого завдання здійснимо покроково, на кожному кроці визначаючи приналежність кожного з елементів певного рівня, починаючи з найвищого [5]. При цьому на кожному кроці рішення елементи певного рівня будуть виключатися з множини можливих рішень, тим самим спрощуючи вирішуване завдання.

Крок 1. Складаємо вектор-рядок  $A0$ , що дорівнює сумі рядків вихідної матриці  $r$ :  $A0 = (3\ 1\ 2\ 6\ 3\ 5\ 0)$ . Нульові елементи в рядку  $A0$  мають найбільшу перевагу по даному відношенню. Зазначені елементи утворюють порядковий рівень  $N0$ . У нашому випадку це розподіл ваги на палубі  $\{PB\}$  (в табл.2.2 закреслено хвилястою лінією).

Крок 2. Перетворимо рядок  $A0$ , а саме:

а) нулі замінимо знаком "X";

б) виключимо з рядка  $A0$  значення, відповідні "нульовим" елементам, тобто розподіл ваги на палубі (також закреслимо цей рядок в матриці інцидентності).

В результаті отримаємо рядок  $A1 = (2\ 0\ 1\ 5\ 2\ 4\ X)$ . Нові нулі в рядку  $A1$  дають елементи, які мають більшу перевагу перед іншими (крім уже виділених елементів). Вага контейнера  $\{BK\}$  (в табл.2.2 закреслено штриховою лінією) утворюють новий порядковий рівень  $N1$ .

Крок 3. Перетворимо рядок  $A1$  аналогічно кроку 2, в підсумку отримаємо рядок  $A2 = (1\ X\ 0\ 4\ 1\ 3\ X)$ . Утворений новий нуль відповідає елементам вартість вантажу  $\{BV\}$ , (в табл.2.2 закреслено суцільною лінією), що створює порядковий рівень  $N2$ .

Крок 4. Перетворимо рядок  $A2$ , виключаючи значення, відповідні "нульовим" елементам і замінюючи попередні нулі іксом.

В результаті отримаємо рядок  $A3 = (0\ X\ X\ 3\ 0\ 2\ X)$ . Нові нулі відповідають елементам черговість доставки {ЧД} та план завантаження, розроблений капітаном {ПЗРК} (в табл.2.2 закреслено штрих-пунктирними лініями).

Крок 5. Після перетворення  $A3$  отримуємо:

$A4 = (X\ X\ X\ 1\ X\ 0\ X)$ , що дає нам рівень  $N4$  (в табл.2.2 закреслено двома суцільними лініями): черговість надходження контейнерів {ЧНК}.

Крок 6. Після перетворення  $A4$  отримуємо:

$A5 = (X\ X\ X\ 0\ X\ X\ X)$ , що дає нам заключний рівень  $N5$ : журналювання процесу завантаження {ЖПЗ}.

Результати показують, що елементи множини розташовуються за рівнями порядку, починаючи з найвищого – рівень  $N0$ , і закінчуючи нижчим рівнем –  $N5$ .

Підсумки розрахунків можна представити в такий спосіб:

{РВП}, {ВК}, {ВВ}, {ЧД, ПЗРК}, {ЧНК}, {ЖПЗ}  
 N0 N1 N2 N3 N4 N5

Підсумковий результат можна представити у вигляді порядкового графа (рис. 3), в якому на порядкові рівні накладаються внутрішні зв'язки елементів.

На рис. 2.3 введені наступні позначення: 1 – розподіл ваги на палубі, 2 – вага контейнера, 3 – вартість вантажу, 4 – черговість доставки, 5 – план завантаження, розроблений капітаном, 6 – черговість надходження контейнерів, 7 – журналювання процесу завантаження.

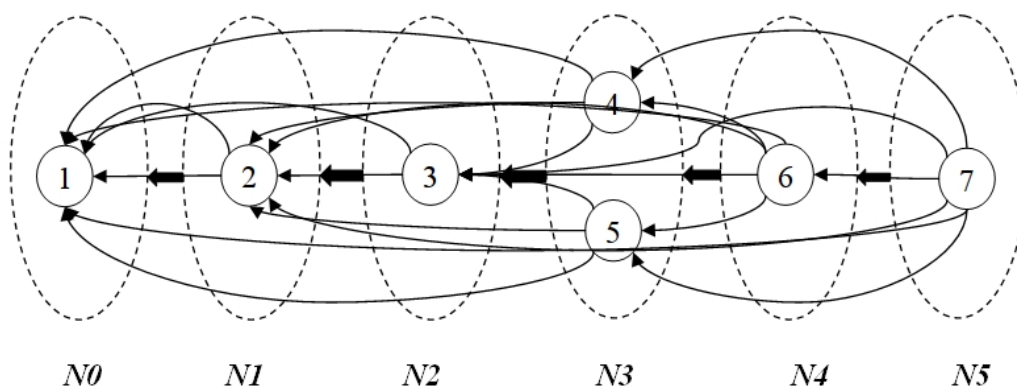


Рис. 3. Структурований граф взаємозв'язку елементів комп'ютерної системи контролю завантаження контейнеровозу

Як видно з графа на рис. 3 інформаційна модель комп'ютерної системи завантаження розділилася на 6 рівнів, кожен зі своїм колом завдань. За допомогою даної моделі в подальшому матимемо змогу розробити автоматизовану систему прийняття рішення при завантаженні контейнеровоза для отримання максимального економічного ефекту та підвищення безпеки транспортування вантажів за рахунок інтелектуалізованої системи прийняття рішення при позиціонуванні контейнера з врахуванням часу його доставки до кінцевого місця призначення, його ваги та розподілу наявної маси вантажів на палубі.

