

Разработан программно-аппаратный макет СТЗ, проведены испытания, показавшие адекватность математической модели. Полученные результаты исследований могут применяться в разных прикладных задачах, использующих СТЗ, в частности, на борту беспилотного летательного аппарата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хамухин А.В.* Разработка и анализ высокоэффективных способов и алгоритмов автоматического сопряжения, синхронизации, юстировки изображений, управления поворотными камерами и обработки информации в приборах и системах видеонаблюдения: Дис. ... канд. тех. наук. – М., 2008. – 167 с.
2. *Хамухин А.В.* Вычисление угла упреждения при управлении наведением поворотных видеокамер на движущуюся цель // *Техника и технология.* – 2007. – № 5. – С. 34-35.
3. *Александров П.С.* Лекции по аналитической геометрии, пополненные необходимыми сведениями из алгебры с приложением собрания задач, снабженных решениями, составленного А.С. Пархоменко. – М.: Наука, 1968. – 912 с.
4. *Выгодский М.Я.* Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 1977. – 872 с.
5. LifeCam VX-3000. URL: <http://www.microsoft.com/hardware/ru-ru/d/lifecam-vx-3000> (дата обращения 17.02.2013).
6. Arduino. URL: <http://www.arduino.cc/> (дата обращения: 17.02.2013).
7. Библиотека OpenCV. URL: <http://opencv.willowgarage.com> (дата обращения: 17.02.2013).

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.М. Хачумов.

Абрамов Николай Сергеевич – Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН; e-mail: n-say@nsa.pereslavl.ru; 152021, Ярославская область, Переславский район, с. Вельсково, ул. Петра I, д. 4а; тел.: 89806523753; инженер-исследователь; аспирант.

Ромакин Владимир Александрович – Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; e-mail: insight.ru@gmail.com; 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 65; тел.: +74953348910; к.т.н.; старший научный сотрудник.

Abramov Nikolai Sergeevich – Program Systems Institute of the Russian Academy of Sciences; e-mail: n-say@nsa.pereslavl.ru; 4 "a", Peter I street, Veskovo, Pereslavskiy district, Yaroslavl region, 152021, Russia; phone: +79806523753; postgraduate student; engineer.

Romakin Vladimir Aleksandrovich – V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences; e-mail: insight.ru@gmail.com; 65, Profsoyuznaya street, Moscow, 117997, Russia; phone: +74953348910; cand. of eng. sc.; senior scientist.

УДК 658.512

М.В. Луцан, Е.В. Нужнов

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ОЧЕРЕДЕЙ КОНТЕЙНЕРОВ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ГРУЗОВОМ ТЕРМИНАЛЕ*

В статье рассматривается транзитный автоматизированный грузовой терминал (АГТ), перераспределяющий трехмерные разногабаритные блоки, прибывающие в разногабаритных контейнерах, через склад временного хранения в контейнеры, формируемые для последующей отправки по предварительным заказам потребителей. Ввиду ограниченности ресурсов транспортировки на АГТ могут образоваться очереди на разгрузку прибывающих контейнеров и загрузку контейнеров, отправляемых по заказам. Предлагаются эвристиче-

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты: № 13-07-00450, № 13-07-12091).

ские методы и средства обработки очередей с использованием интеллектуальных агентов. Также рассматриваются вопросы поддержки интероперабельных возможностей разрабатываемой информационной системы поддержки функционирования АГТ.

3-D блок (груз); контейнер; автоматизированный грузовой терминал; очереди загрузки и разгрузки; эвристики.

M.V. Lutsan, E.V. Nuzhnov

METHODS AND WAYS OF MANAGING QUEUES OF CONTAINERS ON COMPUTER AIDED CARGO TERMINAL

In the article computer aided cargo terminal (CACT) is being considered, which rearranges different-sized blocks arriving to terminal in different-sized containers through the warehouse of temporary storage to containers for sending to next consumers. In the view of limitations of transportation resources at CACT may appear queues of containers for unload and for load for sending. Heuristic methods of managing queues by intellectual agents using are offered. Questions of supporting interoperable functions of developed system are considered too.

3-D block (cargo); container; computer aided cargo terminal; queues of loading and unloading; heuristics.

Организация функционирования автоматизированного грузового терминала. В состав АГТ входят следующие основные элементы: площадка разгрузки прибывших контейнеров, склад, площадка загрузки контейнеров, диспетчерская.

