

Научная статья  
УДК 004.75

## Реализация геоинформационной системы размещения распределительных центров пространственно распределенного комплекса на примере торговой сети

Наталья Васильевна Литовка <sup>1</sup>✉, Леонид Адольфович Видовский <sup>2</sup>,  
Анатолий Сергеевич Харченко <sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Кубанский государственный технологический университет

Краснодарский край, Краснодар, Россия, <sup>1</sup>natabedakova@gmail.com✉, <sup>2</sup>vidovskij@bk.ru

**Аннотация.** В статье описаны алгоритмы и методы размещения распределительных центров пространственно распределенного комплекса на примере торговой сети без ограничений на территорию, разработка и реализация приложения Windows геоинформационной системы. Реализованные методы в приложении решают задачи, связанные с количеством распределительных центров и определения наилучшего местоположения для размещения распределительных центров на карте с помощью метода сравнения вариантов и алгоритма муравьиной колонии. В будущем возможны реализации новых методов в приложении для решения этих задач, которые будут справляться с задачей поиска наилучшего местоположения намного лучше.

**Ключевые слова:** пространственно распределенный комплекс, распределительный центр, логистический центр, геоинформационные системы, логистика

**Финансирование:** работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 20-010-00131 «Повышение экономической эффективности управления на базе цифровой модели предприятия за счёт идентификации термобарометрических процессов взаимодействия с окружающей средой на примере нефтегазовых объектов».

Original article

## Design and implementation of a geoinformation system for location of distribution centers of a spatially distributed complex on the example of a shopping network

Natalya V. Litovka <sup>1</sup>✉, Leonid A. Vidovskiy <sup>2</sup>, Anatoliy S. Kharchenko <sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Kuban State Technological University, Krasnodar region, Krasnodar, Russia

<sup>1</sup>natabedakova@gmail.com✉, <sup>2</sup>vidovskij@bk.ru

**Abstract.** The article describes the algorithms and methods for placing distribution centers of a spatially distributed complex on the example of a trading network without restrictions on the territory, the development and implementation of a Windows application of a geographic information system. The implemented methods in the application solve the problems associated with the number of distribution centers and determine the best location for placing distribution centers on the map using the method of comparison of options and the ant colony algorithm. In the future, it is possible to implement new methods in the application to solve these problems, which will cope with the task of finding the best location much better.

**Keywords:** spatially distributed complex, distribution center, logistics center, geographic information systems, logistics

**Funding:** *the work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project № 20-010-00131 „Improving the economic efficiency of management based on the digital model of the enterprise by identifying thermobarometric processes of interaction with the environment on the example of oil and gas facilities“.*

Многие из существующих логистических, торговых и других подобных им сетей имеют проблемы при размещении новых объектов. Разработка геоинформационной системы (ГИС) размещения распределительных центров пространственно распределенного комплекса – поиск наилучшего местоположения логистического центра. Данная ГИС универсальна, ее можно применить для компаний, имеющих крупную логистическую систему.

Для примера выбрана крупная пространственно распределенная компания с собственной логистической системой – АО «Тандер» (Краснодар).

Расчет местоположений производится по методу размещения объектов пространственно распределенного комплекса [1]. Метод заключается в решении трех задач: определении количества распределительных центров, которые необходимо разместить, с помощью метода сравнения вариантов; наилучших мест положения для размещения распределительных центров с помощью алгоритма муравьиной колонии; выявлении наилучшего местоположения из ранее определенных с помощью метода штрафных функций.

Для разработки приложения был выбран язык программирования C#. Его преимущество, во-первых, в объектно-ориентированном подходе к программированию, популярность которого обусловлена тем, что такой подход обязывает программистов запоминать много информации, а работать по принципу «черного ящика». Во-вторых, в этом языке существует большое количество готовых конструкций, что также облегчает разработку. В-третьих, что самое важное, это наличие значительного количества готовых библиотек, помогающих решать отдельные массивные задачи. В качестве среды разработки выбрана Visual Studio 2017, простая и удобная в использовании.

Для решения задачу разделили на подзадачи. Первой (рис. 1) является выбор региона, реализованный посредством Combo box. Через Button реализованы кнопки выхода из программы (данная кнопка присутствует на всех последующих формах) и непосредственно выбор территории с переходом на следующую форму.

**Рис. 1. Форма выбора региона.**

**Figure 1:** Region selection form.

Во второй форме (рис. 2) реализуется подсчет количества необходимых распределительных центров (РЦ), поскольку при их недостатке возможна задержка доставки товаров, а при избытке – увеличение затрат на содержание.

Решение о количестве мест хранения товаров принимается сравнением единовременных затрат по созданию РЦ и годовых издержек обращения, связанных с доставкой товаров потребителям с использованием метода сравнения вариантов [2].