Подання системи з використанням UML-діаграм [2] наведено на рис. 4.

Система реалізується в такий спосіб.

Передбачається, що при заході судна в порт, суднова комп'ютерна система з'єднується з портовою та на час стоянки утворюють єдину систему з сумісним інформаційним полем даних. На борту судна капітан після процесу верифікації в судновій системі вносить інформацію про план подальшого розвантаження / завантаження. Вся внесена інформація вноситься в судову базу даних і є пріоритетною при подальшій роботі. В свою чергу, адміністрація порту має інформацію про підготовлені контейнери для завантаження та їх черговість надходження до порталу крану-завантажувача. Ще до моменту швартування судна, вказані системи при входженні контейнеровоза в порт синхронізуються і розпочинаються підготовчі роботи. Крановий отримує свій план завантаження, користуючись інформацією з вказаних баз даних та починає здійснювати відповідні маніпуля-

ції. Після закінчення процесу швартування машиністи крану розпочинають працювати в повну силу. Згідно завдань з баз даних здійснюють маніпуляції над контейнерами, при цьому система в реальному часі визначає вагу завантажуваних контейнерів та журналює їх

реальні переміщення. При 4 – точковій системі кріплення контейнера до крана система матиме можливість дати оцінку рівномірності розподілу ваги в контейнері та дати рекомендації для додаткового огляду фахівцем.

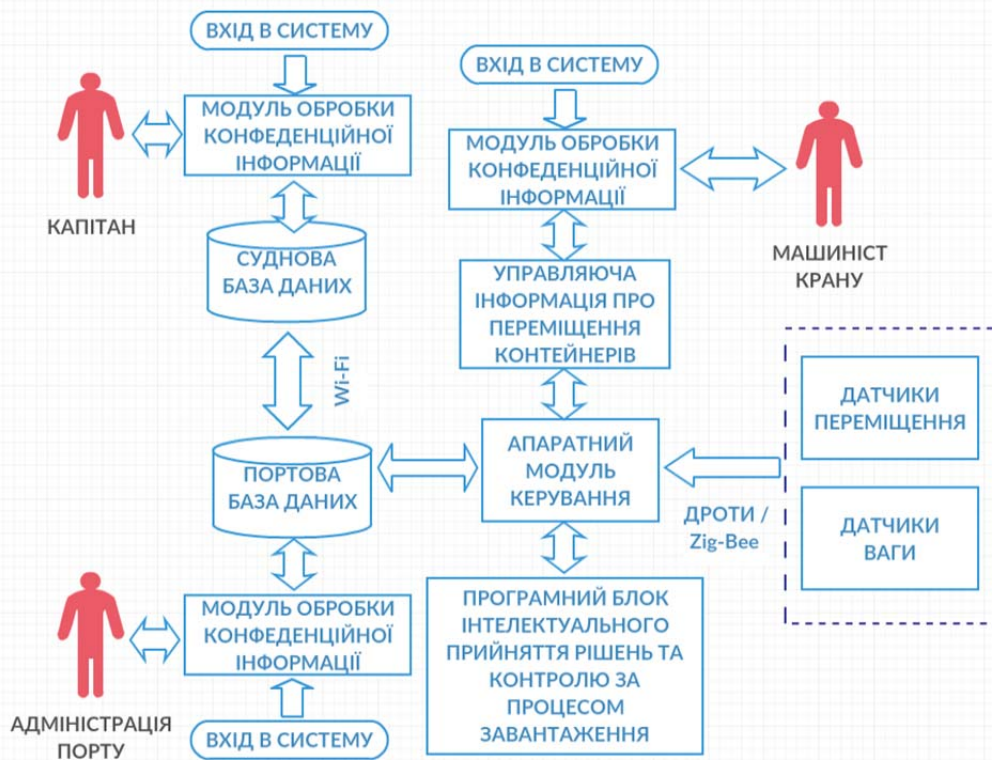


Рис. 4. UML-діаграма комп'ютерної системи контролю завантаження контейнеровозу

Таким чином, розроблена система дозволяє в автоматичному режимі формувати звітність про реальні переміщення контейнерів в середині порту та при завантаженні їх на контейнеровоз. Дається оцінка відповідності розподілу ваги в контейнері та проводиться додаткова перевірка його ваги у відповідності до заданої в базі даних. Структура системи дозволить автоматично спрогнозувати розподіл ваги на контейнеровозі, що важливо для подальшої стійкості судна, спланувати оптимальне розташування контейнерів відповідно до їх черговості доставки та цінності вантажу. Система дозволяє чітко розмежувати права доступу та забезпечує від хибних даних від сторонніх користувачів, зменшити час на завантаження/розвантаження судна, підготовку звітної документації у відповідності до нормативних вимог. Система, наведена в цій формі, є лише концепцією і може інтерпретуватися кожним розробником по-