Для повышения эффективности функционирования АГТ при образовании очередей, заполнении или опустошении склада предлагается использовать интеллектуальных агентов, работающих согласованно по двухуровневой схеме. На АГТ используются четыре интеллектуальных агента, контролирующих его работу:

- 1) агент разгрузки (A_U), обрабатывающий поступающие контейнеры и занимающийся постановкой их в список ожидания разгрузки, а также выбором очередного контейнера на разгрузку на основании требований по разгрузке контейнеров и требований агента-координатора;
- 2) агент склада (A_W) контролирует все находящиеся на складе блоки, а также блоки, находящиеся в списке на разгрузку. Заблаговременно уведомляет агента-координатора о наличии дефицитных блоков.
- 3) агент загрузки (A_L), обрабатывающий поступающие заказы на загрузку контейнеров и выполняющий выбор очередного контейнера из списка ожидания загрузки на загрузку на основании требований по загрузке контейнеров и требований агента-координатора;
- 4) агент-координатор (A_C), осуществляющий координацию деятельности агентов разгрузки и загрузки, принимающий решение о выборе следующих контейнеров на разгрузку и загрузку, на основе информации, поступающей от агентов разгрузки, загрузки и агента склада [1–3].

Агенты включаются в работу при появлении на АГТ критичных ситуаций: при наличии дефицита блоков на складе, при наличии ситуаций выбора контейнера на разгрузку или загрузку из нескольких альтернативных вариантов. Для обработки очередей контейнеров на разгрузку или загрузку агенты разгрузки и загрузки используют эвристические методы.

Эвристики обработки очередей загрузки и разгрузки контейнеров. Для корректной и оптимальной обработки поступающих заказов информационная система поддержки АГТ должна управлять загрузкой/разгрузкой контейнеров. Самая сложная задача – обработка заказов на загрузку контейнеров, так как для правильного ее решения требуется соблюдение следующих условий:

- 1) на АГТ необходимо наличие достаточного числа находящихся в статусе «Ожидание загрузки» контейнеров достаточной вместимости, когда объем пустого контейнера не меньше суммарного объема загружаемых в него блоков;
- 2) на АГТ необходимо наличие достаточного числа блоков (с) для удовлетворения минимальных условий загрузки заказа.

Также стоит учитывать, что выполнение условий 1 и 2 не гарантирует возможность упаковки всех блоков в контейнеры. Во время упаковки может возникнуть ситуация, при которой в контейнере появляются пустые пространства, которые невозможно заполнить блоками, соответственно требуемый объем контейнера оказывается больше эффективного объема для данного заказа, как показано на рис. 1.

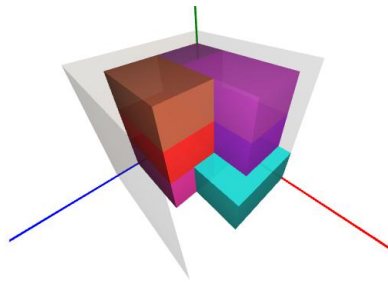


Рис. 1. Суммарный объем упакованных блоков меньше объема контейнера

Ситуация, изображенная на рис.1, сложно предсказуема, и ее разрешение происходит только после завершения работы генетических алгоритмов трехмерной упаковки [4–7].

Поиск подходящих контейнеров осуществляется по следующему алгоритму.

1. Предварительный отбор контейнеров, готовых к планированию загрузки (в состояниях «Разгружается» и «Ожидание загрузки») и не используемых в других заказах, а также таких, которые удовлетворяют следующему условию: все блоки заказа не выходят за границы контейнера¹.
2. Среди предварительно отобранных контейнеров поиск такого, отношение объема которого к суммарному объему блоков в заказе больше или равно минимальному уровню заполнения [8]. Если такой контейнер найден, переход к пункту 5, иначе – к пункту 3.
3. Поиск контейнера, объем которого больше либо равен суммарному объему заказа, но отношение объема к суммарному объему заказа меньше заданного минимального уровня заполнения. Если контейнер найден, то диспетчеру задается вопрос, разрешено ли использовать найденный контейнер для загрузки. Если диспетчер отвечает утвердительно, то переход к пункту 5.
4. Среди предварительно отобранных поиск нескольких контейнеров, суммарный объем которых меньше либо равен суммарному объему блоков в заказе, а из них выбираются контейнеры с минимальным суммарным объемом.
5. Запуск алгоритма трехмерной упаковки [4–7] для всех контейнеров в параллельном режиме. После завершения работы алгоритма упаковки переход к пункту 6.

¹ Блок не выходит за границы контейнера, если ни один из его параметров (ширина / длина / высота) не больше максимального габарита контейнера (ширина / длина / высота) с учетом возможности поворота вокруг осей координат, разрешенного для блока.