**Рис. 2. Форма подсчета количества РЦ.**

**Figure 2:** Form of counting the number of distribution centers.

Для реализации метода была написана библиотека классов. Класс RC comparison method options производит необходимые вычисления и сравнения. Класс RC – конструктор, позволяющий создать новый объект РЦ со всеми экономическими показателями:

- капитальные вложения на строительство/ремонт РЦ по тому же варианту ( $K_i$ );
- нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (для каждого РЦ свой,  $ЕН$ );
- годовые издержки на содержание РЦ ( $Ис_i$ );
- годовые издержки на доставку товаров с РЦ ( $Им_i$ );
- суммарные произведенные затраты по  $i$ -му варианту сооружения РЦ ( $Пз_i$ ).

По этим показателям проводится сравнение вариантов по минимуму приведенных затрат по формуле:

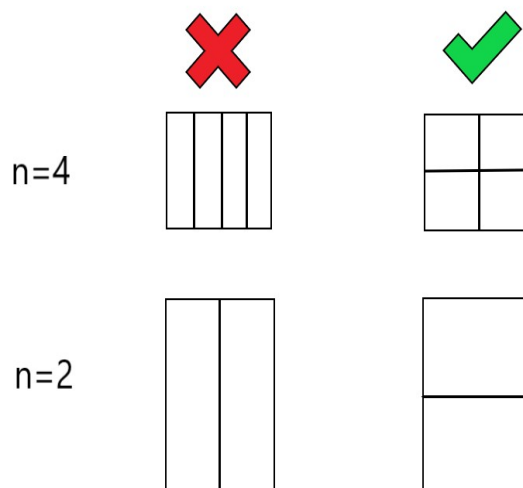
$$Пз_i \propto K_i ЕН + Ис_i + Им_i.$$

Если экономические показатели – суммарные произведенные затраты нового места хранения превышают экономические показатели предыдущих, то программа резюмирует, что в нем нет необходимости, в противном случае при нажатии кнопки «Проверить на актуальность новое РЦ» программа добавит его в список нужных.

После произведенных вычислений будет известно общее необходимое количество распределительных центров.

Следующий этап – выбор наилучших мест для расстановки с помощью алгоритма муравьиной колонии и метода штрафных функций [1]. Заранее выбранная территория разделяется на равное количество областей (рис. 3).

Области должны быть правильно разделены, с максимальным приближением по форме к квадрату, другими словами, необходимо, чтобы разница между сторонами областей была минимальной.



**Рис. 3. Пример разбиения на секторы.**  
**Figure 3:** Example of partitioning into sectors.

Существует два варианта нахождения оптимальных сторон: перебором и через формулу площади квадрата.

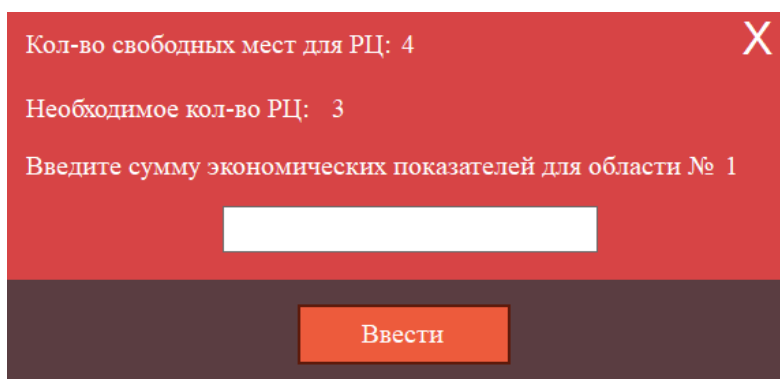
Первый вариант при больших территориях и значительном количестве секторов будет работать намного медленнее, чем второй. Поэтому выбран второй вариант, суть которого в том, чтобы стороны территории были наиболее равными (рис. 3).

Самый простой способ решения – перебор значений. Однако он может занять много времени. Поэтому поиск производим, начиная с середины,  $\sqrt{S}$ . Затем находим ближайшие целые множители. Это и будут искомые стороны (листинг 1).

Листинг 1. Алгоритм нахождения сторон для разбиения на области:

```
static void Poisk_A_B()
{
    double L = Math.Ceiling( Math.Sqrt(N));
    A = N;
    for (int i = 1; i < L+1; i++)
        if (L % i == 0)
            if (Math.Abs(i - L) < Math.Abs(A - L))
                A = i;
    B = N / A;
}
```

Следующий этап – ввод экономических показателей для каждой области (рис. 4).



**Рис. 4. Форма ввода суммы экономических показателей.**  
**Figure 4:** Form for entering the sum of economic indicators.

Посредством Label на экран выводится заданное количество областей и необходимых для построения распределительных центров. Уже существующие РЦ внесены в список. При нанесении их на карту будут выводиться пометки «Построено» или «Не построено», а также во избежание ошибок выполняться проверка, в какой области построены РЦ. После ввода всех данных создаются экземпляры класса My point. Затем список сортируется, выбирается нужное количество (листинг 2).

Этот класс служит для передачи точек с информацией в последнюю форму с целью нанесения их на карту:

- координата  $x$ ;
- координата  $y$ ;
- сумма экономических показателей;
- построено / не построено.