своєму. Наприклад, при побудові невеликих систем автоматизації, наприклад для річкових портів з великим трафіком судів та обмеженим колом судноплавців, можна всі існуючі бази даних об'єднати в один банк даних з використанням єдиної інформаційно-пошукової системи. Але при побудові систем, що оперують великими масивами інформації, дане спрощення не застосовується.

## ВИСНОВКИ

Виконані дослідження показали можливість побудови комп'ютерних систем та мереж, дадуть можливість при заході судна в порт інтегрувати його комп'ютерну систему в портову для підвищення якості процесу завантаження. Приведена структура інформаційної моделі комп'ютерної системи контролю завантаження контейнеровоза. Розроблена модель дозволяє



істотно спростити процес завантаження за рахунок введення цифрових точок контролю та впровадження єдиного інформаційного поля портової зони та судна. Отримані результати дають можливість впроваджувати запропоновану модель у вже існуючі мережі, що значно скорочує час розгортання проекту та економічні витрати при її інтеграції.

Таким чином, вперше отримано інформаційну модель комп'ютерної системи завантаження контейнеровозу, що дозволило оптимізувати та прискорити процес завантаження/розвантаження судна за рахунок об'єднання суднових та портових систем планування і контролю за завантаженням контейнеровозів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Tymchenko A.A. Osnovy systemnoho proektuvannia ta systemnoho analizu skladnykh obiektiv [Tekst]: navchalne vydannia, knyha 1 / A.A. Tymchenko. – K. Lybid, 2000. – 270 s.
2. Arlou D. UML 2 y Unyfytsyrovannii protsess. Praktycheskyi ob'ektno-oryentirovannii analiz y proektyrovanye, 2-oe yzdanye [Tekst] / Dzhym Arlou, Aila Neishtadt, – Sankt-Peterburh: Symvol-Plius, 2007. – 624 s.
3. Volkova V.N. Osnovy teoryy system y systemnoho analiza [Tekst]: uchebnyk / V.N. Volkova, A.A. Denysov, yzd. 2. – Spb.: Yzd-vo SPbHTU, 1997. – 510 s.
4. Zghurovskiy M. Z. Osnovy systemnoho analizu [Tekst] / M. Z. Zghurovskiy, N. D. Pankratova, – K.: Vydavnycha hrupa BHV, 2007. – 544 s.
5. Ladaniuk A. P. Osnovy systemnoho analizu [Tekst] / A. P. Ladaniuk Navchalnyi posibnyk. – Vinnytsia, Nova knyha, 2004. – 176 s.
6. Levytyn A. V. Alhorytmy: vvedenye v razrabotku y analiz / A. V. Levytyn; per. s anhl. pod red. Y. V. Krasnykova. – M.: Yzdatelskyi dom «Vyliame», 2006. – 576 s.
7. Myrotyn L.B. Systemnyi analiz v lohystyke [Tekst]: uchebnyk / L.B. Myrotyn, bl.Э. Тышбаев. – М.: Экзамеn, 2002. – 480 s.
8. Moiseev N.N. Matematycheskye zadachy systemnoho analiza [Tekst] / N.N. Moiseev. – М.: Nauka, 1981. – 488 s.
9. Perehudov F.Y. Vvedenye v systemnyi analiz [Tekst] / F.Y. Perehudov, F.P. Tarasenko. – М.: VSh, 1989. – 363 s.
10. Romanov V.N. Systemnyi analiz dlia ynzhenеров [Tekst] / V.N. Romanov. M-vo obrazovaniya RF, severo-zapadnyi gosudarstvennyi zaочnyi tekhnicheskyi unyversytet. – yzd. 2-e, dopolnennoe. – SPb: SZHZTU. – 2006. – 186 s.
11. Surmyn Yu.P. Teoryia system y systemnyi analiz [Tekst]: uchebnoe posobyе / Yu.P. Surmyn. – K.: MAUP, 2003. – 368 s.
12. Spytynadel V.N. Osnovy systemnoho analiza [Tekst] / V.N. Spytynadel. – М.: SPb.: Yzd. dom «Byzness-prensa», 2000. – 326 s.
13. Khoroshevskiy V. H. Ynzhenernyy analiz funktsyonyrovaniya vychyslytelnykh mashyn y system / V. H. Khoroshevskiy. – М.: Radyo y svyaz, 1987. – 256 s.

*Рецензент: д.т.н., проф. М.П. Мусієнко  
Професор кафедри комп'ютерної інженерії  
Чорноморського національного університету  
імені Петра Могили*