6. Анализ решения задачи трехмерной упаковки. Если все блоки из заказа упакованы, то переход к пункту 7. Если не все блоки заказа упакованы, и диспетчер подает сигнал отправки полученного решения на загрузку выбранного контейнера, то переход к пункту 7, иначе – к пункту 1.
7. Упакованные блоки помечаются в заказе флагом «упакован» и контейнеры, использующиеся в заказе, переводятся на загрузку. Если все блоки упакованы, то переход к пункту 8, иначе возврат к пункту 1.
8. Завершение работы алгоритма подбора контейнеров.

Данный эвристический алгоритм используется для обработки заказов в разрабатываемом программном модуле оперативного управления АГТ.

В описанном алгоритме могут быть организованы проверки допустимой грузоподъемности контейнера и реального суммарного веса загружаемых блоков, для чего необходимо добавить данные операции в соответствующих шагах алгоритма.

Для выбора следующего контейнера на разгрузку используются следующие правила:

1. Контейнер, содержащий блоки, необходимые для выполнения загрузки. Из нескольких контейнеров, содержащих необходимые блоки, выбирается тот, который в наибольшей степени минимизирует дефицит блоков.
2. Из двух контейнеров, имеющих равный приоритет, вычисленный по правилу 1, выбирается тот, у которого установленный диспетчером приоритет на разгрузку выше [8].
3. Контейнеры, прибывшие на АГТ раньше, имеют больший приоритет над контейнерами, прибывшими позже. При этом учитывается предельный срок выполнения заказа.
4. Разгрузка контейнера откладывается, если после его разгрузки суммарный объем всех блоков на складе превысит максимальный объем склада.

Иметь решение в системе не всегда достаточно. Современные системы часто обладают возможностью обмена информацией между собой. Для обмена в информационной системе поддержки деятельности АГТ используется формат XML.

Формирование решения задачи упаковки. После завершения работы алгоритма для заказа диспетчер имеет возможность определить порядок упаковки блоков в контейнер/контейнеры, вывести (распечатать) эту последовательность для непосредственной передачи работникам, осуществляющим загрузку контейнеров на складе. Для соблюдения принципа интероперабельности системы [9] имеется возможность экспорта порядка упаковки в формате XML. Формат экспортируемого файла приведен на рис. 2.

В представленном на рисунке (см. рис. 2) файле содержится вся необходимая информация для осуществления процедуры упаковки. Корневой элемент *sact* содержит номер версии приложения, из которого произведен экспорт, а также тип данных, содержащихся в файле. Тип *ContainersLoading* служит для описания загрузки контейнеров. Далее раздел *export* содержит информацию о данном файле: дата экспортирования, информация о заказе (его идентификатор, номер и дата), используемые контейнеры. Раздел используемых контейнеров содержит информацию о контейнерах, их идентификаторы, параметры (длина, ширина, высота), тип. Раздел *packing* содержит информацию о порядке упаковки контейнеров. Этот раздел содержит подразделы *container*, которые представляют план упаковки контейнеров, указанных в разделе *export/containers*. В этих разделах находятся элементы *block*, которые идут в порядке, представляющем правильный порядок загрузки контейнера. Элементы *block* также содержат необходимую информацию о блоках: ширина, длина, высота, тип, поворот и координаты в контейнеры левого нижнего угла.

```

|<doc version="1.0" type="ContainersLoading">
  <export>
    <date>20130409T183142</date>
    <order id="1" number="номер заказа" date="20130409T183142">
    </order>
    <containers>
      <container id="1" length="7" width="3" height="2.1" type="Обычный">
      </container>
      <container id="2" length="6" width="2.9" height="2.1" type="Обычный(модифицированный)">
      </container>
    </containers>
  </export>
  <packing>
    <container>
      <block id="122" type="Холодильник 2*1*1" length="1" width="1" height="2" rotate="NoRotation">
        <position x="0" y="0" z="0"></position>
      </block>
      <block id="122" type="Холодильник 2*1*1" length="1" width="1" height="2" rotate="NoRotation">
        <position x="1" y="1" z="0"></position>
      </block>
    </container>
    <container>
      <block id="122" type="Холодильник 2*1*1" length="1" width="1" height="2" rotate="NoRotation">
        <position x="0" y="0" z="0"></position>
      </block>
      <block id="122" type="Холодильник 2*1*1" length="1" width="1" height="2" rotate="NoRotation">
        <position x="1" y="1" z="0"></position>
      </block>
    </container>
  </packing>

```

Рис. 2. Формат экспортируемого XML для представления порядка загрузки контейнеров

Заключение. В данной статье рассмотрены важные задачи управления автоматизированным грузовым терминалом – задача обработки заказов на загрузку контейнеров и задача обмена полученными решениями. Для решения задачи обработки очереди заказов предложена эффективная эвристика с обратной связью, а для обмена полученными решениями порядка загрузки контейнеров предлагается использовать два варианта обмена: использование вывода решения на печать либо экспорт в открытом формате XML, что позволяет использовать решения системы в сторонних информационных системах, реализовавших обработку файлов согласно описанию.