Листинг 2. Алгоритм создания списка:

```
MyPoint point = new MyPoint(SectorCounting.d2 - i * ny, SectorCounting.sh1 + j * nx,
Convert.ToDouble(textBox1.Text), false);
    demopoint.Add(point);
    j++;
    count++;

    if (j == B && i != A-1)
    {
        i++;
        j = 0;
    }

    if(i == A-1 && j == B)
    {
        //текущее рц (построенное)
```

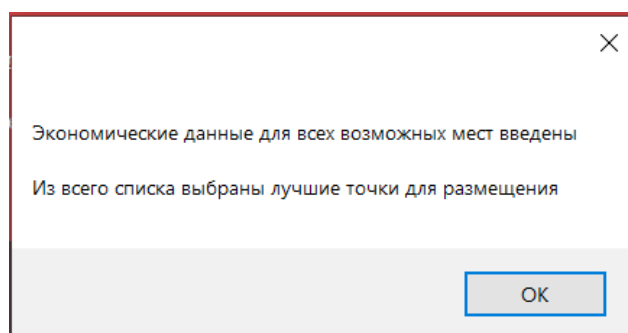
```

for (int q = 0; q < demopoint.Count; q++)
{
    if (demopoint[q]._x >= mp._x && demopoint[q]._x - nx <= mp._x &&
demopoint[q]._y <= mp._y && demopoint[q]._y + ny >= mp._y)
        demopoint[q] = mp;
}

```

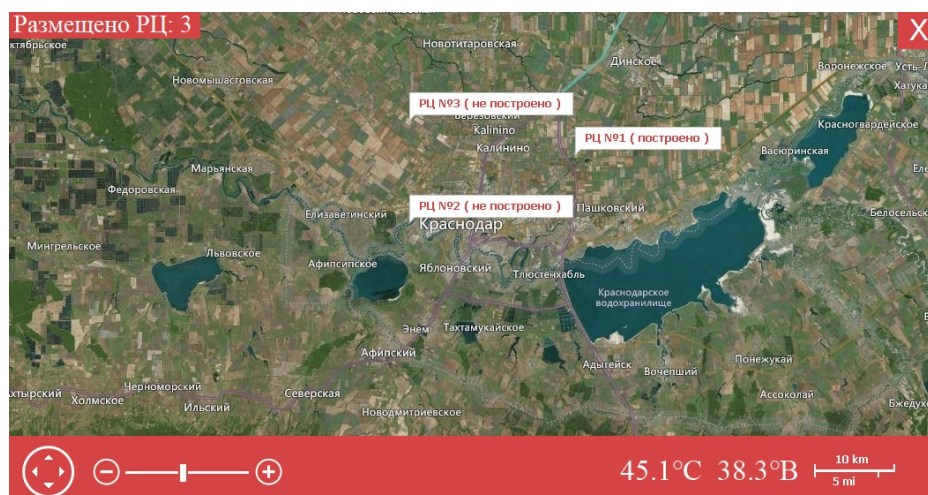
После нажатия на кнопку «Ввести» и успешного выполнения операций – расчетов алгоритмов программа выведет соответствующее сообщение (рис. 5).

Последним этапом является вывод распределительных центров на карту, которая реализована с использованием библиотеки Developer Express, обладающей значительным количеством различного функционала.



**Рис. 5. Сообщение о готовности перехода к выводу.**  
**Figure 5: Message about readiness to switch to withdrawal.**

Для выполнения задачи использован инструмент библиотеки, содержащий полную карту мира – Map control [3], интуитивно понятный, удобный в использовании интерфейс с возможностью расстановки меток с высокой точностью. Через заранее сформированный список из My point выставляются метки по координатам – там, где можно строить.



**Рис. 6. Форма вывода карты с метками.**  
**Figure 6: Form of the map output with labels.**

Таким образом, геоинформационная система обеспечивает расчет оптимального количества и размещение распределительных центров пространственно распределенных комплексов.

### Список источников

1. Литовка Н.В. Метод размещения распределительных центров пространственно распределенного комплекса // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2019. № 2 (241). С. 59–64.
2. Маркетинг / Г.А. Васильев, В.Я. Горфинкель, Л.А. Ибрагимов, Н.А. Нагапетьянц, Л.В. Осипова, И.М. Синяева, Н.Г. Каменева. М., 2005. 208 с.
3. Библиотека Developer Express // <https://axoft.ru/vendors/DeveloperExpress/catalog/> (дата обращения 04.11.2021).

### References

1. Litovka N.V., *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskiye i tekhnicheskkiye nauki*, 2019, no. 2 (241), pp. 59–64.
2. Vasilyev G.A., Gorfinkel V.Ya., Ibragimov L.A., Nagapetyants N.A., Osipova L.V., Sinyayeva I.M., Kameneva N.G., *Marketing*, Moscow, 2005, 208 p.
3. *Biblioteka Developer Express (Library DevExp)*, <https://axoft.ru/vendors/DeveloperExpress/catalog/>.

Статья поступила в редакцию 10.11.2021; одобрена после рецензирования 14.11.2021; принята к публикации 17.11.2021. The article was submitted 10.11.2021; approved after reviewing 14.11.2021; accepted for publication 17.11.2021.