Стоит отметить, что задачи загрузки и разгрузки, а также контроль наличия всех необходимых блоков на складе, связаны между собой и от эффективности решений каждой задачи зависит эффективность АГТ в целом.

Информационная система поддержки функционирования АГТ позволит повысить скорость и эффективность транзитной обработки грузов на транспортном терминале, увеличить пропускную способность терминала, уменьшить вероятность блокирующих ситуаций с дефицитом блоков, необходимых заказчиком, а модуль трехмерной упаковки, основанный на биоинспирированных генетических алгоритмах [10, 11], позволит увеличить эффективность загрузки контейнеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Луцан М.В., Нужнов Е.В. Использование интеллектуальных агентов в автоматизированном грузовом терминале // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 7 (132). – С. 174-180.
2. Луцан М.В., Нужнов Е.В. Автоматизация грузового терминала с использованием интеллектуальных агентов // Материалы Третьей Международной конференции «Автоматизация управления и интеллектуальные системы и среды». Научный сборник. – Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2012. – Т. 2. – С. 67-70.
3. Луцан М.В., Нужнов Е.В. Использование мультиагентного подхода для автоматизации грузового контейнерного терминала // Информационные технологии, системный анализ и управление – ИТСАиУ-2012 / Сборник трудов X Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2012. – Т. 2. – С. 5-13.

4. *Нужнов Е.В., Барлит А.В.* Трехмерная упаковка на основе эвристических процедур // Известия ТРТУ. – 2002. – № 3. – С. 95-101.
5. *Berghman L., Leus R., Spijksma F.C.R.* Optimal solutions for a dock assignment problem with trailer transportation // Annals of Operations research. Springer Netherlands, 2011.
6. *Луцан М.В., Нужнов Е. В.* Трехмерная упаковка прямоугольных объектов с определением последовательности их погрузки // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным системам «IS-IT'11». Научное издание в 4-х томах. Т. 3. – М.: Физматлит, 2011. – С. 285-291.
7. *Луцан М.В.* Генетический алгоритм трехмерной упаковки // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: труды VIII-ой Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Таганрог: Изд-во ГТИ ЮФУ, 2011. – С. 64-69.
8. *Луцан М.В., Нужнов Е.В.* Эвристики интеллектуальных агентов автоматизированного грузового терминала // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 11 (136). – С. 232-237.
9. *Барабанова М.И., Кияев В.И.* Информационные технологии: открытые системы, сети, безопасность в системах и сетях: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 267 с.
10. *Курейчик В.М., Курейчик В.В., Родзин С.И.* Модели параллелизма эволюционных вычислений // Вестник ростовского государственного университета путей сообщения. Научно-технический журнал. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУПС. – 2011. – № 3. – С. 91-96.
11. *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И.* Теория эволюционных вычислений. – М.: Физматлит, 2012. – 260 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Ю.А. Гатчин.

Луцан Максим Васильевич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: maxim.lutsan@gmail.com; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: +79185682732; кафедра систем автоматизированного проектирования; аспирант.

Нужнов Евгений Владимирович – e-mail: nev@tgn.sfedu.ru; тел.: 88634371625; кафедра систем автоматизированного проектирования; профессор.

Lutsan Maxim Vasilievich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: maxim.lutsan@gmail.com; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +79185682732; the department of computer aided design; postgraduate student.

Nuzhnov Evgeny Vladimirovich – e-mail: nev@tgn.sfedu.ru; phone: +78634371625; the department of computer aided design; professor.

УДК 629.733+004.942

Р.А. Нейдорф, А.А. Болдырева

ОБЪЕМНЫЙ ПРИНЦИП УПРАВЛЕНИЯ ПОДЪЕМОМ/СПУСКОМ ЧЕЛНОКОВ СИСТЕМЫ МААТ*

Анализируются задачи и возможности объемного принципа управления, реализуемого в связи с выполнением проекта МААТ, относящегося к седьмой рамочной программе, финансируемой Евросоюзом. Исследуются физические закономерности подъема тела с переменным объемом под действием естественных Архимедовых сил. Приведены результаты компьютерного эксперимента по исследованию аэродинамических свойств аэростата-челнока при подъеме с различными скоростями. Расчетным путем получен профиль соот-

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № НШ-1557.2012.10, гранта Евросоюза «МААТ – многоуровневая транспортная система на базе стратосферных дирижаблей» в рамках Седьмой рамочной программы FP7.